



PRÉMIO
**MARIA CRISTINA
PORTUGAL** / 25

TEMA **Sustentabilidade Energética**

**Guia Prático sobre Mudanças Climáticas e Transição
Energética**

Djane Maria Soares Fontan Melo

Coordenadora de Transição Energética
Secretaria de Inovação e Transição Energética
Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

Coautores:

Henrique Paiva de Paula
Tiago Artur Milfont de Souza

Guia Prático sobre Mudanças Climáticas e Transição Energética

Djane Maria Soares Fontan Melo, Henrique Paiva de Paula, Tiago Artur Milfont de Souza

*Agência Nacional de Energia Elétrica, SGAN 603 (Módulos I e J - Asa Norte),
Brasília, DF, 70830-110, Brasil*

abstract

Como auxiliar os servidores e colaboradores da ANEEL a incorporar conceitos sobre mudanças climáticas e transição energética em suas atividades regulatórias? A pesquisa realizada pela Coordenação de Transição Energética da ANEEL (CTREN) foi estruturada em torno dessa questão e levou à conclusão de que o desenvolvimento de um guia poderia ser uma solução eficaz. Identificamos, por meio da construção da árvore de problemas, que a questão central era a falta de incorporação desses conceitos por parte dos servidores, colaboradores e estagiários da ANEEL, dificultando o alinhamento das atividades da Agência com os compromissos do Brasil aos seus compromissos da agenda climática. A falta de um guia orientador foi uma das causas-raiz desse problema, o que nos motivou a criar um Produto Mínimo Viável do Guia Prático sobre Mudanças Climáticas e Transição Energética. Esse guia, produzido pela CTREN, que integra a Secretaria de Inovação e Transição Energética (STE), visa ajudar a ANEEL na integração dos conceitos de transição energética e de mudanças climáticas em seus processos regulatórios. Consideramos que o Guia possui várias características de uma boa prática regulatória; ele é redigido em uma linguagem simples, facilitando a compreensão das informações complexas por diversos perfis técnicos e evitando jargões desnecessários. Além disso, o Guia permite conectar conceitos-chave com as atividades regulatórias, estabelecendo correlações importantes para um entendimento comum dentro da ANEEL sobre esses temas tão multifacetados. A Matriz de Aderência, que é o "coração" do guia, permite relacionar os conceitos a atividades regulatórias de forma objetiva, facilitando a identificação de pontos de alinhamento e áreas que requerem mais atenção. Além de um referencial teórico, o Guia também atua como um instrumento de capacitação, apresentando uma introdução ao contexto da transição energética e das mudanças climáticas, funcionando como instrumento de letramento das equipes técnicas da Agência sobre esses tópicos. Com isso, vislumbramos um impacto positivo nas atividades da ANEEL, oferecendo suporte na instrução de processos, bem como nas demandas cotidianas da Agência. Deste modo, ao promover uma melhor compreensão de como as atividades regulatórias da Agência abordarão a transição energética e as

mudanças climáticas, aumentamos a transparência das ações da Agência. A próxima etapa para a elaboração do Guia será a incorporação de contribuições das áreas técnicas da ANEEL ao documento. Esta versão foi concebida como um Produto Mínimo Viável, ou *Minimum Viable Product (MVP)*, um produto ou serviço que possui funcionalidades mínimas para que possa ser apresentado. Nessa fase, reconhecemos a necessidade de aprimoramento contínuo do material, com a participação de outras áreas e da Diretoria Colegiada da Agência. Em resumo, o Guia Prático sobre Mudanças Climáticas e Transição Energética da ANEEL se mostra uma iniciativa inovadora e uma boa prática regulatória, desde a sua concepção até elaboração do seu conteúdo, por sua clareza, acessibilidade, foco em conceitos-chave, conexão com as atividades regulatórias e abordagem iterativa. Sua implementação poderá gerar um impacto significativo na atuação da ANEEL, contribuindo para um processo regulatório mais eficiente, alinhado aos objetivos da transição energética e mais transparente perante a sociedade. A abordagem proativa evidenciada pelo documento indica um avanço na capacidade da ANEEL de se adaptar e de responder frente aos desafios climáticos.

I - Introdução

As Mudanças climáticas são causadas e aceleradas pelo processo de aquecimento global, que é o resultado da intensificação do efeito estufa causado pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) antropogênicos somadas aos processos de variabilidade naturais. Tais mudanças culminam no aumento da temperatura média global.

De acordo com o AR6 [1] do **Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC)**, as mudanças no estado do clima recentemente observadas têm sido rápidas, intensas e sem precedentes. Os eventos extremos de secas, ondas de calor, tempestades, ciclones tropicais são os mais frequentemente notados em diferentes regiões e escalas em todo o globo.

As alterações dos regimes de chuva, por exemplo, têm impacto significativo na produção de energia, seja pela alteração dos padrões de pluviosidade, seja pelo aumento de tempestades severas e rajadas de vento. A desertificação também é impulsionada pelas alterações dos padrões de chuva, gerando eventos extremos de seca e escassez hídrica.

Além disso, os conhecidos *tipping-points* terrestres (ou pontos de não retorno), consistem na noção de que certos tipos de padrões ecossistêmicos possuem um limite de operação já conhecido e, caso sejam ultrapassados, os efeitos negativos sinérgicos

serão catastróficos para todo o sistema planetário. O derretimento das geleiras, por exemplo, é um desses pontos de não retorno graves, pois o aquecimento do *permafrost* culminará tanto na liberação massiva de GEE, como na liberação de elementos potencialmente tóxicos, além de vírus e bactérias causadores de doenças antigas que até então estavam presos em solo congelado.

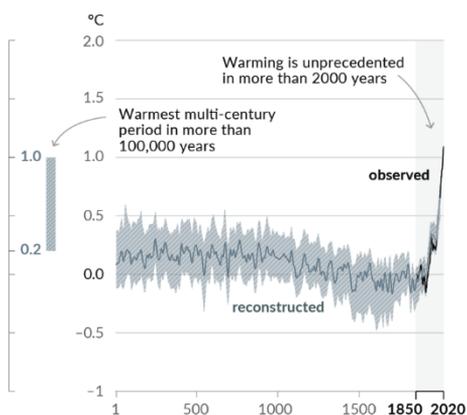
Duas constatações de aceleração das emissões a partir de 1800 e com constante incremento a partir de 1960 estão relacionados ao aumento da temperatura média global, conforme ilustrado na Figura 1. Nela, os dados observados desde 1850 mostram um aumento de temperatura média sem precedentes.

