

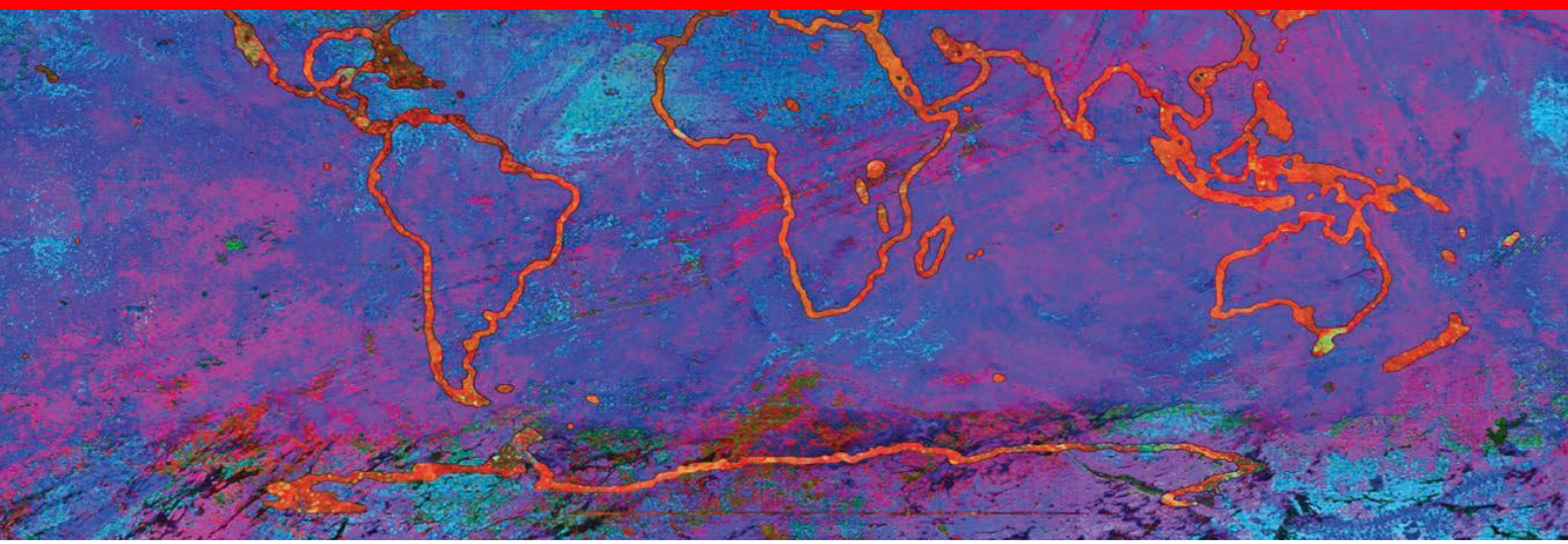


**“Um Alerta Vermelho para a Humanidade”:
As principais conclusões dos três relatórios de
avaliação (AR6) do IPCC de 2021 e 2022**



Wagner Rodrigues Soares

Wesley de Souza Campos Correa



Sumário

1. Introdução.....	5
2. Métrica utilizada nos relatórios de avaliação AR6 do IPCC.....	6
3. Cenários SSPs (Shared Socio-economic Pathways) “Caminhos Socioeconômicos Compartilhados”.....	6
4. Relatório de avaliação “ <i>Climate Change 2021: The Physical Science Basis</i> ” (Mudança Climática 2021: A Base Física da Ciência).....	10
5. Relatório de avaliação “ <i>Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability</i> ” (Mudanças Climáticas 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade).....	20
6. Relatório de avaliação “ <i>Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability</i> ” (Mudanças Climáticas 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade).....	33
7. Referências.....	52

“Um Alerta Vermelho para a Humanidade”: Os três relatórios de avaliação (AR6) do IPCC de 2021 e 2022

Wagner Rodrigues Soares^{(a), (b)}

Wesley de Souza Campos Correa^{(a), (b)}

^(a)Universidade Federal do Espírito Santo-UFES

^(b) Instituto de Estudos Climáticos-IEC-ES

1. Introdução

Neste material é feita uma revisão do estado da arte em relação às mudanças climáticas a partir das principais conclusões dos Resumos para formuladores de políticas (*Summary for policy Makers*) contidos nos três recentes relatórios de avaliação do *International Panel on Climate Change - IPCC-AR6 (Sixth Assessment Report)*^(1,2,3) lançados em 2021 e 2022: o relatório “*Climate Change 2021: The Physical Science Basis*”⁽¹⁾, elaborado pelo Grupo de Trabalho I (WGI) publicado em agosto de 2021, o relatório “*Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*”⁽²⁾ elaborado pelo Grupo de Trabalho II (WGII), publicado em fevereiro de 2022 e o relatório “*Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*”⁽³⁾ elaborado pelo Grupo de Trabalho III (WGIII) do IPCC-AR6 lançado em abril de 2022, os quais enfatizam a emergência climática a partir da sentença “*Um alerta Vermelho para a Humanidade*”.

O IPCC fornece avaliações regulares da base científica das mudanças climáticas, seus impactos e riscos futuros, além de opções de adaptação e mitigação. Os relatórios abrangem uma ampla gama de disciplinas no cumprimento do mandato do IPCC, objetivando avaliar informações científicas, tecnológicas e socioeconômicas para fornecer aos formuladores de políticas uma visão clara do estado atual do conhecimento científico relevante as mudanças climáticas. Criado em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o objetivo do IPCC é fornecer aos governos em todos os níveis informações científicas que possam ser usadas para desenvolver políticas climáticas. Os relatórios do IPCC também são uma contribuição fundamental para as negociações internacionais sobre mudanças climáticas.

A contribuição do WGI, para o Sexto Relatório de Avaliação, aborda a compreensão física mais atualizada do sistema climático e das mudanças climáticas, reunindo os mais recentes avanços na ciência do clima. O WGII avalia os impactos das mudanças climáticas, analisando os ecossistemas, a biodiversidade e as comunidades humanas nos níveis global e regional. Também, são analisadas as vulnerabilidades, as capacidades, os limites do mundo natural e das sociedades humanas para adaptação às mudanças

climáticas. O relatório do WGIII fornece uma avaliação global atualizada do progresso e das promessas de mitigação das mudanças climáticas e examina as fontes de emissões globais, explicando os desenvolvimentos nos esforços de redução e mitigação de emissões, avaliando o impacto dos compromissos climáticos nacionais em relação às metas de emissões de longo prazo.

O IPCC não realiza pesquisas próprias, não realiza simulações em modelos ou faz medições de clima ou fenômenos climáticos. Seu papel é avaliar a literatura científica, técnica e socioeconômica relevante para entender as mudanças climáticas, seus impactos e riscos futuros, bem como, opções de adaptação e mitigação. As equipes de autores avaliam criticamente todas essas informações de qualquer fonte que deva ser incluída no relatório. Os autores fazem uma extensa revisão bibliográfica acessando dezenas de milhares de publicações científicas que são referenciadas nos relatórios. O número de comentários de especialistas de diversas áreas do conhecimento no relatório do WGI é de 51,387, no WGII de 40,293 e no WGIII de 32,665 respectivamente. Os governos são convidados em diferentes etapas a comentar a avaliação científica, técnica e socioeconômica e o equilíbrio geral dos projetos. Atualmente 195 governos participaram do IPCC entre eles o Brasil.

2. Métrica utilizada nos relatórios de avaliação AR6 do IPCC

Nos relatórios AR6 do IPCC cada descoberta é fundamentada em uma avaliação de evidências e concordância subjacentes. Um **nível de confiança** é expresso usando cinco qualificadores: **muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto** e escrito em itálico, por exemplo, *média confiança*. Os termos a seguir foram usados para indicar a **probabilidade avaliada de um desfecho ou resultado: probabilidade virtualmente certa de 99–100%; muito provavelmente 90-100%; provável 66–100%; quase tão provável quanto não 33-66%; improvável 0–33%; muito improvável 0-10%; e excepcionalmente improvável 0-1%**. Termos adicionais (**extremamente provável 95–100%; mais provável do que não >50–100%; e extremamente improvável 0–5%**) também são usados quando apropriado.

3. Cenários SSPs (Shared Socio-economic Pathways) “Caminhos Socioeconômicos Compartilhados”

Os novos cenários desenvolvidos no CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project – “Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados”) em sua fase 6^(4,5,7,8) e utilizados no IPCC-AR6⁽¹⁾, são identificados como: SSPs (Shared Socio-economic Pathways) “Caminhos Socioeconômicos Compartilhados”. São os cenários mais complexos criados até o momento e abrangem desde uma mitigação muito ambiciosa até um crescimento contínuo das emissões. O cenário de mitigação mais ambicioso foi projetado especificamente para se alinhar com o limite inferior da meta de temperatura global do Acordo de Paris de manter o aumento da temperatura global abaixo de 2° C acima dos níveis pré-industriais, buscando esforços para limitar o aumento a 1.5° C. Os cinco SSPs foram criados, com suposições variadas sobre o desenvolvimento humano, incluindo: população, educação, urbanização, produto interno bruto (PIB), crescimento econômico, taxa de desenvolvimento tecnológico, emissões de gases de efeito estufa (GEE) e aerossóis, oferta e demanda de energia, mudanças do uso e cobertura da terra, etc. Os SSPs foram projetados para funcionar em combinação com uma versão atualizada dos

Representative Concentration Pathway (RCPs). Os novos RCPs definem as forças radiativas estabilizadas (a diferença entre a radiação solar recebida do sol e a energia de saída irradiada de volta para o espaço pela Terra) no final do século e, portanto, o nível de política de mudança do clima necessário para que um determinado SSP atinja esse forçamento. Os SSPs refletem a dificuldade e o sucesso associado ou os desafios de implementar quaisquer políticas globais ou estratégias de mitigação ou adaptação frente as mudanças climáticas. Os SSPs são rotulados de SSP1 a SSP5. A tabela 1 mostra uma visão geral de cada uma das cinco narrativas de cenários.

