

PERSPECTIVA DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA MUNDIAL

CAMINHO PARA 1,5°C

SUMÁRIO EXECUTIVO

© IRENA 2021

Salvo declaração em contrário, o material dessa publicação pode ser usado, compartilhado, copiado, reproduzido, impresso e/ou salvo livremente, desde que a IRENA seja adequadamente informada na qualidade de fonte e titular dos direitos autorais. O material dessa publicação que seja atribuído a terceiros pode estar sujeito a termos de uso e restrições separados e as permissões adequadas desses terceiros podem precisar ser protegidas antes de qualquer uso desse material.

CITAÇÃO

Essa publicação é o sumário executivo da *Perspectiva da Transição Energética Mundial Caminho dos 1,5°C*, Agência Internacional para as Energias Renováveis, Abu Dhabi.

Esse Sumário Executivo é traduzido do " World Energy Transitions Outlook : 1.5°C Pathway"

ISBN: 978-92-9260-334-2" (2021). Em caso de discrepância entre a tradução e o original em inglês, o texto em inglês prevalece.

Disponível para baixar: www.irena.org/publications

Para mais informações ou para fornecer feedback: publications@irena.org

ACERCA DA IRENA

A Agência Internacional para as Energias Renováveis (IRENA) atua como a plataforma principal para a cooperação internacional, um centro de excelência, um repositório de políticas, tecnologia, recursos e conhecimento financeiro e um condutor de ação no terreno para o avanço da transformação do sistema energético global. Uma organização intergovernamental estabelecida em 2011, a IRENA promove a adoção generalizada e o uso sustentável de todas as formas de energia renovável, incluindo a bioenergia, geotérmica, hidroenergia, dos oceanos, solar e eólica, na busca do desenvolvimento sustentável, do acesso à energia, segurança energética e crescimento e prosperidade econômicos com base na baixa emissão de carbono.

www.irena.org

ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

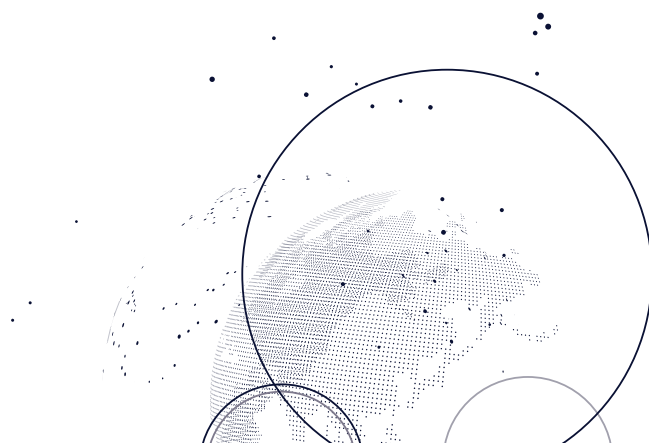
Essa publicação e o material aqui são fornecidos "como estão". Todas as precauções razoáveis foram tomadas pela IRENA para verificar a confiabilidade do material dessa publicação. Porém, nem a IRENA nem nenhum de seus responsáveis, agentes, fornecedores de dados ou outros fornecedores de conteúdo de terceiros fornecem garantia de qualquer tipo, quer expressa, quer implícita, e não aceitam qualquer responsabilidade por quaisquer consequências do uso das publicações ou material aqui referidos.

As informações aqui contidas não representam necessariamente as opiniões dos Membros da IRENA. A menção de empresas específicas ou certos projetos ou produtos não implica que sejam endossados ou recomendados pela IRENA em detrimento de outros de natureza semelhante que não estão mencionados. As designações empregues, e a apresentação do material aqui contido, não implicam a expressão de qualquer opinião por parte da IRENA a respeito do status legal de qualquer região, país, território, cidade ou área ou de suas autoridades, ou a respeito da delimitação de fronteiras ou limites.

PERSPECTIVA DA TRANSIÇÃO **ENERGÉTICA MUNDIAL**

CAMINHO PARA 1,5°C

SUMÁRIO EXECUTIVO



PREFÁCIO

Não temos tempo. A janela está se fechando e o caminho para um futuro de zero emissões líquidas se estreita. Essa foi a mensagem que passei de forma clara e precisa durante o lançamento da prévia do relatório *Perspectiva de Transições da Energia Mundial* no Diálogo para as Transições Energéticas de Berlim no início desse ano. A ciência é clara: 45% das emissões de gases de efeito estufa desde os níveis de 2010 deve ser reduzido até 2030. Infelizmente, as tendências recentes mostram que a lacuna entre onde estamos e onde deveríamos estar está se alargando. Estamos no caminho errado e precisamos mudar a rota agora.

As opções que tomarmos nos próximos anos terão um impacto de longo alcance. Elas podem nos colocar em um caminho direcionado para os objetivos que estabelecemos em 2015 quando adotamos os acordos internacionais com altas consequências sobre desenvolvimento sustentável e alteração climática. Ou podem nos levar na direção oposta para um maior aquecimento, com consequências econômicas e humanas profundas e irreversíveis.

Não é sensato fazer previsões ou antecipar os resultados em momentos incertos. Mas várias tendências estão modelando uma transição energética em desdobramento e dando uma indicação de sua direção. Primeiro, os custos das tecnologias renováveis decaíram ao ponto de a nova eletricidade baseada em fósseis não ser mais uma opção atraente. Segundo, o progresso no setor energético está se espalhando para os usos finais, permitindo uma reformulação das possibilidades com a abundância das opções renováveis disponíveis. Terceiro, um consenso se formou ditando que uma transição energética baseada em fontes renováveis de energia e tecnologias eficientes é o único método que nos dá uma chance de combater e limitar o aquecimento global até 2050 em 1,5°C. Somente há alguns anos a abordagem centrada nas renováveis adotada pela IRENA foi considerada demasiado progressiva, idealista ou até irrealista. Atualmente, nossa visão se tornou primordial e aceita como a única opção realista para um mundo com um clima seguro. E isso se reflete no número crescente de compromissos com as estratégias de zero emissões líquidas de países em todos os cantos do mundo, criando um momento político sem precedentes para uma mudança transformativa.

A *Perspectiva de Transições Energéticas Mundiais* da IRENA realça as vias que nos tiram da crise climática e nos colocam na direção de um mundo resiliente e mais equitativo. Ela mostra claramente as opções que temos atualmente e que lacunas precisam ser preenchidas. A análise e as opções apresentadas priorizam as soluções de redução de emissões existentes e aquelas com a maior chance de se tornarem viáveis nos próximos anos. Ela não aposta em tecnologias não comprovadas ou invenções pendentes, mas encoraja uma inovação muito necessária para aperfeiçoar e desenvolver o caminho mais rápido para a redução de emissões.

A *Perspectiva* oferece um caminho atraente para descarbonizar todos os usos energéticos, com a eletrificação e a eficiência energética como os principais impulsionadores, ativados pelas renováveis, hidrogênio verde e bioenergia moderna sustentável. Mas um cenário e seus pressupostos, embora rigorosos e abrangentes, são somente um instrumento para informar a execução de políticas. Para traduzir esta versão do futuro energético para a realidade, precisamos transcender os limites da infraestrutura existente criada para os combustíveis do passado. E essas decisões não são tomadas no vazio. Objetivos de desenvolvimento econômico e humano, preocupações ambientais e vias financeiras devem ser todos conciliados.

É nesse contexto que a IRENA traz seu valor único.

A Perspectiva mostra que, quando observamos além dos confins estreitos do suprimento energético, uma transição baseada em renováveis desbloqueia um conjunto de benefícios valiosos. Assim, a Perspectiva apresenta as estruturas políticas necessárias para avançar com uma transição que seja justa e inclusiva. Ela fornece um entendimento melhorado das alterações estruturais e oferece uma estrutura quantitativa para impactos como o produto interno bruto (PIB), emprego e bem estar. O relato também examina as estruturas de financiamento para exibir a mudança necessária nos mercados de capitais.

E esse conhecimento fornece a base para a IRENA apoiar os países a terem noção de suas prioridades e a mudar suas estratégias em ação. Com nossos 164 Membros, observamos como a ação coletiva pode conduzir o progresso em todo mundo e onde podem existir necessidades e lacunas abrangentes.

Este alcance global é o que dá à Agência a credibilidade para - e o privilégio de - apoiar a cooperação internacional através do conjunto de questões sobre a transição econômica para apoiar os países a aprenderem uns com os outros e aproveitarem a vasta experiência da Agência. E estamos trabalhando ativamente com os parceiros, incluindo o setor privado, para fornecermos uma plataforma dinâmica que conduza a ação, um planejamento previdente, à criação de políticas holística e ao investimento à escala.

As exigências de nosso tempo são imensas e cheias de incerteza. Estamos entrando em uma nova era de mudança, uma em que a transformação energética irá conduzir a transformação econômica. Esta mudança está trazendo novas possibilidades sem precedentes para revitalizar as economias e resgatar as pessoas da pobreza. Mas a tarefa que se prevê é assustadora. Espero que esta Perspectiva forneça uma nova visão de como transformarmos os problemas energéticos de hoje nas soluções de amanhã.