Ainda na Figura 1, observamos que a variação na temperatura tem como principal fator de influência as atividades antrópicas, pois sem elas a variação na temperatura simulada estaria dentro dos padrões estabilizados.

Human influence has warmed the climate at a rate that is unprecedented in at least the last 2000 years

Changes in global surface temperature relative to 1850–1900

(a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1–2000) and observed (1850–2020)



(b) Change in global surface temperature (annual average) as observed and simulated using human & natural and only natural factors (both 1850–2020)

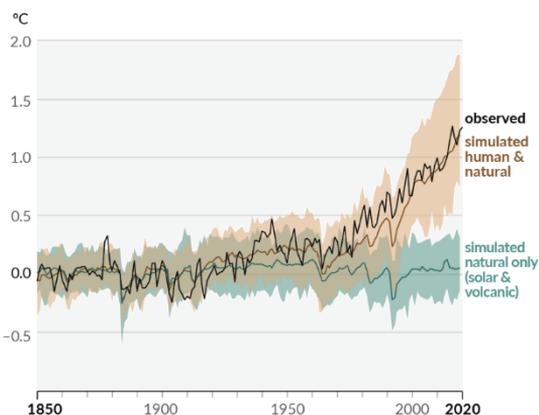


Figura 1 - Variações médias da temperatura da terra nos últimos 2000 anos Fonte: IPCC AR6 WGI [2]

Prevê-se que os trópicos, em especial o Brasil, sofrerão de forma intensa com eventos de seca extrema e, ao mesmo tempo, tempestades e precipitações extremas em diferentes regiões. Diversos estudos realizaram avaliações localizadas para a realidade brasileira,

com abordagens distintas e modelos para previsão de impactos considerando os diferentes cenários de aquecimento.

Por exemplo, no trabalho realizado por Marengo et al. [3] (2021) foram investigados efeitos de mudanças no padrão de precipitação extrema, risco de deslizamento e de enchentes nos cenários 1,5°C, 2°C e 4°C. Os resultados indicam que, em qualquer cenário de aquecimento, o Brasil aumentará sua exposição para eventos extremos, em especial deslizamentos e inundações repentinas em áreas densamente povoadas.

Ao mesmo tempo que os eventos de deslizamento e inundações repentinas aumentarão, a precipitação média também sofrerá impacto, tornando regiões brasileiras mais secas, como analisado em Almazroui et al. [4], 2021.

A projeção para cada cenário advindo do IPCC (SSP1-2.6, SSP 2-4.5, SSP 3-7.0 e SSP 5-8.5) modelado nesse estudo mostra que a região norte brasileira possui uma tendência de diminuição nos padrões de precipitação, ou seja, tornando-se mais seca, ao passo que a região sul e a costa litorânea do Sudeste, tendência de aumento de precipitação. A Figura 2 ilustra essas projeções, onde SSP é a abreviação de *Shared Socioeconomic Pathways*. São os cenários traçados nos relatórios do IPCC para estimar as emissões de GEE para diferentes políticas climáticas. Os números (2.6, 4.5, 7.0 e 8.5) se referem aos níveis esperados de incidência de radiação solar (em W/m^2) no ano 2100.

Embora esses exemplos de estudos de *downscaling* dos cenários do IPCC tragam ilustram os desafios que o Brasil enfrentará em termos de alterações climáticas nas próximas décadas.

As mudanças climáticas trazem duas implicações principais para os sistemas energéticos e produtivos. A primeira consiste na necessidade de criar ou adaptar sistemas para torná-los mais resilientes às mudanças climáticas, tais como alterações na geração de energias renováveis, impactos nas infraestruturas decorrentes de rajadas e precipitação intensas, limitações na capacidade de transferência de energia nas linhas de transmissão e distribuição, entre outros. A segunda é a necessidade de transformar esses sistemas, promovendo uma transição para uma configuração que reduza as emissões de gases de efeito estufa.

Nesse contexto, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) publicou o estudo “Fortalecimento da Resiliência do Setor Elétrico em Resposta às Mudanças Climáticas”, que mapeia em detalhes os potenciais impactos das mudanças climáticas sobre o setor elétrico, conforme resumo apresentado na [Figura 3](#).

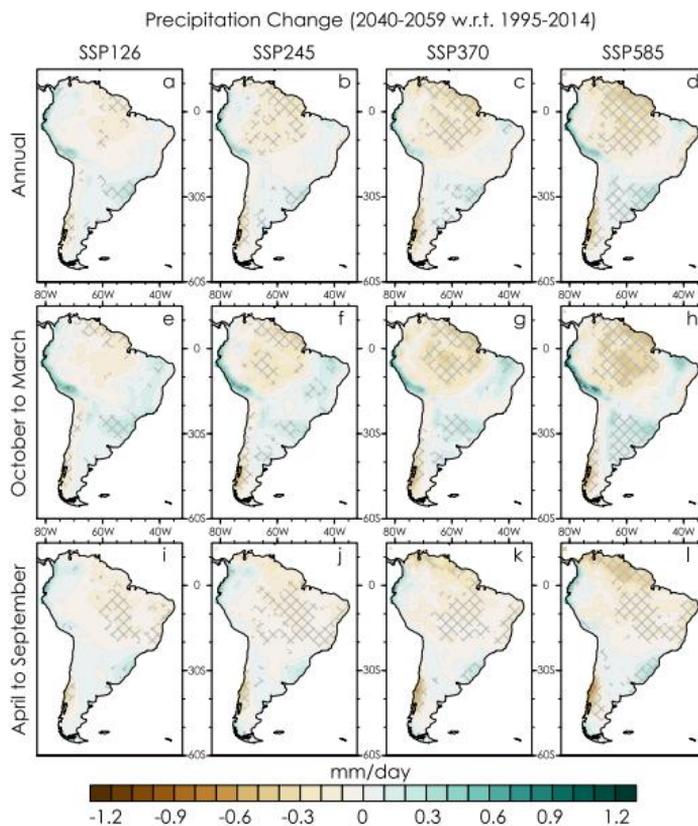


Figura 2 - Alteração de precipitação projetada para 2040-2050 considerando diferentes cenários de aquecimento.