Tabela 1. Características dos cenários SSPs ^(4,5,7,8).

Cenários	Características
SSP1	<p>Sustentabilidade - Tomando o caminho verde (baixos desafios para mitigação e adaptação)</p> <ul style="list-style-type: none"> • O mundo muda gradualmente, mas de forma generalizada, em direção a um caminho mais sustentável, enfatizando o desenvolvimento mais inclusivo que respeita os limites ambientais percebidos. • A gestão dos bens comuns globais melhora lentamente, os investimentos em educação e saúde, aceleram a transição demográfica e a ênfase no crescimento econômico, mudando para uma ênfase mais ampla do bem-estar humano. • Impulsionada por um compromisso cada vez maior de alcançar as metas de desenvolvimento, a desigualdade é reduzida tanto entre os países quanto dentro deles. • O consumo é orientado para o baixo crescimento material e a menor intensidade de recursos e energia.
SSP2	<p>Meio do caminho - (desafios médios para mitigação e adaptação)</p> <ul style="list-style-type: none"> • O mundo segue um caminho no qual as tendências sociais, econômicas e tecnológicas não se afastam acentuadamente dos padrões históricos. • O desenvolvimento e o crescimento da renda prosseguem de forma desigual, com alguns países fazendo progressos relativamente bons, enquanto outros ficam aquém das expectativas. • Instituições globais e nacionais trabalham para alcançar as metas de desenvolvimento sustentável, mas fazem progressos lentos. • Os sistemas ambientais sofrem com a degradação, embora haja melhorias e, em geral, a intensidade do uso dos recursos e da energia diminui. • O crescimento da população global é moderado e estabiliza na segunda metade do século. • A desigualdade de renda persiste ou melhora apenas lentamente e os desafios para reduzir a vulnerabilidade às mudanças sociais e ambientais permanecem.
SSP3	<p>Rivalidade regional - Uma estrada rochosa (altos desafios para mitigação e adaptação)</p> <ul style="list-style-type: none"> • O nacionalismo ressurgente, preocupações com competitividade e segurança e conflitos regionais, levam os países a concentrarem cada vez mais em questões domésticas ou, no máximo, regionais. • As políticas mudam ao longo do tempo para tornarem-se cada vez mais orientadas para questões de segurança nacional e regional. • Os países concentram-se em alcançar metas de segurança energética e alimentar em suas próprias regiões em detrimento de um desenvolvimento mais amplo. • Os investimentos em educação e desenvolvimento tecnológico diminuem. • O desenvolvimento econômico é lento, o consumo é material-intensivo e as desigualdades persistem ou pioram ao longo do tempo.

	<ul style="list-style-type: none"> • O crescimento populacional é baixo nos países industrializados e alto nos países em desenvolvimento. • A baixa prioridade internacional para abordar as preocupações ambientais leva a uma forte degradação ambiental em algumas regiões.
SSP4	<p>Desigualdade - Um caminho dividido (baixos desafios para mitigação, altos desafios para adaptação)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investimentos altamente desiguais em capital humano, combinados com crescentes disparidades em oportunidades econômicas e poder político, levam a crescentes desigualdades e estratificação tanto entre os países quanto dentro deles. • Com o tempo, aumenta a lacuna entre uma sociedade internacionalmente conectada que contribui para setores intensivos em conhecimento e capital da economia global e uma coleção fragmentada de sociedades de baixa renda e baixa escolaridade que trabalham em uma economia de baixa tecnologia e mão de obra intensiva. • A coesão social degrada, o conflito e a agitação tornam-se cada vez mais comuns. • O desenvolvimento tecnológico é alto na economia e nos setores de alta tecnologia. • O setor de energia conectado globalmente se diversifica, com investimentos em combustíveis intensivos em carbono, como carvão e petróleo não convencional, mas também em fontes de energia de baixo carbono. As políticas ambientais se concentram em questões locais em torno de áreas de média e alta renda.
SSP5	<p>Desenvolvimento movido a combustíveis fósseis - Pegando a estrada (altos desafios para mitigação, baixos desafios para adaptação)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Este mundo coloca cada vez mais fé em mercados competitivos, inovação e sociedades participativas para produzir rápido progresso tecnológico e desenvolvimento do capital humano como o caminho para o desenvolvimento sustentável. • Os mercados globais estão cada vez mais integrados. • Há também fortes investimentos em saúde, educação e instituições para aumentar o capital humano e social. • Ao mesmo tempo, o impulso para o desenvolvimento econômico e social está associado à exploração de recursos abundantes de combustíveis fósseis e à adoção de estilos de vida intensivos em recursos e energia em todo o mundo. • Todos esses fatores levam ao rápido crescimento da economia global, enquanto a população global atinge picos e declínios no século XXI. • Problemas ambientais locais, como a poluição do ar, são gerenciados com sucesso. • Há fé na capacidade de gerir eficazmente os sistemas sociais e ecológicos, inclusive por geoengenharia, se necessário.

Cada SSP gera uma projeção futura correspondente de emissões de gases de GEE e mudanças no uso e cobertura da terra sob o enredo básico do cenário. Os diferentes cenários de políticas levam a diferentes níveis de forçamento radiativo (uma medida da extensão em que os GEEs na atmosfera aquecem ou resfriam o clima, medido em watts por metro quadrado (W/m^2) até o ano 2100 e variam de $1.9 W/m^2$ (SSP1-1.9) a $8.5 W/m^2$ (SSP5-8.5) como mostra a figura 1⁽¹⁾. Valores mais altos de emissões representam aquecimento climático mais intenso.

O SSP1 e SSP5 projetam tendências relativamente otimistas para o desenvolvimento humano, com investimentos substanciais em educação e saúde, rápido crescimento econômico e instituições que funcionam bem. No entanto o SSP5 pressupõe uma economia baseada em combustíveis fósseis e intensiva em energia, enquanto no SSP1 há uma crescente mudança em direção a práticas sustentáveis. Os SSPs 3 e 4 projetam tendências de desenvolvimento mais pessimistas, com pouco investimento em educação ou saúde, população em rápido crescimento e desigualdades crescentes. No SSP3, os países priorizam a segurança regional, enquanto no SSP4 predominam grandes desigualdades dentro e entre países, nos dois casos, levando a sociedades altamente vulneráveis às mudanças climáticas. Já o SSP2 projeta um caminho central no qual as tendências continuam seus padrões históricos sem desvios substanciais.

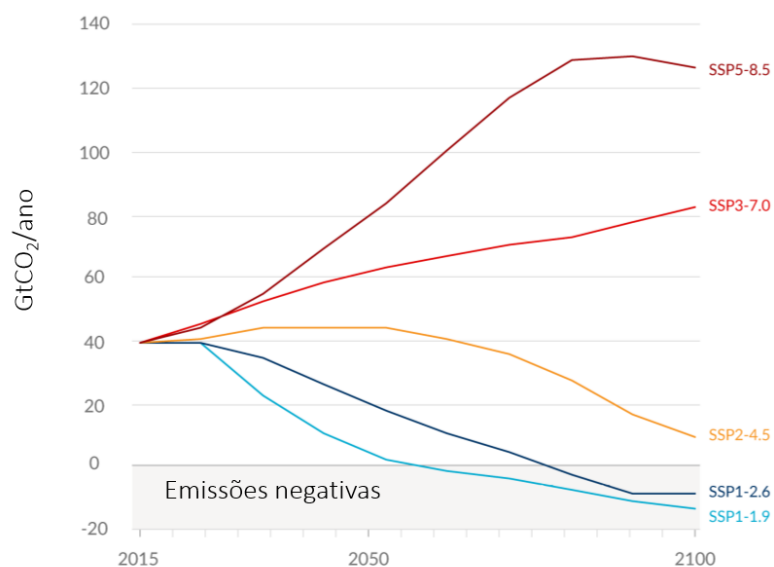


Figura 1. Emissões de CO₂ dos cinco principais cenários SSPs em GtCO₂/ano. Adaptada de IPCC 2021⁽¹⁾.

As informações sobre as mudanças na temperatura da superfície global e outros impactos dos SSPs serão mostrados ao longo deste capítulo.

4. Relatório de avaliação “*Climate Change 2021: The Physical Science Basis*” (Mudança Climática 2021: A Base Física da Ciência)

Este relatório avalia a base física das mudanças climáticas do passado, do presente e do futuro. Examina como as emissões antrópicas estão levando a mudanças no sistema terrestre e mostra como essas mudanças nos levaram a sofrer os impactos climáticos já no nível atual de aquecimento, bem como, mapear por meio de cenários climáticos, como esses impactos podem aumentar se as emissões e temperaturas continuarem a aumentar sem controle.