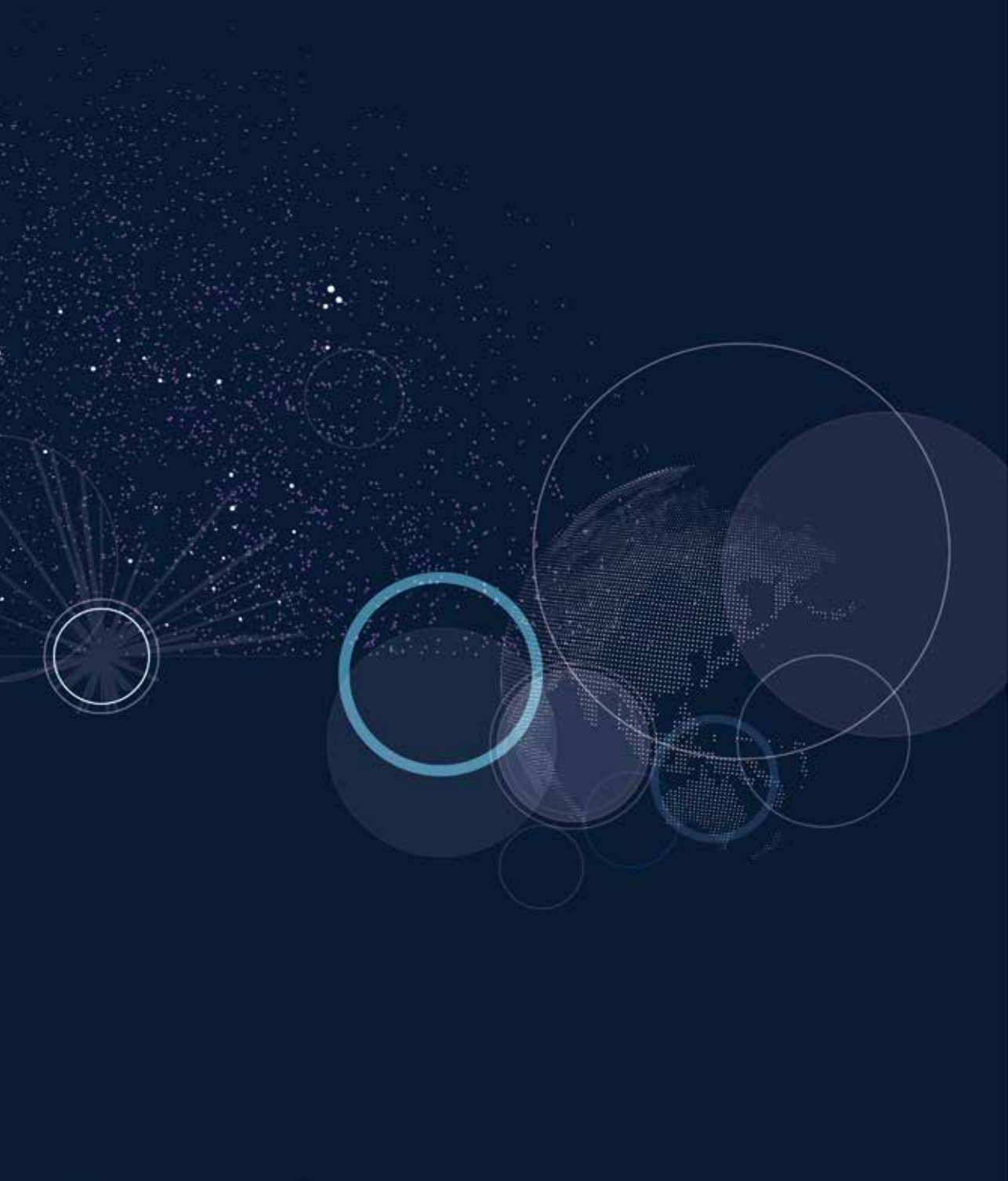
Nosso futuro compartilhado somente será brilhante se nos movermos em conjunto, levando todo mundo conosco na direção de um mundo mais resiliente, igual e justo.



Francesco La Camera
Diretor-Geral, IRENA



SUMÁRIO EXECUTIVO



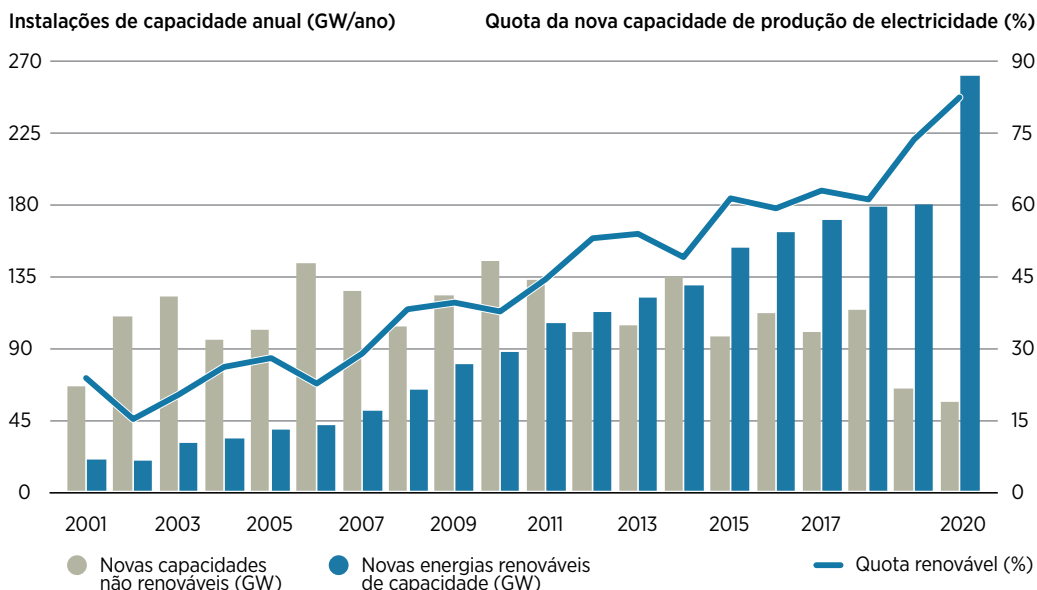
Onde estamos na transição energética?

O setor energético, conhecido por seu ritmo lento de mudança, está atravessando uma transição dinâmica. Os imperativos da alteração climática, a pobreza energética e a segurança energética que servem de base à estratégia industrial tornaram a adoção difundida das renováveis e tecnologias relacionadas em uma solução essencial. Os políticos, os desenvolvimentos tecnológicos e a cooperação internacional moveram essas tecnologias de seu nicho para a tendência convencional, especialmente na última década. Mesmo em face dos problemas causados pela pandemia da COVID-19, os sistemas baseados em renováveis demonstraram uma resiliência excepcional, exibindo a confiabilidade técnica das renováveis com base em um sistema elétrico com uma grande parte de energia solar e eólica.

Foi formado um consenso de que uma transição energética baseada em fontes e tecnologias renováveis que aumente a eficiência e a conservação é o único meio que nos dará uma chance de lutarmos contra o aquecimento global em 1,5°C até 2050. Somente há uns anos, a abordagem centrada nas renováveis adotada pela IRENA foi considerada idealista. Hoje em dia, mesmo alguns dos operadores energéticos mais conservadores a consideraram como a única opção realista para um mundo com um clima seguro. Essa mudança de opinião profunda e dominante está enraizada em uma evidência inegável, não somente dos problemas graves do mundo, mas também das tendências da tecnologia, da política e dos mercados que têm remodelado o setor energético há mais de uma década.

Nos últimos sete anos, foi adicionada à rede mais energia renovável anualmente que os combustíveis fósseis e a energia nuclear combinados. Atualmente, as tecnologias das energias renováveis dominam o mercado global para uma nova capacidade de geração de eletricidade, pois se tornaram nas fontes mais acessíveis de eletricidade em muitos mercados. Um nível recorde de 260 gigawatts (GW) de capacidade de geração energética à base de renováveis foi adicionado globalmente em 2020, mais de quatro vezes mais do que a capacidade adicionada de outras fontes (IRENA, 2021a). Esta é uma trajetória prometedora para uma rápida descarbonização do setor energético.