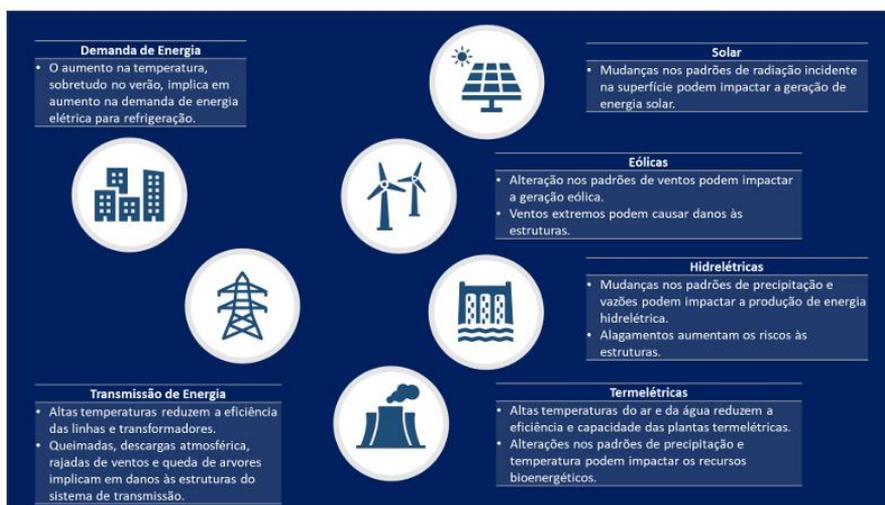


Figura 3 - principais impactos das mudanças climáticas no setor elétrico. Fonte: EPE, 2023.

Além disso, aponta-se que os impactos das mudanças climáticas ao sistema energético, como aumento da temperatura média e diminuição da precipitação, de forma isolada ou combinada, amplificam as vulnerabilidades e diminuem a eficiência das fontes energéticas, afetando de formas distintas a população, devido ao contexto da desigualdade socioeconômica.

No Brasil, a Resolução Normativa nº 5, de 2024 [5], elaborada pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), define Transição Energética como: “processo de transformação da infraestrutura, da produção e do consumo de energia pelos diferentes setores, visando contribuir para a neutralidade das emissões líquidas de GEE do País”.

Em complemento, a Transição Energética Justa e Inclusiva é definida como:

“transição energética comprometida com a promoção da equidade e da participação social, minimizando impactos negativos para as comunidades, trabalhadores, empresas e segmentos sociais vulneráveis às transformações no sistema energético, maximizando as oportunidades de desenvolvimento socioeconômico, de aumento de competitividade do setor produtivo e de combate às desigualdades e à pobreza, nos níveis internacional, regional e local”.

A recente publicação da *International Energy Agency* (IEA), denominada de “*Strategies for Affordable and Fair Clean Energy Transitions*” [6] aborda acessibilidade e pobreza energética como um dos pilares para transição. Se por um lado a acessibilidade se relaciona com “acesso a serviços de energia suficientes e básicos”, pobreza energética é vista como “desvantagens que inabilitam acessar serviços básicos de energia”.

A *International Renewables Energy Agency* (IRENA), por sua vez, trata a questão da mudança de forma dupla, ao mesmo tempo que compreende transição enquanto mudanças incrementais e adaptativas no sentido da descarbonização e baseada em energias renováveis, também o faz a partir da ideia de transformação, enquanto mudança sistêmica profunda e que deve acontecer nos próximos 30 anos para atingimento das metas do Acordo de Paris.

Segundo a IRENA, essa profunda mudança: “necessita de uma alteração estratégica que expanda não somente a descarbonização do fornecimento e consumo de energia, mas também para um desenho de sistema energético que suporte uma economia global resiliente e inclusiva”.

A dicotomia entre transição e transformação é relevante e se expressa na forma com que se demandam as alterações. Nos pilares da transição, a IRENA possui um viés voltado para a transição, para que ela aconteça de forma incremental, adaptativa e que não atue profundamente nas estruturas sociais, econômicas e políticas atuais, ao mesmo tempo que reconhece que para mudar de condição até 2050, profundas alterações deverão ser adotadas.

O *World Energy Council* [7], por sua vez, aborda aspectos da transição energética ao discutir o trilema da energia, que reconhece a dimensão complexa e multiescalar da transição energética, advogando que o conceito não apenas envolve tecnologias, mas todos os domínios sociotécnicos que relacionam a produção social, econômica e energética. Novamente, a ideia de “profundas e abrangentes transformações” são preconizadas como essenciais para transitar energeticamente e que considerem a tríade segurança energética, equidade energética e sustentabilidade ambiental.

O *World Economic Forum*, na publicação “*Fostering Effective Energy Transition 2024*” [8], especifica algumas diretrizes para o processo de descarbonização na transição energética, sendo esse de caráter paulatino, adaptativo e reformista, para alcançar as metas em 2050. Como se refere o documento: “Um dos objetivos da transição é remover os combustíveis fósseis do sistema energético de uma maneira justa, ordenada e acessível, para alcançar net zero até 2050”.

Em um ponto de vista focado em economia e investimentos, a associação de transição demanda esforços significativos entre diferentes *stakeholders* para transformar os sistemas energéticos e implementar inovações tecnológicas, competitividade e investimentos através de reformas políticas.

Esse conjunto de exemplos demonstram a amplitude e complexidade do tema de transição energética, ressaltando ainda mais a importância de se compreender conceitos e detalhar sua aderência às atividades internas das instituições.

1.1 - Importância da sustentabilidade energética no contexto da transição energética para as entidades reguladoras de energia

A sustentabilidade é o conceito que busca atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprirem suas próprias necessidades.

Por sua vez, o setor elétrico é protagonista da transição energética global, desempenhando um papel central no esforço de descarbonização. Isso ocorre porque as tecnologias de energia renovável foram desenvolvidas em escala inicialmente nesse

setor, o que levou à estratégia de descarbonizá-lo primeiro para, em seguida, eletrificar outros setores, como transporte e indústria e, assim, alcançar também a descarbonização.

No entanto, essa transição apresenta uma série de desafios e pressões que afetam todo o setor, tanto na oferta quanto na demanda. Assim, é relevante ter ciência dos desafios a serem enfrentados para garantir a sustentabilidade do setor elétrico.

Do lado da oferta, o setor está se tornando mais dinâmico e diversificado, incorporando tecnologias como geração renovável, armazenamento de energia e redes inteligentes. Isso demanda novos mecanismos de planejamento e operação, incluindo a definição de indicadores de flexibilidade para lidar com a intermitência das fontes renováveis e a variabilidade climática.

Ao mesmo tempo, do lado da demanda, a crescente eletrificação de setores como transporte e edificações está mudando o perfil de consumo, com novas cargas descentralizadas e dinâmicas, como veículos elétricos, que tornam o consumo menos previsível e mais difícil de gerenciar.

Além disso, os eventos climáticos extremos, agravados pelas mudanças climáticas, também geram estresse em toda a estrutura do setor. Tempestades, secas e ondas de calor exigem que o sistema seja mais resiliente, enquanto tornam menos confiáveis as fontes renováveis e reduzem a eficiência de usinas térmicas.