O estado atual do clima

- É *inequívoco* que a influência humana aqueceu a atmosfera, o oceano e a terra. Ocorreram mudanças amplas e rápidas na atmosfera, oceano, criosfera e biosfera. Os aumentos observados nas concentrações dos gases de efeito estufa (GEE) desde por volta de 1750 são inequivocamente causados por atividades humanas. Desde 2011, as concentrações continuaram a aumentar na atmosfera, atingindo médias anuais de 410 ppm para o dióxido de carbono (CO₂), 1866 ppb para o metano (CH₄) e 332 ppb para o óxido nitroso (N₂O) em 2019. A terra e o oceano absorveram uma proporção quase constante (globalmente cerca de 56% ao ano) das emissões de CO₂ das atividades humanas nas últimas seis décadas, com diferenças regionais (*alta confiança*).
- O intervalo *provável* do aumento total da temperatura da superfície global causado pelo homem de 1850-1900 a 2010-2019 é de 0,8° C a 1,3° C, com uma melhor estimativa de 1,07° C. É *provável* que GEEs tenham contribuído com um aquecimento de 1,0° C a 2,0° C, outros drivers humanos (principalmente aerossóis) contribuíram com um resfriamento de 0,0°C a 0,8°C, drivers naturais mudaram a temperatura da superfície global em -0,1°C para 0,1°C, e a variabilidade interna alterou-a de -0,2°C para 0,2°C. É *muito provável* que GEEs tenham sido o principal fator do aquecimento troposférico desde 1979, e é *extremamente provável* que a destruição do ozônio estratosférico causada pelo homem tenha sido o principal fator de resfriamento da baixa estratosfera entre 1979 e meados da década de 1990.
- É *praticamente certo* que o oceano superior global (0-700 m de profundidade) aqueceu desde a década de 1970 e é *extremamente provável* que a influência humana seja o principal fator. É *praticamente certo* que as emissões de CO₂ causadas pelo homem são o principal drive da atual acidificação global da superfície do oceano. Existe uma *grande confiança* de que os níveis de oxigênio caíram em muitas regiões oceânicas superiores. A precipitação média global sobre a terra provavelmente aumentou desde 1950, com uma taxa de aumento mais rápida desde a década de 1980 (*média confiança*). É *provável* que a influência humana tenha contribuído para o padrão de mudanças observadas na precipitação desde meados do século XX, e é *extremamente provável* que a influência humana tenha contribuído para o padrão de mudanças observadas na salinidade do oceano próximo à superfície. As trilhas das tempestades de latitude média provavelmente mudaram para os pólos em ambos os hemisférios desde a década de 1980, com marcada sazonalidade nas tendências (*média confiança*). Para o Hemisfério Sul, a influência humana *muito provavelmente* contribuiu para a mudança para os pólos do jato extratropical intimamente relacionado no verão austral.

- É *praticamente certo* que extremos de calor (incluindo ondas de calor) se tornaram mais frequentes e mais intensos na maioria das regiões terrestres desde a década de 1950, enquanto extremos de frio (incluindo ondas de frio) tornaram-se menos frequentes e menos severos, com *alta confiança* de que a mudança no clima induzido pelo homem é o principal drive dessas mudanças. Alguns extremos de calor recentes observados na última década teriam sido *extremamente improváveis* de ocorrer sem a influência humana no sistema climático. As ondas de calor marinhas praticamente dobraram em frequência desde a década de 1980 (*alta confiança*), e a influência humana muito provavelmente contribuiu para a maioria delas desde pelo menos 2006.
- A frequência e a intensidade de eventos de precipitação intensa aumentaram desde a década de 1950 na maioria das áreas terrestres para as quais os dados observacionais são suficientes para a análise de tendências (*alta confiança*), e a mudança climática induzida pelo homem é *provavelmente* o principal fator. A mudança climática induzida pelo homem contribuiu para o aumento das secas agrícolas e ecológicas em algumas regiões devido ao aumento da evapotranspiração na terra (*média confiança*).
- A influência humana *provavelmente* aumentou a chance de eventos extremos compostos desde a década de 1950. Isso inclui aumentos na frequência de ondas de calor e secas simultâneas em escala global (*alta confiança*); clima favorável ao fogo em algumas regiões de todos os continentes habitados (*média confiança*); e alagamentos compostos em alguns locais (*média confiança*).

Futuros climáticos possíveis

- Em comparação com 1850-1900, a temperatura média da superfície global entre 2081-2100 provavelmente será maior em 1,0° C a 1,8° C sob o cenário de emissões muito baixas de GEE considerado (SSP1-1.9), em 2,1° C a 3,5° C no cenário intermediário de emissões de GEE (SSP2-4.5) e de 3,3° C a 5,7° C no cenário de emissões de GEE muito altas (SSP5-8.5). A última vez que a temperatura da superfície global foi mantida em 2,5° C ou acima 1850-1900 foi há mais de 3 milhões de anos (*média confiança*).
- Com base na avaliação de várias linhas de evidência, o aquecimento global de 2° C, relativo a 1850-1900, seria excedido durante o século XXI sob os cenários de emissões de GEE altas e muito altas (SSP3-7.0 e SSP5- 8.5, respectivamente). O aquecimento global de 2° C seria *extremamente provavelmente* excedido no cenário intermediário de emissões de GEE (SSP2-4.5). Sob os cenários de emissões de GEE muito baixas e baixas, é *extremamente improvável* que o aquecimento global de 2° C seja excedido (SSP1-1.9) ou *improvável* de ser excedido (SSP1-2.6). Cruzando o nível de aquecimento global de 2° C no médio prazo (2041–2060) é *muito provável* de ocorrer no cenário de emissões de GEE muito altas (SSP5-8.5), *provável* de ocorrer no cenário de emissões de GEE altas (SSP3-7.0), e *mais provável* do que não ocorrer no cenário intermediário de GEE cenário de emissões (SSP2-4.5).
- O aquecimento global de 1,5° C em relação a 1850-1900 seria excedido durante o século XXI sob os cenários de emissões de GEE intermediários, altos e muito altos (SSP2-4.5, SSP3 7.0 e SSP5-8.5, respectivamente). Sob os cinco cenários ilustrativos, no curto prazo (2021–2040), o nível de aquecimento global de 1,5° C *provavelmente* será excedido no cenário de emissões de GEE muito altas (SSP5-8.5), *provavelmente*

superado nos níveis intermediário e cenários de altas emissões de GEE (SSP2-4.5 e SSP3-7.0), *mais provável* que não seja excedido sob o cenário de baixas emissões de GEE (SSP1-2.6) e *mais provável* que não seja alcançado sob o cenário muito baixo de emissões de GEE (SSP1-1.9). Além disso, para o cenário de emissões de GEE muito baixas (SSP1-1.9), é *mais provável* que a temperatura da superfície global volte a cair abaixo de 1,5° C no final do século XXI, com uma ultrapassagem temporária de não mais que 0,1 ° C acima de 1,5° C aquecimento global.

- Com cada incremento adicional do aquecimento global, as mudanças nos extremos tornam-se maiores. Por exemplo, cada 0,5° C adicional de aquecimento global causa aumentos discerníveis na intensidade e frequência de extremos quentes, incluindo ondas de calor (*muito prováveis*) e fortes precipitações (*alta confiança*), bem como secas agrícolas e ecológicas em algumas regiões (*alta confiança*). Mudanças perceptíveis na intensidade e na frequência das secas meteorológicas, com mais locais mostrando aumentos do que diminuições, são observadas em algumas regiões com 0,5° C adicional de aquecimento global (*média confiança*). Os aumentos na frequência e intensidade das secas hidrológicas tornam-se maiores com o aumento do aquecimento global em algumas regiões (*média confiança*). Haverá uma ocorrência crescente de alguns eventos extremos sem precedentes no registro observacional com aquecimento global adicional, mesmo a 1,5° C de aquecimento global. As alterações percentuais projetadas na frequência são maiores para eventos mais raros (*alta confiança*).
- Algumas regiões de latitudes médias e semi-áridas, e a região de monções da América do Sul, são projetadas para ver o maior aumento na temperatura dos dias mais quentes, cerca de 1,5 a 2 vezes a taxa de aquecimento global (*alta confiança*). O Ártico deverá experimentar maior aumento na temperatura nos dias mais frios, cerca de três vezes a taxa de aquecimento global (*alta confiança*). Com o aquecimento global adicional, a frequência das ondas de calor marinhas continuará a aumentar (*alta confiança*), particularmente no oceano tropical e no Ártico (*média confiança*).
- É *muito provável* que eventos de precipitação intensa se intensifiquem e se tornem mais frequentes na maioria das regiões com aquecimento global adicional. Na escala global, prevê-se que os eventos diários de precipitação extrema se intensifiquem em cerca de 7% para cada 1° C de aquecimento global (*alta confiança*). A proporção de ciclones tropicais intensos (Categoria 4-5) e as velocidades de vento de pico dos ciclones tropicais mais intensos devem aumentar em escala global com o aumento do aquecimento global (*alta confiança*).
- Prevê-se que o aquecimento adicional amplifique ainda mais o degelo do permafrost e a perda da cobertura de neve sazonal, do gelo terrestre e do gelo marinho do Ártico (*alta confiança*). O Ártico provavelmente estará praticamente livre de gelo marinho em setembro pelo menos uma vez antes de 2050 sob os cinco cenários ilustrativos considerados neste relatório, com ocorrências mais frequentes para níveis de aquecimento mais altos. Há *baixa confiança* na diminuição projetada do gelo marinho da Antártida.
- É *muito provável* que a variabilidade pluviométrica relacionada ao El Niño-Oscilação Sul seja ampliada até a segunda metade do século XXI nos cenários SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5.
- Prevê-se que a precipitação das monções aumente a médio e longo prazo na escala global, particularmente no Sul e Sudeste Asiático, Ásia Oriental e África Ocidental,

exceto no extremo oeste do Sahel (*alta confiança*). Prevê-se que a estação das monções tenha um início tardio na América do Norte e do Sul e África Ocidental (*alta confiança*) e um recuo tardio na África Ocidental (*média confiança*).