FIGURA S.1 Participação na capacidade instalada anual, 2001-2020

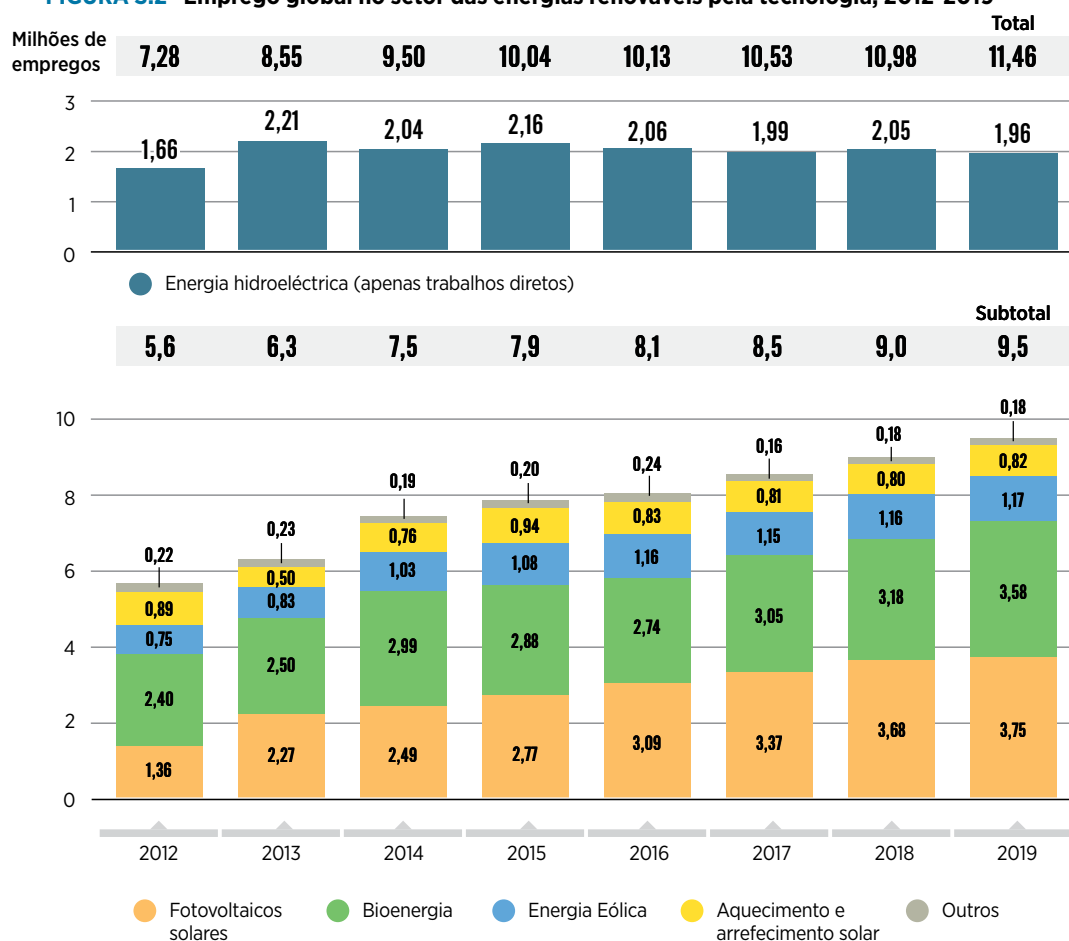


Baseada nas estatísticas das energias renováveis da IRENA.

Soluções inovadoras estão remodelando o sistema energético e abrindo novas possibilidades para um futuro descarbonizado muito mais rapidamente do que se esperava. Inovações na tecnologia, políticas e mercados estão sendo implementadas em todo mundo (IRENA, 2019a). Um progresso significativo foi feito na mobilidade elétrica, na armazenagem de baterias, nas tecnologias digitais e na inteligência artificial, entre outras. Essas mudanças também estão chamando mais atenção para a necessidade da exploração e gerenciamento sustentável de terras raras e outros minerais, além do investimento na economia circular. Redes novas e inteligentes, desde mini a super redes, impulsionadas por políticas e mercados, estão aperfeiçoando a capacidade do setor energético de lidar com a variabilidade das energias renováveis. Os usos diretos das renováveis – incluindo a bioenergia – e o hidrogênio verde estão trazendo soluções muito necessárias para os transportes, edificações e indústria.

Dos 58 milhões de empregos no setor energético em todo mundo em 2019, cerca de 20% registraram-se no setor das renováveis. A mudança nos padrões de emprego globais reflete novas tendências na implementação energética. O emprego cresceu de 7,3 milhões em 2012, quando a IRENA começou a monitorar cargos no setor das renováveis, para 11,5 milhões em 2019. Durante o mesmo período, os empregos no setor energético sofreram uma queda, devido à crescente automação, à falta de competitividade de alguns combustíveis e às alterações na dinâmica dos mercados. Também existe uma evidência crescente dos impactos mais amplos da mudança para as renováveis. Notavelmente, o aumento das renováveis melhorou o equilíbrio entre gêneros no setor energético, em que as mulheres contam para 32% dos empregos no setor das renováveis, em comparação com os 22% no setor do óleo e gás.

FIGURA S.2 Emprego global no setor das energias renováveis pela tecnologia, 2012-2019



Fonte: IRENA, 2020a.

O número crescente de países se comprometendo com estratégias de zero emissões líquidas de carbono indica uma mudança importante no diálogo climático global. Tendências semelhantes são observadas a todos os níveis do governo e do setor privado, incluindo nos setores de redução difícil e do óleo e gás. Enquanto uma grande parte do mundo se debate com a crise econômica, o investimento na transição energética pode ajudar a alinhar as prioridades de curto prazo com o desenvolvimento a médio e longo prazo e os objetivos climáticos. Essa é uma oportunidade única para promover uma mudança duradoura através de investimentos focados em energia, mais imediatamente, na infraestrutura, eficiência e renováveis (IRENA, 2020b). Na realidade, vários países fizeram compromissos significativos com os fundos públicos adequados para esses objetivos e para suportarem soluções como a eletromobilidade e o hidrogênio limpo.

Não menos do que 80% da população mundial vive em países que são importadores líquidos de combustíveis fósseis. Por contraste, toda nação possui algum potencial para renováveis que pode ser aproveitado para uma maior segurança e independência energética, a um custo cada vez mais baixo (IRENA, 2019b). Uma transformação do sistema energético global alinhada com o objetivo climático de 1,5°C pode tornar-se em excelente equalizador em um mundo que deve se tornar mais resiliente, justo e inclusivo. Um sistema energético destes requer o desenvolvimento rápidos e a implementação de tecnologias resilientes e investimentos em pessoas e instituições.

O progresso foi significativo, mas não uniforme ao redor do mundo. Os passos mais longos foram executados em alguns países e regiões. Em outros casos, a pobreza energética difundida continua a travar o progresso econômico e o bem estar social. Em 2020, a Europa, os EUA e a China contaram para a maior cota da nova capacidade das energias renováveis, enquanto a África contou somente com 1% do total global da nova capacidade das energias renováveis. Isso acontece apesar de o continente ter as maiores necessidades de acesso a formas modernas de energia e um potencial renovável que excede em muito as necessidades projetadas. Somente 1 bilhão de dólares americanos foram investidos em renováveis em sistemas isolados entre 2008 e 2019, apesar de ser uma via importante para o acesso em expansão. Padrões de implementação desiguais também são espelhados na concentração de empregos e indústrias, deixando para trás grandes partes do mundo.

Planos atuais ficam lamentavelmente muito afastados do objetivo de 1,5°C. Baseadas nos planos e metas energéticas governamentais existentes, incluindo a primeira ronda das Contribuições Determinadas Nacionalmente (NDCs) sob o Acordo de Paris, as políticas implementadas não farão mais que estabilizar as emissões globais, com uma ligeira queda à medida que 2050 se vai aproximando. Apesar da evidência clara da alteração climática causada pelo homem, o apoio amplamente difundido ao Acordo de Paris e a prevalência das opções energéticas limpas, econômicas e sustentáveis, as emissões de CO₂ relacionadas com a energia *aumentaram* em 1,3% anualmente, em média, entre 2014 e 2019.

O tempo é essencial e um rápido declínio nas emissões deve começar agora para se preservar a chance de conseguirmos alcançar o 1,5°C. Em alinhamento com o relato do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) sobre a limitação do aquecimento global a 1,5°C até 2050, o carvão e o óleo já deveriam ter alcançado o pico e o gás natural deveria alcançar seu pico em 2025. Os recursos e as tecnologias necessários para acelerar a transição energética estão disponíveis *agora*. A IRENA traça o caminho para uma trajetória descendente acentuada e contínua no sentido de um declínio de 45% nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) dos níveis de 2010 até 2030 e de zero emissões líquidas até 2050, em linha com a agenda do IPCC.

A *Perspetiva das Transições Energéticas Mundiais* da IRENA é um caminho compatível com a meta dos 1,5°C que também examina todas as implicações socioeconômicas e políticas e fornece informações sobre as alterações estruturais e financeiras. As tecnologias para a rápida descarbonização estão cada vez mais disponíveis, mas o pensamento relacionado com a transição energética não devia somente se restringir à energia. Compreender o potencial de longo alcance da transição requer uma inovação sistemática que considera as tecnologias e as estruturas habilitadoras em tandem. Os sistemas energéticos baseados em renováveis instigarão alterações profundas que se disseminarão por todas as economias e sociedades. Somente compreendendo estas correntes profundas poderemos alcançar resultados otimizados do processo de transição. Essa edição inaugural da *Perspetiva das Transições Energéticas Mundiais* domina o conhecimento extensivo da IRENA para tornar isto possível – fornecendo aos políticos as informações, ferramentas e conselhos para traçarem o mapa do caminho em frente.

Cenário 1,5°C da IRENA

O **O Cenário Energético Planejado (PES)** é o caso de referência principal para esse estudo, fornecendo uma perspectiva sobre os desenvolvimentos no sistema energético baseados nos planos energéticos atuais dos governos e de outras metas e políticas planejadas, incluindo Contribuições Determinadas Nacionalmente (NDCs) sob o Acordo de Paris.