Tudo isso ocorre enquanto o setor elétrico é chamado a desempenhar um papel central na transição energética, ampliando sua responsabilidade e pressão em um momento de profundas transformações e visando alcançar a Sustentabilidade Energética.

Para que essas transformações ocorram de forma eficiente, justa e segura, a ANEEL é essencial. Seu papel é garantir que as regras do setor elétrico sejam adaptadas para acomodar a rápida integração de novas tecnologias, como armazenamento e geração híbrida, e que o sistema continue confiável, mesmo diante das mudanças climáticas e de novas demandas.

A Agência atua removendo barreiras regulatórias, promovendo inovação, ajustando tarifas para refletir as novas dinâmicas e criando incentivos econômicos que estimulem investimentos necessários para expandir e modernizar o sistema.

Além disso, a ANEEL deve atuar para que o planejamento do setor elétrico acompanhe tanto as metas de descarbonização quanto as relacionadas às mudanças climáticas, enquanto cria diretrizes para enfrentar eventos climáticos extremos e mitigar seus impactos.

A ANEEL também desempenha um papel estratégico na coordenação entre o setor elétrico e outras áreas que dependem dele para se descarbonizar, como o transporte e a indústria. Isso inclui criar condições para que tecnologias como o hidrogênio de baixo carbono e os veículos elétricos sejam integradas ao sistema de forma eficiente e acessível. Ao mesmo tempo, ela assegura que a transição energética seja justa, evitando impactos desproporcionais sobre consumidores mais vulneráveis e promovendo o acesso universal à energia.

Em resumo, a Agência pode ser uma das pontes entre as metas de descarbonização e sua efetiva operacionalização, garantindo que as transformações do setor ocorram de forma organizada, confiável e alinhada com os desafios climáticos e sociais.

Por isso, é fundamental que, ao exercer sua função, as agências consigam identificar as relações e os impactos da regulação na transição energética. Para tal, é relevante que elas assumam a responsabilidade de enfrentar os desafios impostos pela transição energética e pelas mudanças climáticas, atuem de forma integrada com instituições de outros setores, aprimorem a burocracia, inovem e se adaptem às novas realidades e desafios.

Além disso, a participação da sociedade civil tem se tornado cada vez mais indispensável nos processos de formulação, implementação e fiscalização de políticas públicas, fortalecendo a transparência e fomentado a responsabilização das instituições.

Por tudo isso, é essencial compreender como as novas tecnologias e mecanismos se conectam com os conceitos da transição energética, para criar regulamentos que garantam um processo eficiente, seguro e justo.

1.2 - Definição do problema e justificativa

Nesse sentido, reconhece-se a importância da Sustentabilidade Energética no contexto atual da Transição Energética e a necessidade de combater os efeitos advindos das Mudanças Climáticas. Com isso, para garantir o compromisso da ANEEL com as pautas de Sustentabilidade, realizou-se um estudo para identificar os obstáculos a serem superados para que a Agência desenvolva seus processos alinhados com a Transição Energética sustentável.

Desse modo, a pesquisa concluiu que “a falta de incorporação de conceitos sobre mudanças climáticas, transição energética e sustentabilidade energética nas atividades regulatórias da ANEEL consiste em um problema a ser superado. A ausência de um guia prático que oriente as diversas áreas da Agência sobre Transição Energética dificulta o alinhamento das atividades da ANEEL com os compromissos climáticos e de sustentabilidade do Brasil”.

Em vista do exposto, propôs-se desenvolver o *MVP* do Guia Prático sobre Mudanças Climáticas e Transição Energética, reconhecendo-o como uma boa prática regulatória que visa promover a sustentabilidade energética no contexto da regulação do setor elétrico brasileiro.

1.3 - Objetivo

O objetivo do Guia é de prover informações técnicas atualizadas e sintetizadas sobre os principais conceitos de mudanças climáticas, transição energética na interface com atividades regulatórias.

A elaboração do *MVP* foi resultado de capacitação promovida pelo Think Tank E+ Transição Energética para servidores da Secretaria de Inovação e Transição Energética da ANEEL, visando qualificar a equipe com o conteúdo necessário o desenvolvimento do Guia.

A Matriz de Aderência desenvolvida foi o instrumento utilizado para associar os conceitos-chave sobre Transição Energética, Transição Energética Justa no contexto das Mudanças Climáticas com atividades regulatórias. Para o desenvolvimento da matriz, foram selecionados conceitos-chave sobre os temas, a partir de levantamento bibliográfico de normas, relatórios técnicos e artigos científicos.

O Guia pode ser usado pelas áreas técnicas da ANEEL como referência sobre os temas transição energética e mudanças climáticas durante a instrução de seus processos. Ele é um documento de suporte, que pode:

- Auxiliar na instrução de processos constantes da Agenda Regulatória;
- Auxiliar na instrução de processos e demandas de rotina das áreas técnicas; e
- Ser instrumento para analisar a maturidade das instruções processuais da ANEEL, no contexto de transição energética e de mudanças climáticas.

No Guia há seções que abordam os seguintes temas:

- Fundamentos relacionados ao clima e às mudanças climáticas;
- Os principais conceitos que compõem a transição energética;
- A importância do regulador do setor elétrico no processo de transição energética e mudanças climáticas;
- Os principais conceitos-chave e definições que servem de insumo para o uso da Matriz de Aderência;
- As atividades para análise de aderência dos conceitos de transição; e
- Análise crítica sobre a relação dos conceitos mais aderentes para cada atividade regulatória analisada.

A abordagem do Guia está organizada em dois núcleos: a Matriz de Aderência e os cards com os conceitos-chave e definições sobre transição energética e mudanças climáticas.

II - Metodologia

II.1 - Estruturação da Pesquisa

A Coordenação de Transição Energética buscou identificar o motivo pelo qual ainda não há escopo definido para a atuação da Agência para a transição energética, elencando possíveis causas-raiz e soluções para essas causas. A Figura 4 e a Figura 5 ilustram a dinâmica dessa investigação realizada pela Coordenação. Assim, a partir da árvore de causas e consequências, o problema foi definido da seguinte maneira:

“Os servidores, colaboradores e estagiários da ANEEL não incorporaram conceitos, diretrizes e práticas relacionadas às mudanças climáticas e à transição energética em seus processos, dificultando o alinhamento das atividades da Agência aos compromissos do Brasil para o enfrentamento das mudanças climáticas.”