- Uma mudança projetada para o sul do globo é a intensificação das trilhas de tempestade de latitude média no verão do Hemisfério Sul e a precipitação associada é *provável* ao longo prazo sob cenários de altas emissões de GEE (SSP3-7.0, SSP5-8.5), mas no curto prazo o efeito da recuperação do ozônio estratosférico neutraliza essas mudanças (*alta confiança*). Há uma *média confiança* em uma mudança contínua de tempestades em direção aos pólos e sua precipitação no Pacífico Norte, enquanto há uma *baixa confiança* nas mudanças projetadas nas trilhas de tempestades do Atlântico Norte.
- Embora se projete que os sumidouros de carbono naturais da terra e do oceano absorvam, em termos absolutos, uma quantidade progressivamente maior de CO₂ em cenários de emissões de CO₂ mais altos em comparação com os mais baixos, eles se tornam menos eficazes, ou seja, a proporção de emissões absorvidas por terra e oceano diminuirá com o aumento das emissões cumulativas de CO₂. Isso é projetado para resultar em uma proporção maior de CO₂ emitido remanescente na atmosfera (*alta confiança*).
- Com base nas projeções de modelos, sob o cenário intermediário de emissões de GEE que estabiliza as concentrações atmosféricas de CO₂ neste século (SSP2-4.5), as taxas de CO₂ absorvidas pela terra e pelo oceano devem diminuir na segunda metade do século XXI (*alta confiança*). Sob os cenários de emissões de GEE muito baixas e baixas (SSP1-1.9, SSP1-2.6), onde as concentrações de CO₂ atingem o pico e declinam durante o século XXI, a terra e o oceano começam a absorver menos carbono em resposta ao declínio das concentrações atmosféricas de CO₂ (*alta confiança*) e se tornar uma fonte líquida fraca em 2100 sob o SSP1-1.9 (*média confiança*). É *muito improvável* que o sumidouro global combinado, terra e oceano, se torne uma fonte até 2100 em cenários sem emissões líquidas negativas (SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5).
- A magnitude dos feedbacks entre as mudanças climáticas e o ciclo do carbono torna-se maior, mas também mais incerta em cenários de altas emissões de CO₂ (*confiança muito alta*). No entanto, as projeções do modelo climático mostram que as incertezas nas concentrações atmosféricas de CO₂ até 2100 são dominadas pelas diferenças entre os cenários de emissões (*alta confiança*). Respostas adicionais do ecossistema ao aquecimento ainda não totalmente incluídas nos modelos climáticos, como fluxos de CO₂ e CH₄ de zonas úmidas, degelo do permafrost e incêndios florestais, aumentariam ainda mais as concentrações desses gases na atmosfera (*alta confiança*).
- Com base em várias linhas de evidência, a estratificação oceânica superior (*praticamente certa*), a acidificação oceânica (*praticamente certa*) e a desoxigenação oceânica (*alta confiança*) continuarão a aumentar no século XXI, a taxas dependentes de emissões futuras. As mudanças são irreversíveis em escalas de tempo centenárias a milenares na temperatura global do oceano (*confiança muito alta*), acidificação do oceano profundo (*confiança muito alta*) e desoxigenação (*média confiança*).
- É praticamente certo que o nível médio global do mar continuará a subir ao longo do século XXI. Em relação a 1995–2014, o *provável* aumento médio global do nível do mar até 2100 é de 0,28–0,55 m sob o cenário de emissões muito baixas de GEE (SSP1-1.9); 0,32–0,62 m sob o cenário de baixas emissões de GEE (SSP1-2.6); 0,44–0,76 m no cenário intermediário de emissões de GEE (SSP2-4.5); e 0,63–1,01 m sob o cenário

de emissões de GEE muito altas (SSP5-8.5); e em 2150 é 0,37–0,86 m sob o cenário muito baixo (SSP1-1.9); 0,46–0,99 m no cenário baixo (SSP1-2.6); 0,66–1,33 m no cenário intermediário (SSP2-4.5); e 0,98–1,88 m sob o cenário muito alto (SSP5-8.5) (*média confiança*). O aumento médio global do nível do mar acima da faixa *provável* – aproximando-se de 2 m até 2100 e 5 m até 2150 sob um cenário de emissões muito altas de GEE (SSP5 -8.5) (*baixa confiança*) – não pode ser descartado devido à profunda incerteza nos processos de camada de gelo.

- A longo prazo, o nível do mar está comprometido a subir por séculos a milênios devido ao contínuo aquecimento do oceano profundo e ao derretimento do manto de gelo e permanecerá elevado por milhares de anos (*alta confiança*). Nos próximos 2.000 anos, o nível médio global do mar aumentará cerca de 2 a 3 m se o aquecimento for limitado a 1,5°C, 2 a 6 m se limitado a 2°C e 19 a 22 m com 5°C de aquecimento, e continuará a aumentar nos próximos milênios (*baixa confiança*). As projeções de aumento do nível médio global do mar multimilenar são consistentes com os níveis reconstruídos durante os períodos de clima quente anteriores: provavelmente 5 a 10 m mais alto do que hoje, cerca de 125.000 anos atrás, quando as temperaturas globais eram *muito provavelmente* 0,5°C a 1,5°C mais altas que 1850–1900; e *muito provavelmente* 5 a 25 m mais alto há cerca de 3 milhões de anos, quando as temperaturas globais eram 2,5°C a 4°C mais altas (*média confiança*).

Informações Climáticas para Avaliação de Riscos e Adaptação Regional

- O registro histórico da temperatura da superfície global destaca que a variabilidade decadal aumentou e mascarou as mudanças de longo prazo causadas pelo homem, e essa variabilidade continuará no futuro (*confiança muito alta*). Por exemplo, variabilidade decadal interna e variações nos fatores solares e vulcânicos mascararam parcialmente o aquecimento global da superfície humano causado durante 1998-2012, com assinaturas regionais e sazonais pronunciadas (*alta confiança*). No entanto, o aquecimento do sistema climático continuou durante esse período, refletido tanto no aquecimento contínuo do oceano global (*confiança muito alta*) quanto no aumento contínuo dos extremos quentes sobre a terra (*média confiança*).
- As mudanças projetadas causadas pelo homem no clima médio e os fatores de impacto climático (CIDs), incluindo extremos, serão amplificados ou atenuados pela variabilidade interna (*alta confiança*). O resfriamento de curto prazo, em qualquer local específico, com relação ao clima atual, pode ocorrer e seria consistente com o aumento da temperatura da superfície global devido à influência humana (*alta confiança*).
- A variabilidade interna tem sido amplamente responsável pela amplificação e atenuação das mudanças da precipitação média decadal-multidecadal observadas causadas pelo homem em muitas regiões terrestres (*alta confiança*). Em escalas globais e regionais, as mudanças de curto prazo nas monções serão dominadas pelos efeitos da variabilidade interna (*média confiança*). Além da influência da variabilidade interna, as mudanças projetadas de curto prazo na precipitação em escalas global e regional são incertas, devido à incerteza do modelo e a incerteza nos drives de aerossóis naturais e antropogênicos (*média confiança*).

- Com base em evidências paleoclimáticas e históricas, *é provável* que pelo menos uma grande erupção vulcânica explosiva ocorra durante o século XXI. Tal erupção reduziria a temperatura da superfície global e a precipitação, especialmente sobre a terra (continente), por um a três anos, alterando a circulação de monções, modificando a precipitação extrema e alterando muitos CIDs (*média confiança*). Se tal erupção ocorrer, isso mascararia temporária e parcialmente as mudanças climáticas causadas pelo homem.
- Todas as regiões são projetadas para experimentar novos aumentos nos fatores de impacto climáticos quentes (CIDs) e diminuições nos CIDs frios (*alta confiança*). Outras diminuições são projetadas no permafrost; neve, geleiras e mantos de gelo; e gelo do lago e do mar Ártico (*média confiança a alta*). Essas mudanças seriam maiores a 2° C de aquecimento global ou acima do que a 1,5° C (*alta confiança*). Por exemplo, os limites de calor extremo, relevantes para a agricultura e saúde, são projetados para serem excedidos com mais frequência em níveis mais altos de aquecimento global (*alta confiança*).
- Com um aquecimento global de 1,5° C, prevê-se que chuvas fortes e inundações associadas se intensifiquem e sejam mais frequentes na maioria das regiões da África e Ásia (*alta confiança*), América do Norte (*média confiança a alta*) e Europa (*média confiança*). Além disso, secas agrícolas e ecológicas mais frequentes e/ou severas são projetadas em algumas regiões em todos os continentes habitados, exceto na Ásia, em comparação com 1850-1900 (*média confiança*); aumentos nas secas meteorológicas também são projetados em algumas regiões (*média confiança*). Um pequeno número de regiões é projetado para experimentar aumentos ou diminuições na precipitação média (*média confiança*).
- No aquecimento global de 2° C e acima, o nível de confiança e a magnitude da mudança nas secas e na precipitação intensa e média aumentam em comparação com aqueles a 1,5° C. Prevê-se que a precipitação intensa e eventos de inundação associados se tornem mais intensos e frequentes nas ilhas do Pacífico e em muitas regiões da América do Norte e Europa (*média confiança a alta*). Essas mudanças também são observadas em algumas regiões da Australásia e América Central e do Sul (*média confiança*). Várias regiões da África, América do Sul e Europa estão projetadas para experimentar um aumento na frequência e/ou gravidade das secas agrícolas e ecológicas com *média confiança a alta*; aumentos também são projetados na Australásia, América Central e do Norte e Caribe com *média confiança*. Um pequeno número de regiões na África, Australásia, Europa e América do Norte também são projetados para serem afetados por aumentos de secas hidrológicas, e várias regiões são projetadas para serem afetadas por aumentos ou diminuições de secas meteorológicas, com mais regiões apresentando um aumento (*média confiança*). Prevê-se que a precipitação média aumente em todas as regiões polares, norte da Europa e norte da América do Norte, a maioria das regiões asiáticas e duas regiões da América do Sul (*alta confiança*).
- Prevê-se que mais CIDs, em mais regiões, mudem a 2° C ou mais em comparação com o aquecimento global de 1,5°C (*alta confiança*). As mudanças específicas da região incluem intensificação de ciclones tropicais e/ou tempestades extratropicais (*média confiança*), aumento das inundações dos rios (*média confiança a alta*), reduções na precipitação média e aumento na aridez (*média confiança a alta*) e aumento no clima de incêndio (*média confiança a alta*). Há *baixa confiança* na maioria das regiões em

possíveis mudanças futuras em outros CIDs, como granizo, tempestades de gelo, tempestades severas, tempestades de poeira, fortes nevascas e deslizamentos de terra.