PES

O **Cenário 1,5°C (1.5-S)** descreve o caminho da transição energética alinhado com a ambição climática 1,5°C – ou seja, para limitar o aumento global da temperatura média até ao final do século presente até 1,5°C, relativo aos níveis pré-industriais. Ele prioriza as soluções tecnológicas já disponíveis, que podem ser escalonadas ao ritmo necessário para o objetivo dos 1,5°C.

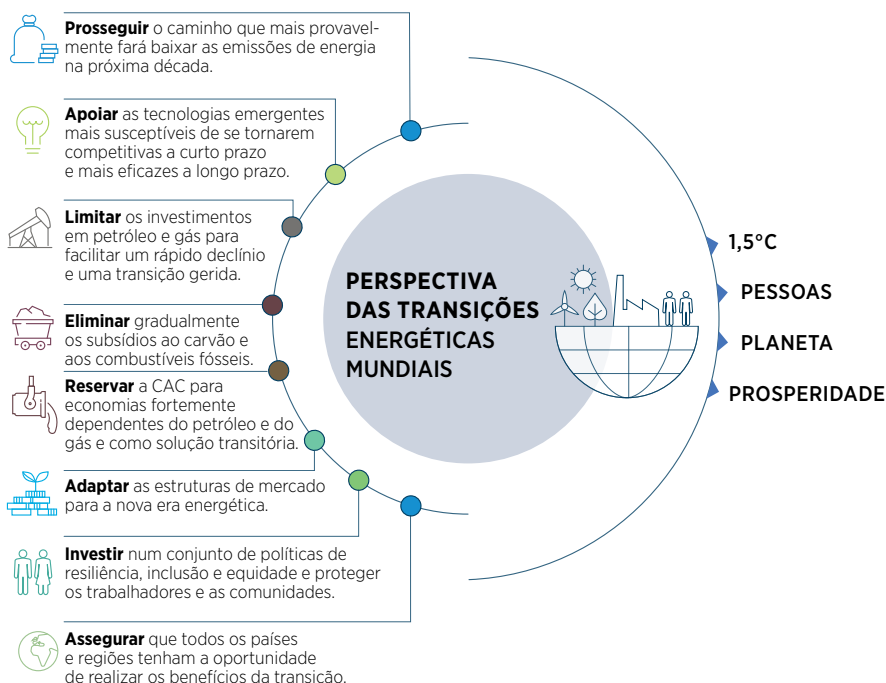
1.5-S

O imperativo do tempo requer opções de investimento e políticas cuidadosas na próxima década.

A janela de oportunidade para se alcançar o marco das emissões em 2030 estabelecido pelo IPCC é pequeno e as opções tomadas nos próximos anos determinarão se um futuro de 1,5°C permanece ao alcance. Esta *Perspectiva* é guiada pela Agenda para o Desenvolvimento Sustentável da ONU e o Acordo de Paris sobre Alterações Climáticas. Vários pré-requisitos sustentam a teoria da mudança que suporta o Caminho para os 1,5°C da IRENA:

- Perseguir o caminho que seja mais propício a reduzir as emissões energéticas na próxima década e colocar o mundo numa trajetória dos 1,5°C.
- Apoiar as tecnologias emergentes mais propícias a se tornarem competitivas a curto prazo e mais efetivas na busca das reduções nas emissões na longo prazo.
- Limitar os investimentos no óleo e gás para facilitar um declínio gradual e uma transição gerenciada.
- Reservar as tecnologias de captura e armazenagem de carbono CAC para as economias fortemente dependentes do óleo e gás como uma solução transicional em que não existem outras opções.
- Reduzir gradualmente os subsídios para o carvão e combustíveis fósseis.
- Adaptar as estruturas de mercado para a nova era energética.
- Investir num conjunto de políticas para promover a resiliência, a inclusão e a equidade e proteger os trabalhadores e as comunidades afetados pela transição energética.
- Garantir que todos os países e regiões tenham uma chance de participar nos, e compreender os, benefícios da transição energética global.

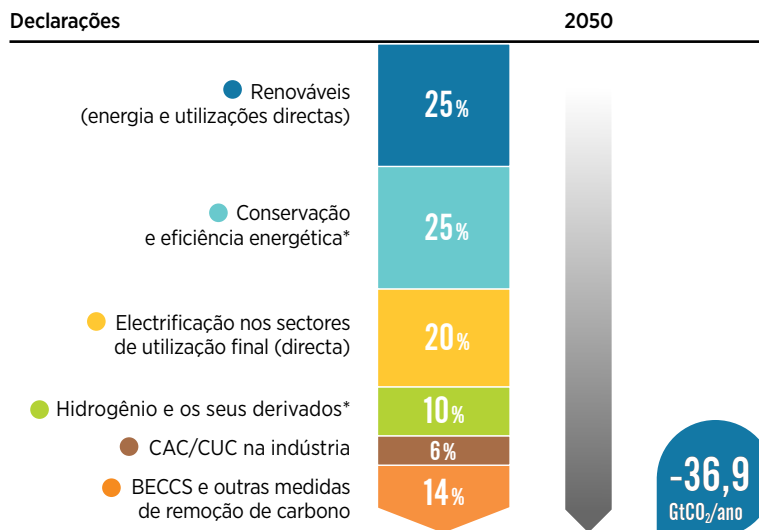
FIGURA 5.3 Estrutura guia da teoria de mudança WETO



Vias tecnológicas para as metas climáticas

A análise da IRENA mostra que mais de 90% das soluções compatíveis com um resultado bem-sucedido em 2050 envolvem energias renováveis através do suprimento direto, eletrificação, eficiência energética, hidrogênio verde e bioenergia, combinados com a captura e armazenagem de carbono (BECCS). As vias tecnológicas que levam a um sistema energético descarbonizado cristalizaram, dominadas por soluções que podem ser implementadas rapidamente e a uma certa escala. As tecnologias, mercados e modelos comerciais estão evoluindo continuamente, mas não é necessário esperar novas soluções. Um avanço considerável pode ser alcançado com as opções existentes. Mas levar as tecnologias da transição energética aos níveis necessários e a uma rapidez compatível com o objetivo dos 1,5°C requer políticas e medidas direcionadas.

FIGURE S.4 Reduções das emissões de carbono sob o Cenário 1,5°C (%)



Até 2050, a eletricidade será o principal vetor energético, aumentando de uma cota de 21% do consumo energético total em 2018 para cobrir mais de 50% em 2050. As fronteiras setoriais estão mudando, com a eletrificação de aplicações de uso final nos transportes e aquecimento. Esse aumento é principalmente conduzido pelo uso da eletricidade renovável em lugar de combustíveis fósseis e aplicações de uso final. Enquanto a mudança ocorre, a taxa de crescimento anual das tecnologias renováveis assistirá a um aumento de oito vezes mais. A eletrificação de usos finais também remodelará vários setores, em particular, os transportes com veículos elétricos começando a contar para 80% de toda atividade rodoviária em 2050.