A partir do problema definido, e empregando a técnica dos 5 porquês, identificamos uma das causas-raiz como sendo: “Não existe um guia que oriente como incluir as pautas de transição energética e de mudanças climáticas nas atividades regulatórias da ANEEL.”

Diante do diagnóstico realizado, a Coordenação identificou a oportunidade de elaborar um guia que pudesse ser adotado pelas áreas técnicas da Agência

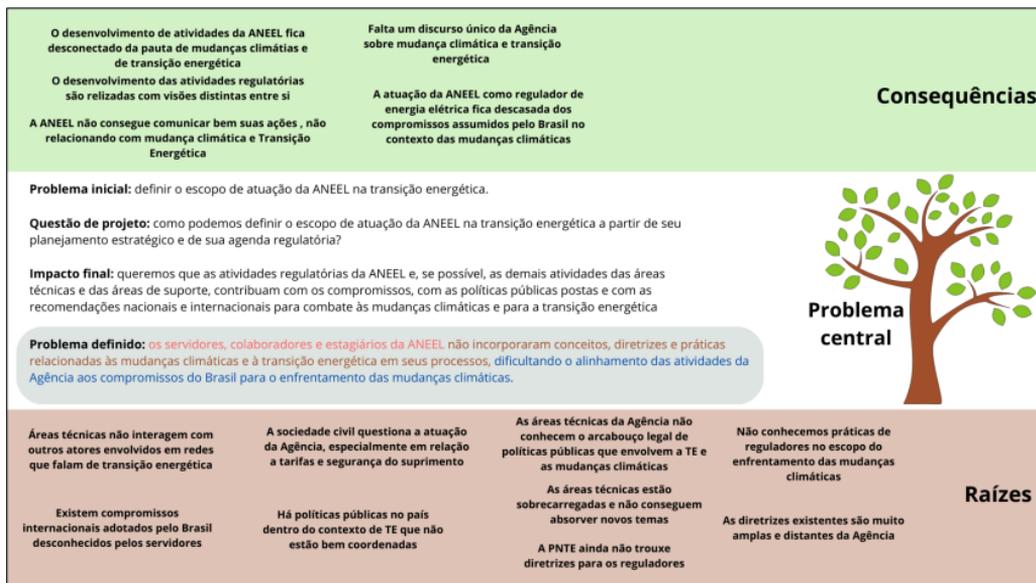


Figura 4 - Árvore de problemas Fonte: Elaboração própria.



Figura 5 - Aplicação dos 5 porquês e definição de uma causa-raiz.

Fonte: Elaboração própria.

II.2 - Iteratividade e Participação

Para a construção da Matriz de Aderência do Guia, foi empregado o Método Delphi. Como a construção não foi realizada envolvendo servidores das áreas técnicas da

ANEEL, a Matriz de Aderência apresentada no *MVP* é tão somente um exemplo de como fazer uso do Guia.

Tipicamente, o Método Delphi busca (i) deixar mais clara quais são as alternativas sendo avaliadas, (ii) correlacionar os insights de especialistas sobre determinado tema, (iii) fornecer informações relevantes para tomadores de decisão e (iv) obter consenso em opiniões de experts [9] [10].

O uso da Matriz de Aderência é simples e intuitivo: identifica-se, na primeira linha, a atividade regulatória a ser trabalhada. Nas demais linhas, constam notas de 1 a 5 que classificam o grau de aderência que determinado conceito-chave ou tema – descritos na primeira coluna – têm com aquela atividade. Quanto maior o número, maior o grau de aderência.

A partir da identificação dos temas ou conceitos mais aderentes à determinada atividade regulatória, pode-se buscar mais informações no Guia para compor a instrução do processo ou atividade, seja nas seções conceituais iniciais, sejam nos cards que trazem os conceitos-chave, com referencial teórico e possíveis exemplos de aplicação do conceito.

O Guia também apresenta outras duas seções importantes: a descrição resumida das atividades regulatórias escolhidas para compor a Matriz de Aderência e uma avaliação rápida de como essas atividades impactam e são impactadas pelos contextos de transição energética e de mudanças climáticas. Essas seções também ajudam no uso do Guia, servindo, inclusive, como exemplo de como identificar as relações entre as atividades regulatórias e os temas e conceitos-chave sobre transição energética e mudanças climáticas.

Ressalta-se que atividades regulatórias escolhidas não abrangem todo o rol de atividades constantes da Agenda Regulatória da ANEEL para o período atual. Novamente, a construção de um *MVP* contém funcionalidades mínimas que permitem com que o produto ou serviço seja testado. Esse é mais um motivo pelo qual futuras interações com as áreas técnicas serão fundamentais para o aprimoramento do Guia.

II.3 - Definição dos Conceitos-chave de Transição Energética

A partir das referências supracitadas, foram estabelecidos os principais conceitos correlatos à mudança climática, transição energética e transição energética justa **Figura 6**.



Figura 6 - Conceitos-chave destacados dos temas mudanças climáticas, transição energética e transição energética justa.

Os conceitos na faixa laranja são aqueles já estabelecidos na Resolução Normativa nº 5/2024, do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), considerada como ponto fundamental de orientação. Os conceitos na camada azul - de base - foram destacados a partir das análises realizadas pela equipe da E+ Transição Energética em conjunto com a equipe da STE.

Os conceitos-chave são o alicerce do aprendizado e da aplicação prática de qualquer tema, ajudando a construir um entendimento claro e funcional. É, de fato, o ponto de partida para uma comunicação clara e assertiva, uma vez que ajudam a construir uma compreensão sólida, evitando mal-entendidos. Assim, os conceitos-chave funcionam como um guia para relacionar e entender outras ideias ou informações relacionadas ao tema. De forma a facilitar o acesso, os conceitos-chave são apresentados em formato de cards. Vale o registro de que a transição energética é um processo vivo, ou seja, está em constante mudança. Por isso, podem surgir novos conceitos-chave longo desse processo.

A seguir serão apresentados alguns dos cards presentes no Guia.

Adaptação às Mudanças Climáticas

Ações que reduzam a vulnerabilidade dos sistemas que podem tanto visar a manutenção do seu funcionamento tradicional, como também adaptar-se para transformar o sistema no sentido de mudança das estruturas fundamentais de funcionamento. A Política Nacional sobre Mudanças Climáticas (PNMC) aborda o conceito de forma mais específica, trazendo a necessidade de que as iniciativas reduzam a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança climática.

É importante ressaltar que ações de adaptação devam, quando possível, considerar também a redução de emissões de GEE, bem como um escopo de análise ampliado para não gerar novas vulnerabilidades. Ou seja, toda ação de adaptação também gera potenciais efeitos negativos que devem ser considerados.