- As cidades intensificam localmente o aquecimento induzido pelo homem, e uma maior urbanização, juntamente com extremos quentes mais frequentes, aumentará a gravidade das ondas de calor (*confiança muito alta*). Nas cidades costeiras, a combinação de eventos extremos mais frequentes do nível do mar (devido à elevação do nível do mar e tempestades) e eventos extremos de chuvas/fluxos fluviais tornarão as inundações mais prováveis (*alta confiança*).
- Muitas regiões são projetadas para experimentar um aumento na probabilidade de eventos compostos com maior aquecimento global (*alta confiança*). Em particular, ondas de calor e secas simultâneas provavelmente se tornarão mais frequentes. Os extremos simultâneos em vários locais, inclusive em áreas de produção agrícola, tornam-se mais frequentes a 2° C e acima em comparação com o aquecimento global de 1,5° C (*alta confiança*).
- Se o aquecimento global aumentar, alguns eventos extremos compostos com baixa probabilidade no clima passado e atual se tornarão mais frequentes, e haverá uma maior probabilidade de ocorrência de eventos com maior intensidade, duração e/ou extensão espacial sem precedentes no registro observacional (*alta confiança*).
- É muito *provável* que a Circulação Meridional do Atlântico enfraqueça ao longo do século XXI para todos os cenários de emissões. Embora haja *alta confiança* no declínio do século XXI, há apenas *baixa confiança* na magnitude da tendência. Há uma *média confiança* de que não haverá um colapso abrupto antes de 2100. Se tal colapso ocorresse, muito provavelmente causaria mudanças abruptas nos padrões climáticos regionais e no ciclo da água, como um deslocamento para o sul no cinturão de chuva tropical, enfraquecendo das monções africanas e asiáticas e fortalecimento das monções do Hemisfério Sul, e seca na Europa.

Limitando as Mudanças Climáticas Futuras

- O AR6 reafirma com *alta confiança* a constatação do AR5 de que existe uma relação quase linear entre as emissões antropogênicas cumulativas de CO₂ e o aquecimento global que elas causam. Cada 1.000 GtCO₂ de emissões cumulativas de CO₂ é avaliado para *provavelmente* causar um aumento de 0,27° C a 0,63° C na temperatura da superfície global com uma melhor estimativa de 0,45° C. Esta é uma faixa mais estreita em comparação com o AR5 e SR1.5. Essa quantidade é chamada de resposta climática transitória às emissões cumulativas de CO₂ (TCRE). Essa relação implica que atingir zero emissões líquidas de CO₂ antropogênico é um requisito para estabilizar o aumento da temperatura global induzido pelo homem em qualquer nível, mas que limitar o aumento da temperatura global a um nível específico implicaria limitar as emissões cumulativas de CO₂ dentro de um orçamento de carbono.
- Durante o período de 1850 a 2019, foi emitido um total de 2390 ± 240 (*intervalo provável*) GtCO₂ antropogênico. Os orçamentos de carbono restantes foram estimados para vários limites de temperatura global e vários níveis de probabilidade, com base no valor estimado de TCRE e sua incerteza, estimativas de aquecimento histórico, variações no aquecimento projetado de emissões não-CO₂, feedbacks do sistema climático, como emissões de o degelo do permafrost e a mudança da temperatura da

superfície global após as emissões antropogênicas globais de CO₂ atingirem zero líquido.

- Vários fatores que determinam as estimativas do orçamento de carbono restante foram reavaliados e as atualizações desses fatores desde o SR1.5 são pequenas. Quando ajustadas para emissões, desde relatórios anteriores, as estimativas dos orçamentos de carbono restantes são, portanto, de magnitude semelhante em comparação com o SR1.5, mas maiores em comparação com AR5 devido a melhorias metodológicas.
- A remoção antropogênica de CO₂ (CDR) tem o potencial de remover CO₂ da atmosfera e armazená-lo de forma durável em reservatórios (*alta confiança*). O CDR visa compensar as emissões residuais para atingir zero emissões líquidas de CO₂ ou zero emissões líquidas de GEE ou, se implementado em uma escala em que as remoções antrópicas excedam as emissões antrópicas, reduzindo a temperatura da superfície. Os métodos de CDR podem ter efeitos potencialmente amplos nos ciclos biogeoquímicos e no clima, que podem enfraquecer ou fortalecer o potencial desses métodos para remover CO₂ e reduzir o aquecimento, e também podem influenciar a disponibilidade e qualidade da água, produção de alimentos e biodiversidade (*alta confiança*).
- A remoção antropogênica de CO₂ (CDR) levando a emissões líquidas negativas globais reduziria a concentração atmosférica de CO₂ e reverteria a acidificação da superfície dos oceanos (*alta confiança*). As remoções e emissões antropogênicas de CO₂ são parcialmente compensadas pela liberação e absorção de CO₂, respectivamente, de ou para reservatórios de carbono terrestres e oceânicos (*confiança muito alta*). O CDR reduziria o CO₂ atmosférico em uma quantidade aproximadamente igual ao aumento de uma emissão antropogênica da mesma magnitude (*alta confiança*).
- Se as emissões globais líquidas de CO₂ fossem alcançadas e sustentadas, o aumento global da temperatura da superfície induzido pelo CO₂ seria gradualmente revertido, mas outras mudanças climáticas continuariam em sua direção atual por décadas a milênios (*alta confiança*). Por exemplo, levaria vários séculos a milênios para que o nível médio global do mar invertesse o curso, mesmo sob grandes emissões líquidas negativas de CO₂ (*alta confiança*).
- Nos cinco cenários ilustrativos, há mudanças simultâneas nas emissões de CH₄, aerossol e precursor de ozônio, que também contribuem para a poluição do ar, levando a um aquecimento líquido da superfície global no curto e longo prazo (*alta confiança*). No longo prazo, esse aquecimento líquido é menor em cenários que suponham controles de poluição do ar combinados com reduções fortes e sustentadas de emissões de CH₄ (*alta confiança*). Nos cenários de baixas e muito baixas emissões de GEE, as supostas reduções nas emissões de aerossóis antropogênicos levam a um aquecimento líquido, enquanto as reduções nas emissões de CH₄ e outros precursores de ozônio levam a um resfriamento líquido. Devido à curta vida útil do CH₄ e dos aerossóis, esses efeitos climáticos se contrabalançam parcialmente, e as reduções nas emissões de CH₄ também contribuem para melhorar a qualidade do ar ao reduzir o ozônio da superfície global (*alta confiança*).
- Alcançar as emissões líquidas (globais) zero de CO₂, com emissões antropogênicas de CO₂ equilibradas por remoções antropogênicas de CO₂, é um requisito para estabilizar (minimizar/reduzir) o aumento da temperatura da superfície global induzido pelo CO₂. Isso é diferente de atingir zero emissões líquidas de GEE, onde as emissões antropogênicas de GEE ponderadas por métricas equivalem a remoções

antropogênicas de GEE ponderadas por métricas. Para um determinado caminho de emissões de GEE, os caminhos de GEEs individuais determinam a resposta climática resultante, enquanto a escolha da métrica de emissões usada para calcular as emissões e remoções agregadas de diferentes GEEs afeta em que momento os GEEs agregados são calculados como sendo zero líquido. As trajetórias de emissões que atingem e sustentam emissões líquidas zero de GEE definidas pelo potencial de aquecimento global de 100 anos são projetadas para resultar em um declínio na temperatura da superfície após um pico anterior (*alta confiança*).

- As reduções de emissões em 2020 associadas a medidas para reduzir a propagação do COVID-19 levaram a efeitos temporários, mas detectáveis, na poluição do ar (*alta confiança*) e a um aumento pequeno e temporário associado no forçamento radiativo total, principalmente devido a reduções no resfriamento causadas por aerossóis decorrentes das atividades humanas (*média confiança*). As respostas climáticas globais e regionais a este forçamento temporário são, no entanto, indetectáveis acima da variabilidade natural (*alta confiança*). As concentrações atmosféricas de CO₂ continuaram a aumentar em 2020, sem diminuição detectável na taxa de crescimento de CO₂ observada (*média confiança*).
- As reduções nas emissões de GEE também levam a melhorias na qualidade do ar. No entanto, no curto prazo, mesmo em cenários com forte redução de GEEs, como nos cenários de baixas e muito baixas emissões de GEE (SSP12.6 e SSP1-1.9), essas melhorias não são suficientes em muitas regiões poluídas para atingir as diretrizes de qualidade do ar especificadas pela Organização Mundial da Saúde (*alta confiança*). Cenários com reduções direcionadas de emissões de poluentes atmosféricos levam a melhorias mais rápidas na qualidade do ar em poucos anos em comparação com reduções apenas nas emissões de GEE, mas a partir de 2040, melhorias adicionais são projetadas em cenários que combinam esforços para reduzir poluentes atmosféricos e emissões de GEE, com a magnitude do benefício variando entre as regiões (*alta confiança*).
- Cenários com emissões de GEE muito baixas ou baixas (SSP1-1.9 e SSP1 2.6) teriam efeitos rápidos e sustentados para limitar as mudanças climáticas causadas pelo homem, em comparação com cenários com emissões de GEE altas ou muito altas (SSP3-7.0 ou SSP5-8.5), mas as respostas iniciais do sistema climático podem ser mascaradas pela variabilidade natural. Para a temperatura da superfície global, diferenças nas tendências de 20 anos provavelmente surgiriam no curto prazo sob um cenário de emissões de GEE muito baixo (SSP1-1.9), em relação a um cenário de emissões de GEE alto ou muito alto (SSP3-7.0 ou SSP5-8.5). A resposta de muitas outras variáveis climáticas surgiria da variabilidade natural em diferentes momentos no final do século XXI (*alta confiança*).
- Cenários com emissões de GEE muito baixas e muito baixas (SSP1-1.9 e SSP1-2.6) levariam a mudanças substancialmente menores em uma série de CIDs além de 2040 do que em cenários de emissões de GEE altas e muito altas (SSP3-7.0 e SSP5-8.5). Até o final do século, cenários com emissões de GEE muito baixas e baixas limitariam fortemente a mudança de vários CIDs, como o aumento da frequência de eventos extremos de nível do mar, chuvas fortes e inundações pluviais e superação de limiares de calor perigoso, ao mesmo tempo que limita o número de regiões onde ocorrem tais impactos, em relação a cenários de emissões de GEE mais elevados (*alta confiança*). As mudanças também seriam menores em cenários de emissões muito baixas em

comparação com baixas emissões de GEE, bem como, para cenários intermediários (SSP2-4.5) em comparação com cenários de emissões de GEE altas ou muito altas (*alta confiança*).