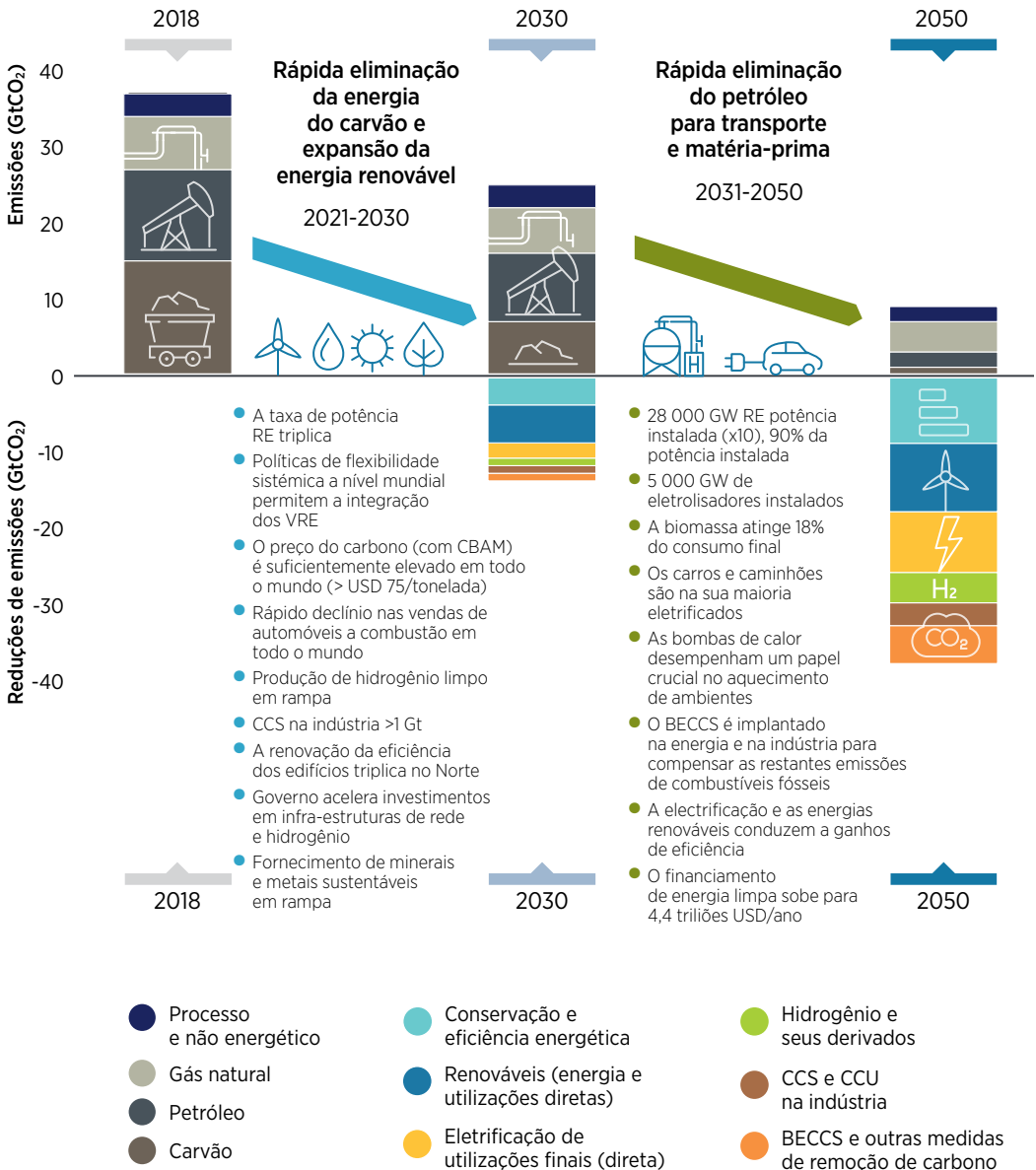
A taxa de melhoramento da intensidade energética anual deve aumentar até 2,9%, quase duas vezes e meia a tendência histórica. Com esse aumento, a intensidade energética da economia global cairá mais de 60% até 2050. As tecnologias e medidas de eficiência energética são soluções “prontas para uso”, disponíveis para uma ampliação significativa agora. As políticas e medidas para aumentar a conservação e eficiência energética serão cruciais para reduzir o consumo energético final total de 378 exajoule (EJ) em 2018 para 348 EJ em 2050. Uma contribuição importante também virá de alterações estruturais e comportamentais, que contarão para aproximadamente um décimo das melhorias na eficiência.

O hidrogênio e seus derivados representarão 12% do consumo energético final até 2050. Eles desempenharão um papel importante nos setores difíceis de descarbonizar e que exigem muita energia, como o aço, produtos químicos, transportes pesados, fretes e aviação. O hidrogênio também ajudará a equilibrar o suprimento e procura de energias renováveis e servirá como uma armazenagem sazonal a longo prazo. Serão necessários aproximadamente 5 000 GW de capacidade eletrolisadora até 2050, a partir de 0,3 GW de hoje. Essa escala de crescimento acentua a importância do hidrogênio com baixo carbono do começo. Em 2050, dois terços do hidrogênio total serão verdes – produzidos com a eletricidade renovável – e um terço azul, produzido pelo gás natural acoplado à captura e armazenagem de carbono.

A bioenergia representará 18% do consumo energético final total em 2050. A produção e uso sustentáveis e crescentes de biomassa são necessários em todo sistema energético. Em certos setores, ela desempenha um papel significativo – particularmente, como matéria prima e combustível no setor dos químicos e como combustível no setor da aviação. Em outros, ela ajuda a preencher as falhas que outras opções não conseguem resolver, como a substituição de gás natural por biometano nos edifícios que não podem ser renovados. Além disso, a biomassa acoplada a captura e armazenamento de carbono no setor elétrico e certos setores industriais produzirão as emissões negativas necessárias para se alcançar o objetivo de zero.

No uso residual dos combustíveis fósseis e em certos processos industriais, os esforços da descarbonização podem requerer tecnologias e medidas de remoção de CO₂. No cenário 1,5°C, algumas emissões dos usos residuais dos combustíveis fósseis e certos processos industriais persistirão em 2050. Assim, o CO₂ remanescente terá de ser capturado e armazenado. A captura e armazenamento de carbono está limitada principalmente a emissões de CO₂ relacionadas com processos no cimento, ferro e aço, e na produção de hidrogênio azul. A remoção de CO₂ também inclui medidas baseadas na natureza, como a reflorestação e BECCS, a captura e armazenagem direta de carbono e outras abordagens que ainda são experimentais.

FIGURA 5.5 Evolução das emissões com redução da produção de carvão e óleo, 2021-2050



Nota: RE = energia renovável; VRE = energia renovável variável; CBAM = mecanismo de ajuste do limite de carbono; ICE = motor de combustão interna; GW = gigawatt; Gt = gigatonelada; CCS = captura e armazenagem de carbono; BECCS = bioenergia combinada com a captura e armazenagem de carbono; CCU = captura e uso de carbono.

Até 2030, a potência renovável deve alcançar os 10 770 GW globalmente, quase o quádruplo da capacidade atual. A implementação rápida e crescente na próxima década é necessária para definir o cenário para a descarbonização do sistema energético e eletrificação do uso final até 2050. Esse nível de implementação também é uma recomendação chave do Relatório sobre o Tema das Transições Energéticas, desenvolvido pela IRENA, UNEP e UN ESCAP para o Diálogo de Alto Nível sobre Energia das Nações Unidas. A abundância de potenciais de renováveis de custo efetivo em todo mundo torna-os em uma opção escalonável. Para muitos países, isso se traduz em um desafio técnico e econômico para um conjunto de oportunidades de investimento, reguladoras e sociais.

Uma atualização das infraestruturas, a modernização e a expansão são uma alta prioridade na próxima década. Atualizar uma infraestrutura fragilizada ou investir em expansão, é uma parte integrante da transição energética e um facilitador das tecnologias modernas. Isso será particularmente importante na próxima década, uma vez que a cota de renováveis aumenta, requerendo flexibilidade ao sistema e redes modernas. Os desenvolvimentos à infraestrutura devem ser alinhados com planos a longo prazo e que reflitam estratégias mais amplas, incluindo a integração regional e dos mercados.

Esses níveis necessários de implementação serão alcançados até 2030 somente com políticas que suportem essas vias tecnológicas. As políticas de implementação suportam a criação do mercado e isso facilitam o ampliamto, reduz os custos tecnológicos e aumenta os níveis de investimento alinhados com as necessidades da transição energética. Dadas as grande quantidades de finanças públicas que foram injetadas em economias como parte das medidas de recuperação, essas políticas serão modeladas na direção da transição energética e configuram o cenário para o aumento significativo no investimento no setor privado até 2050.

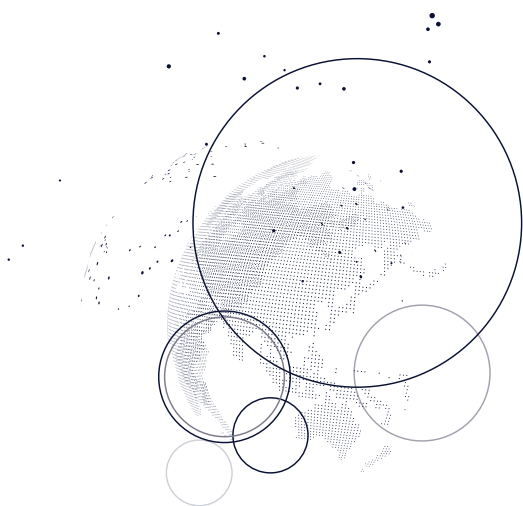


TABELA S.1 Perspectiva das políticas para apoiar as soluções de transição energética

VIA TECNOLÓGICA	OBJETIVO	RECOMENDAÇÕES
Renováveis (energia e usos diretos)	Implementação da energia renovável em usos finais	Essas políticas incluem medidas reguladoras que criam um mercado, bem como incentivos fiscais e financeiros para torná-las mais acessíveis e aumentar sua competitividade de custos em comparação com as soluções baseadas em combustíveis fósseis.
	Implementação da energia renovável no setor energético	A opção do instrumento e seu design deve considerar a natureza da solução (ex., escala dos utilitários, distribuída, fora da rede), o nível de desenvolvimento do setor, a estrutura organizacional dos sistemas energéticos e objetivos de políticas mais amplos.
Conservações e eficiência energética	Aumento da conservação e eficiência energética no aquecimento e refrigeração	Políticas de eficiência energética, como códigos estritos em edifícios, suporte para retroadaptações em edifícios e padrões para aparelhos são críticos para a transição energética em edifícios e processos industriais.
	Aumento da conservação energética nos transportes	Descarbonizar o setor dos transportes, entre outras medidas, requer uma mudança dos modos de requisitos intensivos de energia para os modos com baixos requisitos de carbono.
Eletrificação de usos finais	Eletrificação do aquecimento e refrigeração	As metas para a energia renovável devem considerar a procura crescente da eletrificação de usos finais, em linha com objetivos de descarbonização a longo prazo. Além disso, políticas e o design de sistemas energéticos são necessários para ajudar a eletrificação a alcançar seu potencial para fornecer flexibilidade aos sistemas.
	Eletrificar o transporte	
Hidrogênio verde	Suportar o desenvolvimento do hidrogênio verde	Uma estrutura de políticas favorável deve considerar quatro pilares chave: uma estratégia nacional de hidrogênio verde, definição de prioridades, garantias de políticas de origem e favoráveis.
Bioenergia sustentável	Garantir o uso sustentável da bioenergia	A energia renovável não está isenta de preocupações com a sustentabilidade. Algumas dessas preocupações incluem emissões de gases de efeito estufa relacionados com a alteração do uso da terra e impactos na qualidade do ar e da água e biodiversidade.