Capacidade Adaptativa

Enquanto Adaptação define as ações e processos para adaptar-se, capacidade adaptativa foca nas habilidades que a organização possui para executar as ações e processos de adaptação. Ou seja, vincula-se com a capacidade institucional de atuar sobre o problema. Isso envolve, por exemplo, infraestrutura física, financeira e humana, capacidades técnicas, jurídicas e científicas. Formas mais contemporâneas de capacidade adaptativa envolvem não apenas a capacidade de gerenciar situações adversas, mas também se avaliar frente aos seus objetivos, como também de engajar-se em processos sistemáticos e contínuos de incremento de capacidades.

Digitalização

Digitalização também está intimamente relacionado com o conceito de eficiência energética, uma vez que a otimização do uso da energia promove, como primeiro efeito, a redução do consumo de energia. Tanto em um nível domiciliar, quanto em um nível de controle complexo de sistemas energéticos, a digitalização reduz a necessidade de interação humana e minimiza falhas, sem perder produtividade. Digitalização também pode contribuir para desenvolvimento de mercados emergentes ao mesmo tempo que melhoram a resiliência de sistemas energéticos ao potencializar redes inteligentes para geração e consumo, reduzir perdas e aumentar a conectividade e redundância de conexões. Outra perspectiva da digitalização é a desigualdade digital. Com o aumento da dependência de tecnologias avançadas em sistemas de energia, populações sem acesso à energia confiável (geralmente em áreas rurais e periferias urbanas) enfrentam exclusão econômica e social.

Diminuição de Consumo / Eficiência

É preciso levar em consideração que eficiência energética (EE) pode ter certas nuances a depender do contexto em que se fala. Por exemplo, EE na indústria de geração de energia é naturalmente estimulada, o que implica em investir em tecnologias melhores de conversão de energia primária para secundária. Ao passo que na perspectiva da demanda de energia ou de serviços energéticos, a estratégia cabe aos fornecedores de equipamentos para substituir ou modificar as tecnologias em uso, para disseminar de soluções mais eficientes. Nesse ponto, frequentemente é necessário recorrer a instrumentos regulatórios ou legislativos para comercialização de equipamentos mais eficientes. Por fim, usuário final é o terceiro elemento fundamental para um sistema energético eficiente. Além da contribuição na escolha de equipamentos eficientes, o comportamento do consumidor é essencial, pois cabe a ele, a diminuição do consumo.

Equidade Energética

A ideia de acesso, modicidade e segurança estão compreendidas dentro das múltiplas interpretações sobre equidade energética. Embora ainda haja debate acerca do que seja energia de qualidade ou sustentável, as ideias de acesso seguro e preços acessíveis são mais consolidados na literatura. Justiça e Inclusão são termos centrais para compreender equidade, os quais não envolvem apenas a questão de preços e acesso, mas também se relacionam com equidade na distribuição de investimentos, em energia, tipos de comercialização, controle tecnológico e distribuição, acesso a empregos adequados e participação no processo decisório

Exposição

Juntamente com vulnerabilidade, ameaça climática e risco climático, a exposição é um conceito fundamental para avaliar relação com impactos das mudanças climáticas. No caso de energia, a presença de infraestruturas de geração, transmissão e distribuição são frequentemente analisadas sob a perspectiva da exposição, uma vez que os eventos climáticos extremos têm se tornado mais frequentes, abrangentes territorialmente e intensos. Avaliar a exposição, portanto, passa por localizar e prever os eventos extremos de variabilidade climática com maior precisão, tais como secas, variação de pluviosidade, ventanias e tempestades. Esse conceito se relaciona com perigo (*hazard*), vulnerabilidade, sensibilidade e risco. O modelo conceitual mais aceito é o do IPCC que relaciona as dimensões da Figura 7 (IPCC, 2022):

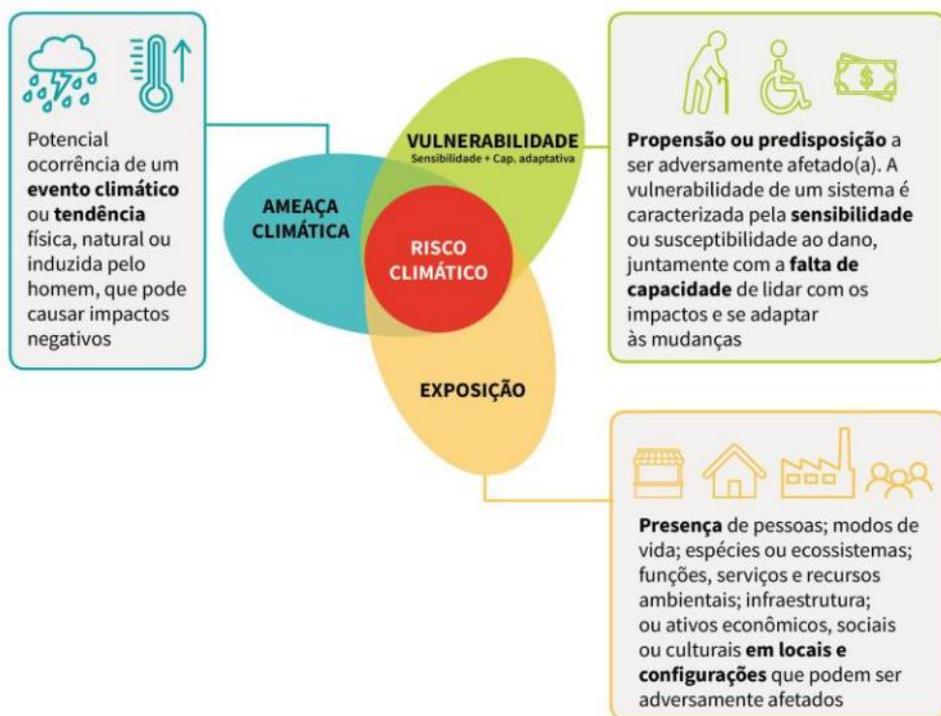


Figura 7 - Diagrama para avaliação de riscos climáticos. Fonte: Estratégia Nacional de Adaptação (versão Consulta Pública)

Neutralidade líquida de emissões (*net zero GHG emissions*)

Neutralidade envolve não apenas o balanço de emissões, mas também sua conexão com políticas públicas estabelecidas, cobertura de gases com potencial de aquecimento, tipo de governança envolvida sobre o controle e monitoramento de emissões e formas e qualidade dos processos de remoção de GEE.