5. Relatório de avaliação “*Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*” (Mudanças Climáticas 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade)

O relatório “*Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*”⁽²⁾ do WGII do IPCC-AR6, lançado em fevereiro de 2022, fornece uma avaliação detalhada dos impactos, riscos e adaptação das mudanças climáticas inclusive nas cidades, onde vivem mais da metade da população mundial. As principais declarações desse relatório de avaliação em relação aos Impactos e Riscos observados e projetados são:

Impactos Observados das Mudanças Climáticas

- Impactos generalizados em ecossistemas, pessoas, assentamentos e infraestrutura resultaram de aumentos observados na frequência e intensidade de extremos climáticos, incluindo extremos quentes na terra e no oceano, eventos de precipitação intensa, secas e clima de incêndio (*alta confiança*). Cada vez mais, desde o AR5, esses impactos têm sido atribuídos às mudanças climáticas induzidas pelo homem, particularmente por meio do aumento da frequência e gravidade de eventos extremos. Estes incluem o aumento da mortalidade humana relacionada ao calor (*média confiança*), o branqueamento e mortalidade de corais de água quente (*alta confiança*) e o aumento da mortalidade de árvores relacionada à seca (*alta confiança*). Os aumentos verificados em áreas queimadas por incêndios florestais foram atribuídos às mudanças climáticas induzidas pelo homem em algumas regiões (*média a alta confiança*). Os impactos adversos causados por ciclones tropicais, com perdas e danos relacionados, aumentaram devido à elevação do nível do mar e ao aumento da precipitação intensa (*média confiança*). Impactos nos sistemas naturais e humanos de processos de início lento, como acidificação dos oceanos, aumento do nível do mar ou diminuições regionais na precipitação também foram atribuídos às mudanças climáticas induzidas pelo homem (*alta confiança*).
- As mudanças climáticas causaram danos substanciais e perdas cada vez mais irreversíveis nos ecossistemas marinhos, terrestres, de água doce, costeiros e de oceano aberto (*alta confiança*). A extensão e a magnitude dos impactos das mudanças climáticas são maiores do que o estimado em avaliações anteriores (*alta confiança*). A deterioração generalizada da estrutura e da função do ecossistema, a resiliência e a capacidade de adaptação natural, bem como, as mudanças no tempo sazonal ocorreram devido às mudanças climáticas (*alta confiança*), com consequências socioeconômicas adversas (*alta confiança*). Aproximadamente metade das espécies avaliadas globalmente mudaram para os pólos ou, também para áreas com altitudes mais elevadas (*confiança muito alta*). Centenas de perdas locais de espécies foram causadas por aumentos na magnitude dos extremos de calor (*alta confiança*), bem como eventos de mortalidade em massa em terra e no oceano (*alta confiança*) e perda de florestas de algas (*alta confiança*). Algumas perdas já são irreversíveis, como as primeiras extinções de espécies impulsionadas pelas mudanças climáticas (*média confiança*). Outros impactos estão se aproximando da irreversibilidade, como os impactos das mudanças hidrológicas, que são resultantes do recuo das geleiras, ou as mudanças em

alguns ecossistemas de montanha (*média confiança*) e do Ártico impulsionados pelo degelo do permafrost (*alta confiança*).

- As mudanças climáticas, incluindo aumentos na frequência e na intensidade dos eventos extremos, reduziram a segurança alimentar e hídrica, dificultando os esforços para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (veja a anotação 1) (*alta confiança*). Embora a produtividade agrícola tenha aumentado, as mudanças climáticas desaceleraram esse crescimento globalmente nos últimos 50 anos (*média confiança*), impactos negativos relacionados ocorreram principalmente em regiões de latitude média e baixa, mas impactos positivos ocorreram em algumas regiões de latitude alta (*alta confiança*). O aquecimento e a acidificação dos oceanos afetaram negativamente a produção de alimentos na aquicultura e na pesca de mariscos em algumas regiões oceânicas (*alta confiança*). O aumento dos eventos climáticos extremos expôs milhões de pessoas à insegurança alimentar aguda e reduziu a segurança hídrica, com os maiores impactos observados em muitos locais e/ou comunidades na África, Ásia, América Central e do Sul, Ilhas Pequenas e Ártico (*alta confiança*). Conjuntamente, perdas repentinas na produção de alimentos e acesso a alimentos, tem sido agravada pela diminuição da diversidade da dieta, aumentando a desnutrição em muitas comunidades (*alta confiança*), especialmente em Povos Indígenas, pequenos produtores de alimentos e famílias de baixa renda (*alta confiança*), com crianças, idosos e gestantes (*alta confiança*). Aproximadamente, metade da população mundial, atualmente, experimenta grave escassez de água por pelo menos uma parte do ano devido a fatores climáticos e não climáticos (*média confiança*).

Anotação 1: Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são um apelo global das Nações Unidas (ONU) à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade. São 17 objetivos ambiciosos e interconectados que abordam os principais desafios de desenvolvimento enfrentados por pessoas no mundo. “Ação contra a mudança global do clima” é o ODS 13.

- A mudança climática afetou negativamente a saúde física das pessoas em todo o mundo (*confiança muito alta*) e a saúde mental das pessoas nas regiões avaliadas (*confiança muito alta*). Os impactos das mudanças climáticas na saúde são mediados por sistemas naturais e humanos, incluindo as condições econômicas e sociais (*alta confiança*). Em todas as regiões, eventos extremos de calor resultaram em mortalidade e morbidade humana (*confiança muito alta*). A ocorrência de doenças de origem alimentar e hídrica relacionadas ao clima aumentou (*confiança muito alta*). A incidência de doenças transmitidas por vetores aumentou a partir da expansão de alcance e/ou aumento da reprodução de vetores de doenças (*alta confiança*). Doenças animais e humanas, incluindo zoonoses, estão surgindo em novas áreas (*alta confiança*). Os riscos de doenças transmitidas por água e alimentos aumentaram regionalmente de patógenos aquáticos sensíveis ao clima, incluindo *Vibrio spp* (*alta confiança*) e substâncias tóxicas de cianobactérias de água doce nocivas (*média confiança*). Embora as doenças diarreicas tenham diminuído globalmente, temperaturas mais altas, aumento das chuvas e inundações aumentaram a ocorrência dessas doenças, incluindo a cólera (*confiança muito alta*) e outras infecções gastrointestinais (*alta confiança*). Nas regiões avaliadas, alguns desafios de saúde

mental estão associados ao aumento das temperaturas (*alta confiança*), trauma de eventos climáticos e climáticos extremos (*alta confiança*), bem como, a perda de meios de subsistência e cultura (*alta confiança*). O aumento da exposição à fumaça de incêndios florestais, poeira atmosférica e aeroalérgenos tem sido associado a problemas cardiovasculares e respiratórios sensíveis ao clima (*alta confiança*). Os serviços de saúde foram interrompidos por eventos extremos, como inundações (*alta confiança*).

- Em ambientes urbanos, as mudanças climáticas causaram impactos na saúde humana, nos meios de subsistência e nas principais infraestruturas (*alta confiança*). Múltiplos riscos climáticos e não climáticos afetam as cidades, assentamentos, infraestrutura e às vezes coincidem, ampliando os danos (*alta confiança*). Os extremos quentes, incluindo ondas de calor, intensificaram-se nas cidades (*alta confiança*), onde também agravaram os eventos de poluição do ar (média confiança) e funcionamento limitado da infraestrutura principal (*alta confiança*). Os impactos observados estão concentrados entre os moradores urbanos marginalizados economicamente e socialmente, por exemplo, em assentamentos informais (*alta confiança*). A infraestrutura, incluindo os sistemas de transporte, água, saneamento e energia, foram comprometidos por eventos extremos com perdas econômicas, interrupções de serviços e impactos ao bem-estar (*alta confiança*).
- Impactos econômicos adversos, atribuíveis às mudanças climáticas, incluindo os eventos climáticos extremos, têm sido cada vez mais identificados (*média confiança*). Alguns efeitos econômicos positivos foram identificados em regiões que se beneficiaram da menor demanda de energia, bem como vantagens comparativas nos mercados agrícolas e no turismo (*alta confiança*). Os danos econômicos das mudanças climáticas foram detectados em setores expostos ao clima, com efeitos regionais na agricultura, silvicultura, pesca, energia e turismo (*alta confiança*) e por meio da produtividade do trabalho ao ar livre (*alta confiança*). Alguns eventos climáticos extremos, como ciclones tropicais, reduziram o crescimento econômico no curto prazo (*alta confiança*). Fatores não climáticos, incluindo alguns padrões de assentamento e localização de infraestrutura, contribuíram para a exposição aos riscos climáticos extremos, aumentando a magnitude das perdas (*alta confiança*). Os meios de subsistência individuais foram afetados por mudanças na produtividade agrícola, impactos na saúde humana e segurança alimentar, destruição de casas e infraestrutura e perda de propriedade e renda, com efeitos adversos sobre gênero e equidade social (*alta confiança*).
- As mudanças climáticas estão contribuindo para crises humanitárias onde os riscos climáticos interagem com alta vulnerabilidade (*alta confiança*). Os extremos climáticos estão cada vez mais impulsionando o deslocamento em todas as regiões do globo (*alta confiança*), com pequenos estados insulares afetados desproporcionalmente (*alta confiança*). A insegurança alimentar aguda e a desnutrição, relacionadas com inundações e secas, aumentaram na África (*alta confiança*) e na América Central e do Sul (*alta confiança*). Embora os fatores não climáticos sejam os impulsionadores dominantes dos conflitos violentos intraestaduais existentes, em algumas regiões avaliadas, os eventos climáticos e climáticos extremos tiveram um impacto pequeno e adverso em sua duração, gravidade ou frequência, mas a associação estatística é fraca (*média confiança*).