Financiamento da transição energética

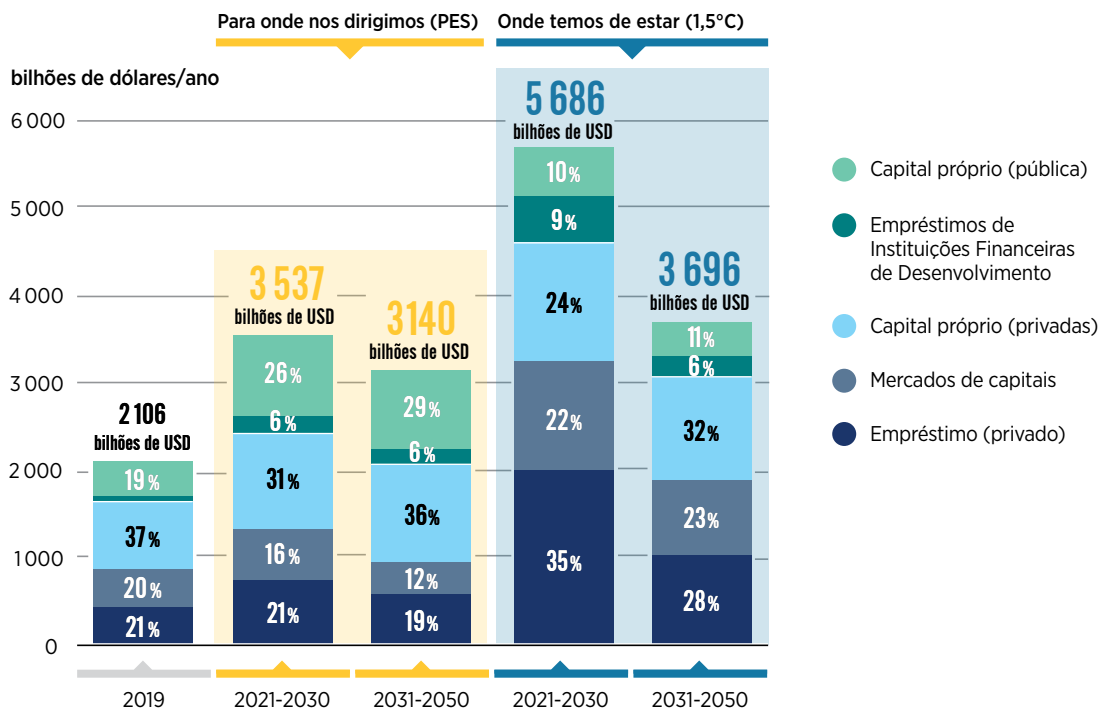
Até 2050, 131 trilhões de dólares americanos terão de fluir para um sistema energético que prioriza vias tecnológicas compatíveis com o cenário 1,5°C. Embora o requisito de financiamento anual, em média, de 4,4 trilhões seja grande, representa 20% da Formação do Capital Fixo Bruto em 2019, equivalente a aproximadamente 5% do Produto Interno Bruto (PIB). Entre agora e 2050, mais de 80% do total de 131 trilhões de dólares americanos devem ser investidos em tecnologias de transição energética, incluindo eficiência, energias renováveis, eletrificação para uso final, redes elétricas, flexibilidade, hidrogênio e inovações projetadas para ajudar as soluções emergentes e de nichos a se tornarem economicamente viáveis.

As estratégias governamentais atuais já prevêm um investimento significativo na energia, em um valor de 98 trilhões de dólares americanos até 2050. Coletivamente referidas nessa Perspectiva como o Cenário Energético Planejado (PES), elas implicam quase o dobro do investimento anual em energia, que, em 2019, era de 2,1 trilhões de dólares americanos. Fundos substanciais fluirão para a modernização de infraestruturas fragilizadas para responder à procura energética crescente. Mas a repartição do financiamento da tecnologia sob o cenário 1,5°C difere muito dos planos atuais: 24 trilhões de dólares americanos dos investimentos planejados deverão ser redirecionados dos combustíveis fósseis para as tecnologias da transição energética entre agora e 2050.

As estruturas de financiamento no Cenário 1,5°C são marcadamente diferentes em termos de fontes de capital (público e privado) e tipos de capital (equidade e dívida). Em 2019, 1,6 trilhões de dólares americanos em bens energéticos foram financiados por fontes privadas, representando 80% do investimento total no setor energético. Essa porcentagem iria crescer dramaticamente sob o Cenário 1,5°C. A cota de capital de dívida deve aumentar de 44% em 2019 para 57% em 2050, quase 20% mais do que sob o PES (ver Figura S.6). As tecnologias de transição energética devem considerar cada vez mais fácil obter um financiamento de crédito a longo prazo acessível, enquanto os investimentos em combustíveis fósseis serão cada vez mais evitados pelos financiadores privados e, por isso, forçados a se apoiar no financiamento de capitais privados de ganhos retidos e emissões de novas ações. Os projetos exigentes de capital e mais descentralizados irão influenciar a percepção de risco dos investidores, que por sua vez, podem necessitar de intervenções políticas e do mercado de capitais específicas.

O financiamento público precisa crescer quase duas vezes mais para catalisar as finanças privadas e garantir um desdobramento justo e inclusivo da transição energética. O financiamento público desempenha um papel crucial ao facilitar a transição energética, já que os mercados sozinhos não devem conseguir se mover suficientemente depressa. Em 2019, o setor público forneceu aproximadamente 450 bilhões de dólares americanos como capitais privados e empréstimos através de instituições financeiras de desenvolvimento. No Cenário 1,5°C da IRENA, esses investimentos quase duplicarão para cerca de 780 bilhões de dólares americanos. O financiamento de dívida pública será um facilitador importante para outros emprestadores, especialmente nos mercados em desenvolvimento com elevado risco real ou previsto. Em certas instâncias, isso pode incluir concessões para reduzir o custo do financiamento. Os fundos públicos também são necessários para criar um ambiente propício à transição e para garantir que ela ocorra suficientemente depressa e com ótimos resultados socioeconômicos.

FIGURA S.6 Investimento anual médio total por fonte e tipo de financiamento: 2019, PES e Cenário 1,5°C (2021-2030 e 2031-2050)



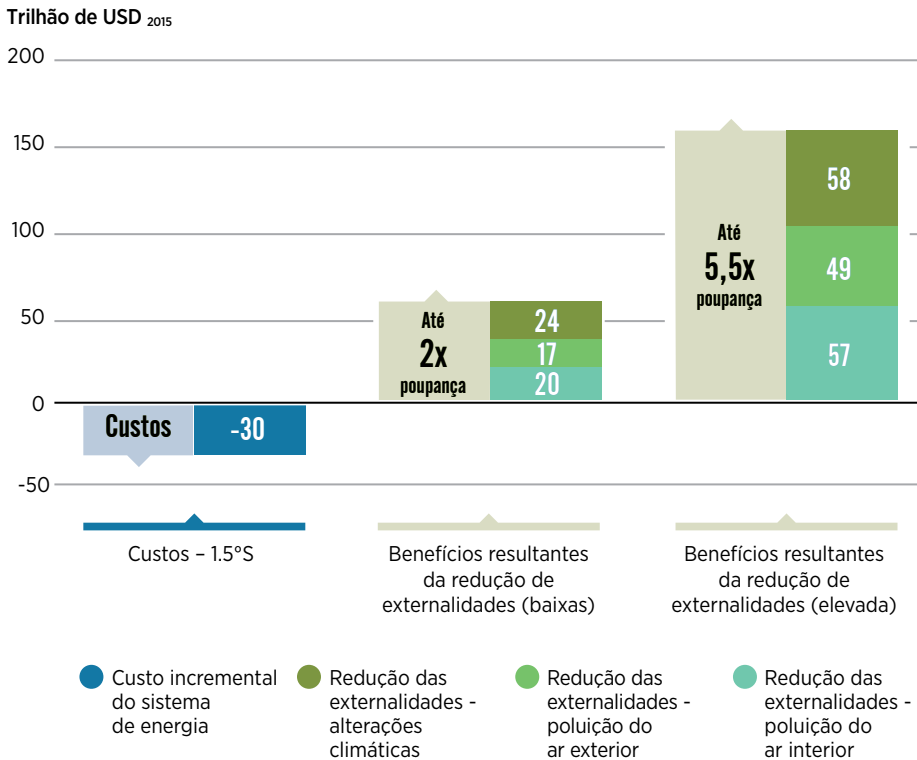
Fontes: Para o investimento em 2019: fonte e tipo de financiamento BNEF (2021a), IEA (2020a), IRENA e CPI (2020); para o PES e Cenário 1,5°C: Análise da IRENA e BCG.