Descarbonização

Pode-se dizer que é uma derivação do conceito de mitigação, porém focado na transição para longe dos combustíveis fósseis, principalmente nos setores e atividades econômicas que mais emitem na sociedade. Ou seja, esse conceito está intimamente ligado com o processo produtivo em com a economia de baixo carbono almejada pelos países.

Mitigação

Conceito mais tradicional da questão climática que envolve todos os tipos de medidas de redução de emissões. No caso do setor energético, a queima de combustíveis fósseis se soma à ineficiência energética, ao desenvolvimento de fontes de baixa emissão, captura de carbono etc. Questões como recomposição florestal também são importantes enquanto sumidouro e com efeitos colaterais positivos, que se conectam com outras políticas públicas vinculadas ao meio ambiente equilibrado, conforme preconiza a Constituição de 1988. Deve-se observar o devido respeito ao ciclo de vida das iniciativas de mitigação - idealmente devem capturar carbono e reduzir emissões considerando toda sua cadeia e não apenas seu funcionamento final. Discutir mitigação também passa por desenvolver ações de aumento de eficiência, redução de demanda, adensamento de cadeias produtivas e outras formas de geração de valor a partir da qualidade e não da quantidade.

Pobreza Energética

Pobreza é um conceito com múltiplas interpretações que envolvem, com frequência, a questões de indisponibilidade ou limitações materiais. No entanto, a ideia de pobreza também deve refletir os processos e drivers que levam as pessoas ou instituições à pobreza, tais como condições econômicas e relações sociais (classe, gênero, educação ou segurança). Pensar sobre pobreza energética, portanto, envolve compreender os efeitos materiais e os processos que pressionam as limitações de acesso aos serviços energéticos. Para pobreza energética, por exemplo, além de analisar a pobreza energética a partir de dependência de combustíveis.

Resiliência

Existem documentos e relatórios que abordam o conceito de resiliência, especialmente para o setor de energia. De acordo com EPE (2022), a resiliência para sistemas de energia, as ações devem focar a confiabilidade e a segurança do abastecimento de energia, principalmente na forma de lidar com falhas técnicas, interrupções e qualidade no serviço de fornecimento. A IEA (2021) define resiliência como abrangendo a necessidade de antecipar, absorver, acomodar e se recuperar dos impactos climáticos com robustez, desenvoltura e recuperação. Embora a definição possua similaridades com o conceito de capacidade adaptativa, o centro consiste na estrutura dos sistemas, ou seja, na forma com que ele funciona.

Vulnerabilidade

É a propensão ou pré-disposição de ser adversamente afetado. Vulnerabilidade engloba uma variedade de interpretações e conceitos, bem como se relaciona com processos sociais profundos de desigualdade entre comunidades e indivíduos. No caso de energia, está relacionado à susceptibilidade à pobreza energética ou disrupções energéticas. Isso envolve acessibilidade a diferentes serviços e usos energéticos.

Transformação

Transformação relaciona-se com questões estruturais e profundas do funcionamento dos sistemas, ou seja, não se trata apenas de adaptação, mas sim de operar de outra forma. Transformação pode incorporar transição, desde que o processo de mudança de um estado para outro envolva mudanças estruturais significativas. A transformação está intimamente ligada à inovação. A inovação pode agir como um catalizador para transformações – como no caso de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação que contribuem com o desenvolvimento de soluções que viabilizem a transição energética. Inovações, sejam elas incrementais ou disruptivas, eventualmente levarão a uma transformação.

II.4 - Definição das Atividades Regulatórias

A descrição das atividades regulatórias visa fornecer informações mínimas para avaliação de aderência entre atividades regulatórias e conceitos de transição energética. No MVP constam as seguintes atividades descritas a seguir.

Resiliência de Redes

Trata-se de atividade regulatória que analisa respostas institucional sobre vulnerabilidade de sistema de distribuição e transmissão frente aos eventos climáticos extremos envolvendo possibilidades de melhoria na capacidade operativa dinâmica do sistema de transmissão e no desenvolvimento de Planos de contingência.

Constrained-off

Consiste em atividade regulatória que analisa como compensar os geradores durante obrigação de redução de geração por motivos externos. Algumas motivações para restrição de geração incluem: indisponibilidades em instalações externas às respectivas usinas ou conjuntos de usinas; atendimento a requisitos de confiabilidade elétrica; e impossibilidade de alocação de geração de energia na carga.

Armazenamento de Energia Elétrica

Corresponde à atividade regulatória que analisa propostas de adequação regulatória para inserção de sistemas de armazenamento no setor elétrico visando a otimização do uso e de redes e de geração de energia, o aumento da flexibilidade do sistema e a diminuição de uso de combustíveis fósseis, entre outros.

Prorrogação de Concessões

Trata-se de atividade regulatória que regulamenta processo de licitação e prorrogação de concessões de distribuição, estabelecendo as diretrizes para a modernização das concessões de serviço público de distribuição de energia elétrica.

Campanha do PROPEE (Procedimentos dos Programas de Eficiência Energética)

Representa a atividade regulatória que visa organizar a realização de campanhas de consumo consciente de energia com recursos provenientes do Programa de Eficiência Energética – PEE regulado pela ANEEL.

Sandbox Regulatório do Programa de Resposta da Demanda

Consiste em atividade regulatória que analisou o Sandbox Regulatório do Programa de Resposta da Demanda. Este programa possibilita a redução voluntária do consumo de energia elétrica por grandes consumidores, como recurso adicional para atendimento ao Sistema Interligado Nacional (SIN), de modo a se obter resultados mais vantajosos tanto para a confiabilidade do sistema elétrico como para a modicidade tarifária dos consumidores finais.

Valoração dos custos e dos benefícios da Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD)

Traduz-se em atividade regulatória que deve valorar os custos e benefícios da MMGD considerando os efeitos relativos à redução ou expansão da rede, à necessidade de implantação de melhorias nas instalações da rede, às perdas técnicas nas redes elétricas, à operação do sistema elétrico e aos encargos setoriais, entre outros fatores.

III - Resultados

III.1 - Matriz de Aderência

A **Tabela 1** apresenta a Matriz de Aderência. Os valores para cada célula demonstram a aderência que os conceitos de transição energética possuem para cada atividade regulatória.