Vulnerabilidade e Exposição de Ecossistemas e Pessoas

- A vulnerabilidade dos ecossistemas e das pessoas às mudanças climáticas difere substancialmente entre e dentro das regiões (*confiança muito alta*), impulsionada por padrões de interseção de desenvolvimento socioeconômico, uso insustentável do oceano e da terra, desigualdade, marginalização, padrões históricos e contínuos de desigualdade, como colonialismo, e governança (*alta confiança*). Aproximadamente 3,3 a 3,6 bilhões de pessoas vivem em contextos altamente vulneráveis às mudanças climáticas (*alta confiança*). Alta proporção de espécies são vulneráveis às mudanças climáticas (*alta confiança*). A vulnerabilidade humana e dos ecossistemas são interdependentes (*alta confiança*). Os atuais padrões de desenvolvimento, insustentável, estão aumentando a exposição de ecossistemas e pessoas aos riscos climáticos (*alta confiança*).
- O aquecimento global, atingindo 1,5° C no curto prazo, causaria vários perigos climáticos e apresentaria vários riscos para os ecossistemas e os seres humanos (*confiança muito alta*). Ações de curto prazo que limitam o aquecimento global a cerca de 1,5° C reduziram substancialmente as perdas e danos projetados e relacionados às mudanças climáticas em sistemas e ecossistemas humanos, em comparação com níveis mais altos de aquecimento, mas não se pode eliminar a todos (*confiança muito alta*).
- O aquecimento de curto prazo e o aumento da frequência, gravidade e duração dos eventos extremos colocarão muitos ecossistemas terrestres, de água doce, costeiros e marinhos em riscos altos ou muito altos de perda de biodiversidade (*média confiança a muito alta*, dependendo do ecossistema). Os riscos de curto prazo para a perda de biodiversidade são moderados a altos nos ecossistemas florestais (*média confiança*), ecossistemas de algas e plantas marinhas (*confiança alta a muito alta*) de alto a muito alto no gelo marinho do Ártico e ecossistemas terrestres (*alta confiança*) e corais de águas quentes recifes (*confiança muito alta*). O aumento contínuo e acelerado do nível do mar invadirá os assentamentos urbanos e infraestruturas costeiras (*alta confiança*) e comprometendo os ecossistemas costeiros de baixa altitude à submersão e à perda (*média confiança*). Se as tendências de urbanização em áreas expostas aos extremos climáticos continuarem, isso agravará os impactos, com mais desafios onde energia, água e outros serviços são limitados (*média confiança*). O número de pessoas em risco de mudança climática e perda de biodiversidade associada aumentará progressivamente (*média confiança*). Conflitos violentos e, separadamente, padrões de migração, no curto prazo, serão impulsionados pelas condições socioeconômicas e governança mais do que pelas mudanças climáticas (*média confiança*).
- No curto prazo, os riscos associados ao clima para os sistemas naturais e humanos dependerão mais fortemente das mudanças em sua vulnerabilidade e exposição do que nas diferenças dos perigos climáticos entre os cenários de emissões (*alta confiança*). Existem diferenças regionais e os riscos são maiores onde espécies e pessoas existem perto de seus limites térmicos superiores, ao longo das costas, em estreita associação com gelo ou rios sazonais (*alta confiança*). Os riscos também são altos onde persistem vários fatores não climáticos ou onde a vulnerabilidade é elevada (*alta confiança*). Muitos desses riscos são inevitáveis no curto prazo, independentemente do cenário de emissão (*alta confiança*). Vários riscos podem ser moderados com adaptação (*alta confiança*).

- Os níveis de risco para todos os motivos de preocupação (RFC) são avaliados para se tornarem de altos a muito altos em níveis de aquecimento global que sejam mais baixos do que no AR5 (*alta confiança*). Entre 1,2 °C e 4,5 °C no nível de aquecimento global surgem riscos muito altos em todos os cinco RFCs em comparação com apenas dois RFCs no AR5 (*alta confiança*). Duas dessas transições de alto para muito alto risco estão associadas ao aquecimento de curto prazo: riscos para sistemas únicos e ameaçados em um valor médio de 1,5° C [1,2 a 2,0]° C (*alta confiança*) e riscos associados a eventos climáticos extremos a um valor médio de 2° C [1,8 a 2,5]° C (*média confiança*). Alguns dos principais riscos que contribuem para as RFCs são projetados para levar a impactos generalizados e potencialmente irreversíveis em níveis de aquecimento global de 1,5 a 2 °C se a exposição e a vulnerabilidade forem altas e a adaptação for baixa (*média confiança*). Ações de curto prazo, que limitem o aquecimento global a cerca de 1,5 °C, reduziriam substancialmente as perdas e danos projetados relacionados às mudanças climáticas, em sistemas e ecossistemas humanos, comparando com níveis mais altos de aquecimento, mas não podem eliminá-los todos (*confiança muito alta*).

Riscos de médio a longo prazo (2041–2100)

- Além de 2040 e dependendo do nível de aquecimento global, as mudanças climáticas levarão inúmeros riscos aos sistemas naturais e humanos (*alta confiança*). Para 127 riscos-chave identificados, os impactos avaliados de médio e longo prazo são até várias vezes maiores do que os observados atualmente (*alta confiança*). A magnitude, a taxa de mudança climática e os riscos associados dependem fortemente de ações de mitigação e adaptação de curto prazo, e os impactos adversos projetados e as perdas e danos relacionados aumentam a cada incremento do aquecimento global (*confiança muito alta*).
- A perda de biodiversidade, a degradação, os danos e a transformação dos ecossistemas já são os principais riscos para todas as regiões devido ao aquecimento global passado e continuarão a aumentar a cada incremento do aquecimento global (*confiança muito alta*). Nos ecossistemas terrestres, entre 3% a 14% das espécies avaliadas provavelmente enfrentarão um risco muito alto de extinção, em níveis de aquecimento global de 1,5°C, aumentando entre 3% a 18% a 2°C, 3% a 29% a 3°C, 3% a 39% a 4°C, e 3% a 48% a 5°C. Nos ecossistemas oceânicos e costeiros, o risco de perda de biodiversidade varia entre moderado e muito alto em nível de aquecimento global de 1,5°C e é moderado a muito alto em 2°C, com mais ecossistemas em risco alto e muito alto (*alta confiança*) e aumenta para alto a muito alto na maioria dos ecossistemas oceânicos e costeiros em 3°C (*média confiança a alta*, dependendo do ecossistema). O risco de extinção muito alto para espécies endêmicas em *hotspots* de biodiversidade está projetado para pelo menos dobrar de 2% entre 1,5°C e 2°C os níveis de aquecimento global e aumentar pelo menos dez vezes se o aquecimento aumentar de 1,5° C para 3° C (*média confiança*).
- Os riscos na disponibilidade física de água e os perigos relacionados à água continuarão a aumentar a médio e longo prazo em todas as regiões avaliadas, com maior risco em níveis mais altos de aquecimento global (*alta confiança*). Com um aquecimento global de aproximadamente 2° C, a disponibilidade de água do degelo

para irrigação deverá diminuir em algumas bacias hidrográficas dependentes do derretimento da neve em até 20%, e a perda de massa global de geleiras de $18 \pm 13\%$ é projetada para diminuir a disponibilidade de água para agricultura, energia hidrelétrica, e assentamentos humanos a médio e longo prazo, com essas mudanças projetadas para dobrar com o aquecimento global de 4°C (*média confiança*). Em pequenas ilhas, a disponibilidade de água subterrânea está ameaçada pelas mudanças climáticas (*alta confiança*). As mudanças na magnitude do fluxo, no tempo e nos extremos associados são projetados para impactar negativamente os ecossistemas de água doce em muitas bacias hidrográficas a médio e longo prazo em todos os cenários avaliados (*média confiança*). Os aumentos projetados nos danos diretos para as inundações são maiores entre 1,4 a 2 vezes com 2°C e entre 2,5 a 3,9 vezes com 3°C em comparação com o aquecimento global de $1,5^\circ\text{C}$ sem adaptação (*média confiança*). Com um aquecimento global de 4°C , projeta-se que aproximadamente 10% da área terrestre global enfrente aumentos nos fluxos extremamente altos e baixos dos rios no mesmo local, com implicações para o planejamento de todos os setores de uso da água (*média confiança*). Os desafios para a gestão da água serão exacerbados no curto, médio e longo prazo, dependendo da magnitude, taxa e detalhes regionais das futuras mudanças climáticas e serão particularmente desafiadores para regiões com recursos limitados para a gestão da água (*alta confiança*).