As medidas para eliminar as distorções de mercado que favorecem os combustíveis fósseis, acopladas com incentivos para soluções para a transição energética, facilitarão as alterações necessárias nas estruturas de financiamento. Isso envolverá a interrupção dos subsídios aos combustíveis fósseis e a mudança dos sistemas fiscais para refletirem os custos ambientais, da saúde e sociais negativos do sistema energético baseado nos combustíveis fósseis. As políticas monetárias e fiscais, incluindo as políticas de preços do carbono, irão melhorar a competitividade das soluções relacionadas com a transição. Tais intervenções devem ser acompanhadas de uma avaliação cuidadosa das dimensões sociais e da equidade para garantir que a situação das populações de baixo rendimento não seja piorada, mas melhorada.

Pegada socioeconômica da transição energética

O investimento no Cenário 1,5°C resultará em uma compensação cumulativa de, pelo menos, 61 trilhões de dólares americanos até 2050. O balanço global da transição energética é positivo, com os benefícios excedendo largamente os custos. Os custos da redução das emissões varia por tecnologia e setor, mas os custos incrementais são significativamente mais baixos que os benefícios alcançadas pelo corte das externalidades negativas. A IRENA estima que, sob o Cenário 1,5°C, cada dólar gasto na transição energética deve produzir benefícios entre 2 e 5,5 dólares provenientes das externalidades da saúde humana e do ambiente. Em termos cumulativos, o custo adicional de 30 trilhões implicado pelo Cenário 1,5°C até 2050 resultará em um retorno entre 61 e 164 trilhões de dólares americanos.

FIGURA S.7 Diferença cumulativa entre custos e benefícios do Cenário 1,5°C comparado com o PES, 2021-2050



A transição energética vai muito além da tecnologia e traz alterações estruturais profundas que irão afetar de forma importante as economias e as sociedades. A IRENA continua a capturar uma imagem cada vez mais abrangente dos impactos socioeconômicos da transição energética. Os resultados apresentados nesta *Perspectiva* demonstram que os passos na direção de um futuro energético descarbonizado afetarão positivamente a atividade econômica, os empregos e o bem estar, desde que uma estrutura de políticas holística seja implementada. Na análise, as políticas existentes nos países são complementadas com políticas climáticas para se alcançarem as metas da transição energética enquanto se resolvem os desafios distribucionais para resultados justos e inclusivos.

O Caminho 1,5°C fornece um impulso no PIB que é 2,4% superior (em média) ao do PES durante a próxima década, alinhado com as necessidades de uma recuperação pós-COVID. No período de transição até 2050, a melhoria média do PIB está estimada em 1,2% sobre o PES. O crescimento adicional no PIB será fomentado pelo investimento em todas as várias dimensões da transição energética, levando a múltiplos ajustes entre setores econômicos interdependentes. A procura reduzida de combustíveis fósseis leva a ganhos menores no setor de mineração e das refinarias de petróleo, bem como no setor governamental (devido a royalties mais baixos dos combustíveis fósseis), resultando em impactos negativos no PIB em certos países. Essa realidade destaca a necessidade de uma estrutura política holística capaz de resolver as alterações estruturais causadas por uma dependência reduzida nos combustíveis fósseis.

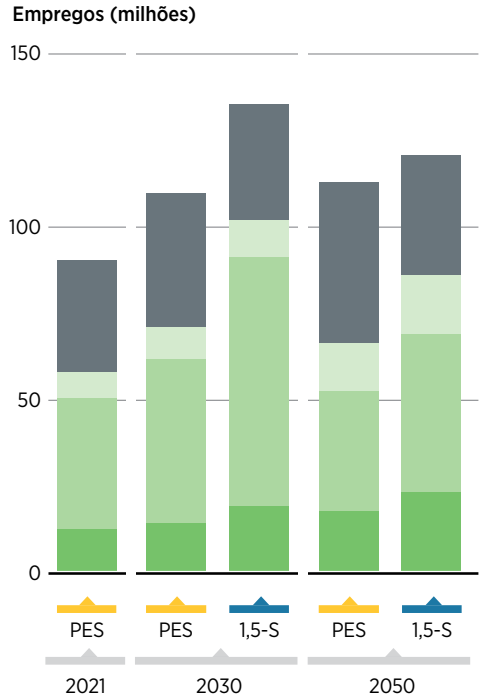
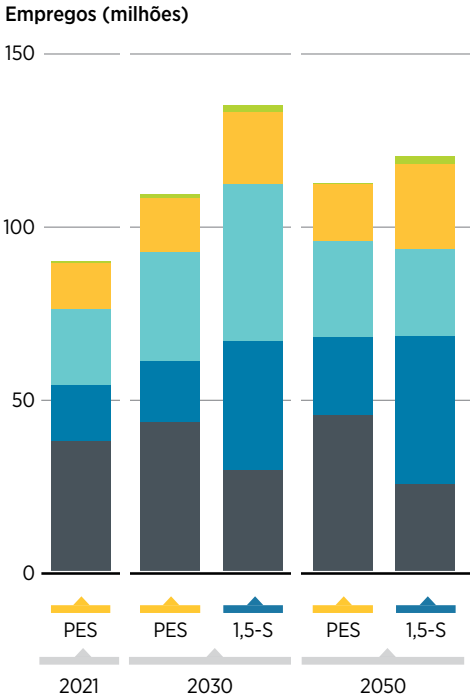
Ao longo do período de transição, o nível geral de emprego na economia global é 0,9% superior em média sob o Cenário 1,5°C do que sob o PES. Um dos impactos positivos principais no emprego vem do investimento em soluções da transição energética, incluindo as renováveis, melhoramento da rede e eficiência energética. A mudança do investimento dos combustíveis fósseis (extração e geração de energia) e outros setores para a transição energética diminui a procura do trabalho nos setores dos combustíveis fósseis e não energéticos e ao longo de suas cadeias de valor.



Um setor energético transformado terá 122 milhões de empregos em 2050. Qualificações, capacidades e ocupações sob o ambicioso cenário 1,5°C estão cada vez mais concentradas nas atividades de manufatura, seguida do suprimento de combustível. O treinamento para essas ocupações é relativamente simples e oferece oportunidades para os funcionários do setor dos combustíveis fósseis. Os requisitos educacionais para a mão de obra evoluirão durante a transição, com um aumento contínuo da cota e número de funcionários com educação primária e um pico de funcionários com educação terciária até 2030.

FIGURA S.8 Empregos no setor energético sob o PES e o Cenário 1,5°C (milhão), resultados globais

FIGURA S.9 Empregos no setor energético, por segmento da cadeia de valor, no Cenário 1,5°C e PES (excluindo veículos)



- Hidrogênio
- Redes de energia e flexibilidade energética
- Eficiência energética e bombas de calor
- Renováveis
- Combustíveis fósseis
- Nuclear

- Abastecimento de combustível
- Operação e manutenção
- Manufatura
- Construção e instalação

Baseado na análise da IRENA.

Baseado na análise da IRENA.

Os empregos no setor das energias renováveis irão aumentar para 43 milhões em 2050. No PES, os empregos no setor das energias renováveis aumentam 9% dos valores de 2021 para alcançarem os 18 milhões em 2030 e 23 milhões em 2050. Por contraste, o Cenário 1,5°C leva a um ganho muito maior até 2030, com os empregos no setor das renováveis mais do que triplicando para 38 milhões na próxima década. A energia solar fotovoltaica (FV) conta para a maior cota, seguida da bioenergia, eólica e bioenergia. A construção, instalação e fabricação impulsionam os empregos no setor das renováveis durante a próxima década, com a operação e manutenção ganhando um peso relativo à medida que a transição avança sob o Cenário 1,5°C.

FIGURA S.10 Empregos no setor das energias renováveis, por tecnologia, no Cenário 1,5°C e PES (milhão)