Conceitos sobre Transição Energética e Mudança Climáticas	Atividades Regulatórias						
	Valoração dos custos e dos benefícios da Microgeração e Armazenamento de Energia Elétrica, incluindo Usinas	Sandbox Regulatório do Programa de Resposta da	Campanha do PROPEE	Prorrogação de Concessões	Constrained-off	Resiliência de Redes	
Abordagem setorial/regional	5	3	4	3	1	3	1
Adaptação às Mudanças Climáticas	4	5	5	3	4	4	5
Capacidade Adaptativa	1	3	3	3	4	3	4
Descentralização	5	1	4	2	1	1	1
Digitalização	5	3	5	4	1	2	5
Eficiência Energética / Diminuição de consumo	4	1	3	5	2	1	2
Equidade Energética	4	1	2	2	4	4	4
Exposição	3	4	1	1	3	2	4
Neutralidade Líquida de emissões	4	5	5	3	2	1	5
Descarbonização	4	5	5	4	2	1	5
Mitigação	3	5	5	4	2	1	5
Participação Social / Democratização	4	1	2	3	4	1	5
Pobreza Energética	4	4	1	3	4	1	4
Resiliência	4	4	4	3	3	3	5
Vulnerabilidade	2	4	4	2	2	1	5
Transformação	5	4	5	1	1	1	2

Tabela 1 - Matriz de Aderência (construída a partir de entrevistas estruturadas com a equipe da E+ Transição Energética)

III.2 - Análise Qualitativa dos resultados

A partir das sínteses oferecidas na seção anterior, juntamente com a avaliação qualitativa executada durante o preenchimento da Matriz de Aderência pelos especialistas, esta seção apresenta o exemplo dos principais insights para uma das atividades regulatórias analisadas.

Campanha do PROPEE

A eficiência energética é considerada um dos requisitos fundamentais para potencializar a transição energética, uma vez que congrega potenciais reduções de emissões ou de intensidade energética, ao mesmo tempo em que viabiliza a consolidação de inovações tecnológicas.

O Programa de Eficiência Energética se adere à transição energética ao relacionar-se com o conceito de eficiência energética, mitigação e descarbonização de forma significativa. A atividade regulatória que organiza campanhas contribui também para o aumento da capacidade adaptativa uma vez que sistematiza metodologia de ação e avaliação e oferece condições opções de recursos para execução das campanhas.

A atividade regulatória analisada contempla apenas uma pequena parcela da abrangência que a eficiência energética possui em termos de ganhos de aderência à transição energética. É importante ressaltar que o papel da promoção de eficiência energética no setor elétrico tem contribuições que extravasam a dimensão de produção e consumo, alcançando questões de produção industrial, desenvolvimento e incorporação de tecnologias recentes, ganho de competitividade e liberação de recursos para investimentos e redução de consumo de recursos escassos.

IV - Conclusão

IV.1 - Síntese dos Resultados

O objetivo do Guia foi oferecer às áreas técnicas da ANEEL conteúdo objetivo que mescle a temática da transição energética e das mudanças climáticas às atividades regulatórias exercidas atualmente pela Agência.

Com isso, espera-se que as equipes técnicas acelerem o processo de letramento, em andamento na Agência, sobre esses dois temas a fim de garantir o compromisso da Agência com a Sustentabilidade Energética.

A construção do Guia, ainda no estágio de MVP, contou com a colaboração do Instituto E+ Transição Energética, que contribuiu não apenas com o apoio na elaboração da documentação, mas também com atividades de capacitação para equipes da Agência.

IV.2 - Perspectivas Futuras

Por ter sido construída com a visão de experts da equipe da E+ Transição Energética, a Matriz de Aderência apresentada pode e deve ser usada pelas áreas técnicas como uma referência na instrução de processos, com a ressalva de que é possível que sejam identificadas relações com diferentes intensidades por parte das equipes da Agência.

Por esse motivo, este *MVP* será aprimorado e as áreas técnicas da ANEEL participarão deste processo, aumentando a efetividade do processo de letramento e permitindo a construção de um Guia que contemple a diversidade de visões de toda a instituição.

Ademais, destaca-se que ações como o desenvolvimento do Guia apresentado consistem em boas práticas regulatórias que visam a promoção da Sustentabilidade Energética no setor elétrico e que, por essa razão, podem ser replicadas em outras entidades reguladoras de energia.

IV.3 - Considerações Finais

Espera-se que esta entrega seja um importante passo que a ANEEL dá no sentido de contribuir com a execução do seu planejamento estratégico.

Além disso, espera-se que o Guia também permita o aprimoramento das ações regulatórias da Agência no contexto de combate às mudanças climáticas e da transição energética como meios de promover a Sustentabilidade Energética.

V – Referências

- [1] IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- [2] IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press,

Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

- [3] Marengo JA, Camarinha PI, Alves LM, Diniz F and Betts RA (2021) Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0°C Global Warming Scenarios: An Analysis for Brazil. *Front. Clim.* 3:610433. doi: 10.3389/fclim.2021.610433
- [4] Almazroui, M., Ashfaq, M., Islam, M.N. et al. Assessment of CMIP6 Performance and Projected Temperature and Precipitation Changes Over South America. *Earth Syst Environ* 5, 155–183 (2021). <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00233-6>
- [5] Resolução Normativa nº 5, de 2024, disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2024/RESOL5IN.PDF>
- [6] IEA (2024), *Strategies for Affordable and Fair Clean Energy Transitions*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/strategies-for-affordable-and-fair-clean-energy-transitions>, Licence: CC BY 4.0
- [7] *World Energy Trilemma 2024: Evolving with Resilience and Justice*, disponível em: [World Energy Trilemma Report 2024 | World Energy Council](https://www.worldenergytrilemma.com/2024)
- [8] World Economic Forum *Fostering Effective Energy Transition INSIGHT REPORT JUNE 2024*, disponível em: [WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2024.pdf](https://www.weforum.org/publications/2024/06/fostering-effective-energy-transition)
- [9] Jayawardena, Migara, Enno Heijndermans, Maurya West Meiers, Ryan Watkins, Joy Butscher, Shenghui Feng, and Nouredine Berrah. 2022. *Delphi Technique: How Expert Panels Predict Emerging Opportunities and Challenges in Renewable Energy*. IEG Methods and Evaluation Capacity Development Working Paper Series. Independent Evaluation Group. Washington, DC: World Bank, disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/488611645129021327/pdf/Delphi-Technique-How-Expert-Panels-Predict-Emerging-Opportunities-and-Challenges-in-Renewable-Energy.pdf>
- [10] Revez, A., Dunphy, N., Harris, C., Mullally, G., Lennon, B., & Gaffney, C. (2020). Beyond Forecasting: Using a Modified Delphi Method to Build Upon Participatory Action Research in Developing Principles for a Just and Inclusive Energy Transition. *International Journal of Qualitative Methods*, 19. <https://doi.org/10.1177/1609406920903218>.