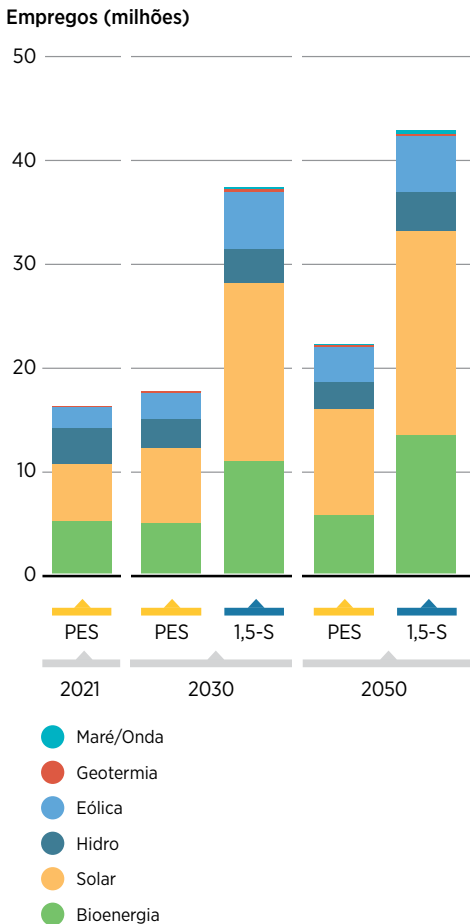
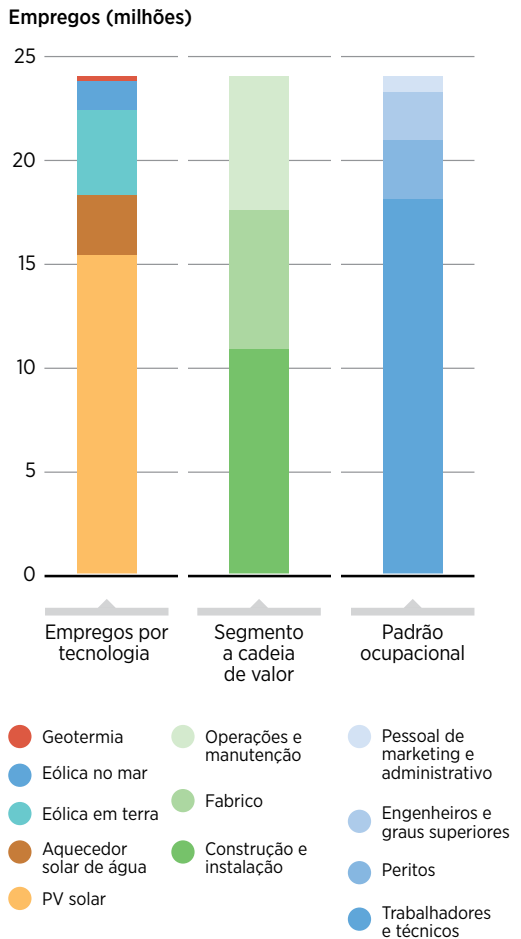


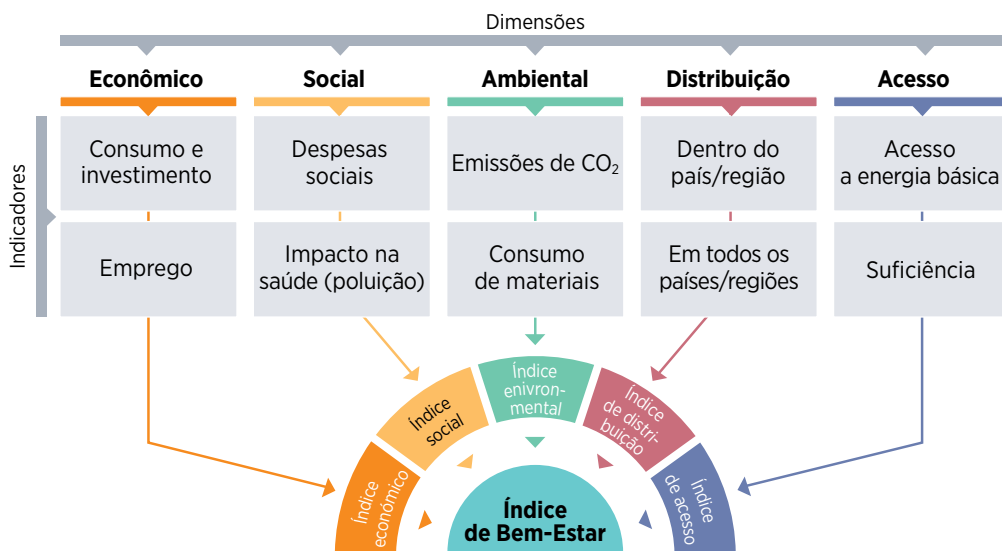
FIGURA S.11 Estrutura dos empregos no Cenário 1,5°C até 2050 para um subconjunto de tecnologias renováveis por tecnologia, segmento da cadeia de valor e requisitos ocupacionais



Baseado na análise da IRENA.

O Índice de Bem Estar da Transição Energética da IRENA captura as dimensões econômicas, sociais, ambientais, distribucionais e de acesso energético. Pela primeira vez, o Índice reporta as dimensões do acesso distribucional e energético que são frequentemente ignoradas em outras análises. A medição do impacto da transição ao longo dessas dimensões fornece uma base quantitativa para os mapas projetados receberem todas as vantagens socioeconômicas e ambientais da transição.

FIGURA S.12 Estrutura do Índice de Bem Estar da Transição Energética da IRENA



O Cenário 1,5°C tem um melhor resultado que o PES ao longo das dimensões de bem estar, resultando numa melhoria de 11% sobre o PES até 2050.

- A **dimensão econômica** é semelhante para ambos os cenários, refletindo a relativamente pequena cota do setor energético e mão de obra globais.
- A **dimensão ambiental** assiste a uma melhoria de 30% sobre o PES com emissões significativamente menores abaixo do Cenário 1,5°C, embora o aumento do consumo de materiais coloque desafios à sustentabilidade.
- A **dimensão social** melhora 23% sob o Cenário 1,5°C em grande parte devido aos resultados melhorados na saúde derivados da redução da poluição interior e exterior. Os gastos sociais contribuem com um papel muito menor.
- A **dimensão distribucional** melhora 37% sobre o PES; entretanto, o índice permanece baixo em um sentido absoluto, indicando potenciais barreiras de equidade. Na realidade, ambas as dimensões sociais e distribucionais reduzem o Índice de Bem Estar da Transição Energética global – e essas realidades merecem mais atenção das políticas.
- A **dimensão do acesso energético** cresce 7% sob o Cenário 1,5°C em comparação com o PES quando o acesso da energia universal e os níveis suficientes são alcançados.

Os impactos socioeconômicos variam ao nível regional e nacional. Os agregados globais mascaram diferenças importantes no modo como a transição energética afeta as regiões e países e como os benefícios são distribuídos. O que é claro é que os mapas da transição energética e suas implicações socioeconômicas estão estreitamente ligados à estrutura de políticas, sendo essas ligações mais fortes à medida que as ambições se alinham com o Caminho 1,5°C. O envolvimento dos governos na transição deve ser acompanhado de cooperação internacional, para se garantir que os benefícios e custos da transição sejam igualmente compartilhados.

TABELA S.2 Perspectiva da alteração estrutural e políticas de transição justas

OBJETIVO	RECOMENDAÇÕES
Resolver desalinhamentos potenciais nos mercados de trabalho	Garantir uma transição justa e equilibrada irá requerer medidas para ultrapassar desequilíbrios temporais, geográficos e relacionados com competências.
Desenvolvimento de cadeias de valor locais	O aperfeiçoamento e alavancagem das capacidades domésticas requer incentivos e regras cuidadosamente projetados, iniciativas de incubação comercial, programas de desenvolvimento de fornecedores, suporte para pequenas e médias empresas e promoção de aglomerados industriais chave.
Fornecer capacidade para a educação e construção	A exposição antecipada a tópicos relacionados com a energia renovável e carreiras é vital para cativar os interesses dos jovens na busca de uma carreira no setor e também para aumentar a aceitação social por uma cidadania informada.
Suportar uma economia circular	Políticas e medidas são necessárias para garantir a sustentabilidade das soluções relacionadas com a transição energética e sua integração gradual nos ecossistemas existentes em termos de sustentabilidade, princípios de economia circular e impactos ambientais reduzidos.
Suporte às comunidades e ao compromisso dos cidadãos	A energia comunitária pode desempenhar um papel importante na aceleração da implementação das renováveis enquanto gera benefícios socioeconômicos locais e aumenta o apoio público para as transições energéticas locais.

Uma estrutura abrangente para a transição energética

As medidas das políticas e os investimentos em transições energéticas podem conduzir uma mudança estrutural mais ampla para economias e sociedades resilientes. O setor energético tem de ser observado como uma parte integrante da economia mais ampla, para se compreender totalmente o impacto da transição e garantir que ela seja atempada e justa. As regiões e países têm vários pontos de arranque, prioridades e recursos socioeconômicos, e todos eles modelam o escopo e ritmo de sua transição energética. As transições energéticas ativam alterações estruturais que trazem benefícios, bem como desafios, e esses desafios aparecem sob a forma de desalinhamentos nas finanças, mercados de trabalho, sistemas energéticos e no próprio setor energético. Esses desalinhamentos, se não forem bem gerenciados, arriscam resultados desiguais e um abrandamento da transição energética. Políticas justas e integradas - implementadas por instituições fortes - são imperativas para se alcançar todo o potencial da transição energética.

A cooperação internacional é uma peça essencial da transição energética global. Uma estrutura de política holística global é necessária para juntar os países para se comprometerem com uma transição justa que não deixe ninguém para trás e reforce o fluxo internacional de finanças, competências e tecnologias. As políticas climáticas representam um elemento crucial em uma estrutura dessas. Outras medidas devem incluir políticas fiscais (como preços de carbono adequados que cubram as emissões através dos setores) e financiamento público para fomentarem a implementação, criar condições vantajosas e garantir uma transição justa e estável. Os elementos do último imperativo incluem o desenvolvimento industrial, educação e treinamento e proteção social. Os recursos financeiros necessários não estarão sempre disponíveis domesticamente. A cooperação internacional será necessária para prestar esse apoio, particularmente aos países menos desenvolvidos e estados em desenvolvimento em pequenas ilhas.

FIGURA S.13 Estrutura de políticas favorável para uma transição energética justa e inclusiva