- As mudanças climáticas pressionarão cada vez mais a produção e o acesso aos alimentos, especialmente em regiões vulneráveis, prejudicando a segurança alimentar e nutricional (*alta confiança*). Os aumentos na frequência, intensidade e gravidade das secas, inundações e ondas de calor e o aumento contínuo do nível do mar aumentarão os riscos para a segurança alimentar (*alta confiança*) em regiões vulneráveis de moderado a alto entre $1,5^\circ\text{C}$ a 2°C nível de aquecimento global, sem ou baixos níveis de adaptação (*média confiança*). A um nível de aquecimento global de 2°C ou mais no médio prazo, os riscos de segurança alimentar devido às mudanças climáticas serão mais graves, levando à desnutrição e deficiências de micronutrientes, concentradas na África Subsaariana, Ásia Meridional, América Central e do Sul e Ilhas Pequenas (*alta confiança*). O aquecimento global enfraquecerá progressivamente a saúde do solo e os serviços ecossistêmicos, como polinização, aumentará a pressão de pragas e doenças e reduzirá a biomassa de animais marinhos, minando a produtividade alimentar em muitas regiões em terra e no oceano (*média confiança*). A um nível de aquecimento global de 3°C ou mais a longo prazo, as áreas expostas a riscos relacionados ao clima se expandirão substancialmente em comparação com um nível de aquecimento global de 2°C ou menos (*alta confiança*), exacerbando a disparidade regional nos riscos de segurança alimentar (*alta confiança*).
- Os riscos das mudanças climáticas para cidades, assentamentos e infraestruturas-chave aumentarão rapidamente a médio e longo prazo com o aquecimento global, especialmente em locais já expostos a altas temperaturas, ao longo do litoral ou com altas vulnerabilidades (*alta confiança*). Globalmente, a mudança populacional em cidades e assentamentos de baixa altitude levará a cerca de um bilhão de pessoas projetadas para estar em risco de perigos climáticos específicos costeiros no médio prazo em todos os cenários, inclusive em Ilhas Pequenas (*alta confiança*). A população potencialmente exposta a uma inundação costeira de 100 anos está projetada para aumentar em cerca de 20%, caso o nível médio global do mar suba 0,15 m em relação aos níveis de 2020; esta população exposta dobra em um aumento de 0,75 m no nível

médio do mar e triplica em 1,4 m sem mudança populacional e adaptação adicional (*média confiança*). O aumento do nível do mar representa uma ameaça existencial para algumas Ilhas Pequenas e algumas costas baixas (*média confiança*). Até 2100, o valor dos ativos globais dentro das futuras planícies de inundação costeira de 1 em 100 anos está projetado entre US\$ 7,9 e US\$ 12,7 trilhões (valor de 2011) sob o RCP 4.5, subindo para entre US\$ 8,8 e US\$ 14,2 trilhões sob RCP 8.5 (*média confiança*). Os custos de manutenção e reconstrução da infraestrutura urbana, incluindo construção, transporte e energia, aumentarão de acordo com o nível de aquecimento global (*média confiança*).

- As estimativas projetadas de danos econômicos líquidos agregados globalmente, geralmente aumentam de forma não linear com os níveis de aquecimento global (*alta confiança*). A ampla gama de estimativas globais e a falta de comparabilidade entre as metodologias não permitem a identificação de uma gama robusta de estimativas (*alta confiança*). A existência de estimativas superiores às avaliadas no AR5 indicam que os impactos econômicos agregados globalmente podem ser maiores do que as estimativas anteriores (*baixa confiança*). É projetada uma variação regional significativa nos danos econômicos agregados das mudanças climáticas (*alta confiança*). Prevê-se que os danos econômicos, incluindo os representados e os não representados nos mercados, sejam inferiores em 1,5°C do que em 3°C ou níveis de aquecimento global superiores (*alta confiança*).
- A médio e longo prazo, o deslocamento das populações aumentarão com a intensificação das fortes precipitações e inundações associadas, aos ciclones tropicais, as secas e, cada vez mais, ao aumento do nível do mar (*alta confiança*). Em níveis progressivos de aquecimento, ocorreriam migrações involuntárias de regiões com alta exposição e baixa capacidade adaptativa (*média confiança*). Em comparação com outros fatores socioeconômicos, a influência do clima no conflito é avaliada como relativamente fraca (*alta confiança*). Ao longo dos caminhos socioeconômicos de longo prazo que reduzem os fatores não climáticos, os riscos de conflitos violentos diminuiriam (*média confiança*). Em níveis mais altos de aquecimento global, os impactos do clima e dos extremos climáticos, particularmente a seca, aumentaria a vulnerabilidade, favorecendo cada vez mais os violentos conflitos intraestatais (*média confiança*).

Desenvolvimento resiliente ao clima

O desenvolvimento resiliente ao clima envolve questões de equidade e transições de sistemas em terra, oceano e ecossistemas; urbano e infraestrutura; energia; indústria; sociedade e incluindo adaptações para a saúde humana, ecossistêmica planetária. A busca pelo desenvolvimento resiliente ao clima concentra-se tanto no local onde as pessoas e os ecossistemas estão localizados, quanto na proteção e manutenção da função do ecossistema em escala planetária. Os caminhos para o avanço do desenvolvimento resiliente ao clima são trajetórias de desenvolvimento que integram com sucesso as ações de mitigação e adaptação para promover o desenvolvimento sustentável. Os caminhos de desenvolvimento resilientes ao clima podem coincidir temporariamente com qualquer cenário RCP e SSP usado ao longo do AR6, mas não seguem nenhum cenário específico em todos os lugares e ao longo do tempo.

Condições para o desenvolvimento resiliente ao clima

- Evidências de impactos observados, riscos projetados, níveis e tendências de vulnerabilidade e limites de adaptação demonstram que a ação mundial de desenvolvimento resiliente ao clima é mais urgente do que previamente avaliada no AR5. Respostas abrangentes, eficazes e inovadoras podem aproveitar as sinergias e reduzir as compensações entre adaptação e mitigação para promover o desenvolvimento sustentável (*confiança muito alta*).
- Há uma janela de oportunidade cada vez mais estreita para permitir o desenvolvimento resiliente ao clima. Múltiplos caminhos de desenvolvimento resilientes ao clima ainda são possíveis pelos quais as comunidades, o setor privado, os governos e as nações podem buscar o desenvolvimento resiliente ao clima – cada um envolvendo e resultante de diferentes escolhas sociais influenciadas por diferentes contextos e oportunidades e restrições nas transições do sistema. Os caminhos de desenvolvimento resilientes ao clima são progressivamente restringidos por cada incremento de aquecimento, em particular acima de 1.5° C, desigualdades sociais e econômicas, o equilíbrio entre adaptação e mitigação variando por circunstâncias e geografias nacionais, regionais e locais, de acordo com capacidades, incluindo recursos, vulnerabilidade, cultura e valores, escolhas de desenvolvimento passadas que levaram a emissões passadas e cenários de aquecimento futuro, limitando os caminhos de desenvolvimento resilientes ao clima remanescentes e as maneiras pelas quais as trajetórias de desenvolvimento são moldadas pela equidade e justiça social e climática. (*confiança muito alta*).
- As oportunidades para o desenvolvimento resiliente ao clima não são distribuídas de forma equitativa em todo o mundo (*confiança muito alta*). Os impactos e riscos climáticos exacerbam a vulnerabilidade e as desigualdades sociais e econômicas e, conseqüentemente, aumentam os desafios de desenvolvimento persistentes e agudos, especialmente em regiões e sub-regiões em desenvolvimento e em locais particularmente expostos, incluindo costas, pequenas ilhas, desertos, montanhas e regiões polares. Isso, por sua vez, prejudica os esforços para alcançar o desenvolvimento sustentável, particularmente para comunidades vulneráveis e marginalizadas (*confiança muito alta*).
- A incorporação de adaptação, mitigação efetiva e equitativa no planejamento do desenvolvimento pode reduzir a vulnerabilidade, conservar e restaurar ecossistemas, bem como, permitir o desenvolvimento resiliente ao clima. Isso é especialmente desafiador em localidades com lacunas de desenvolvimento persistentes e recursos limitados (*alta confiança*). Existem compensações dinâmicas e prioridades concorrentes entre mitigação, adaptação e desenvolvimento. Soluções integradas e inclusivas orientadas para o sistema baseadas na equidade, justiça social e climática reduzindo os riscos que permitem o desenvolvimento resiliente ao clima (*alta confiança*).

Habilitando o desenvolvimento resiliente ao clima

- A médio e longo prazo, o deslocamento populacional aumentará com a intensificação de fortes precipitações e inundações associadas, ciclones tropicais, secas e, cada vez mais, o aumento do nível do mar (*alta confiança*). Em níveis progressivos de

aquecimento, ocorreria migração involuntária de regiões com alta exposição e baixa capacidade adaptativa (*média confiança*). Em comparação com outros fatores socioeconômicos, a influência do clima no conflito é avaliada como relativamente fraca (*alta confiança*). Ao longo dos caminhos socioeconômicos de longo prazo que reduzem os fatores não climáticos, o risco de conflito violento diminuiria (*média confiança*). Em níveis mais altos de aquecimento global, os impactos do clima e dos extremos climáticos, particularmente a seca, aumentando a vulnerabilidade, afetarão cada vez mais os violentos conflitos intraestatais (*média confiança*).

- O desenvolvimento resiliente ao clima é viabilizado quando os governos, a sociedade civil e o setor privado fazem escolhas de desenvolvimento inclusivas que priorizam a redução de riscos, a equidade e a justiça, e quando os processos de tomada de decisões, finanças e ações são integrados em todos os níveis de governança, setores e prazos (*confiança muito alta*). O desenvolvimento resiliente ao clima é facilitado pela cooperação internacional e por governos em todos os níveis, trabalhando com comunidades, sociedade civil, órgãos educacionais, instituições científicas e outras, mídia, investidores e empresas; e desenvolvendo parcerias com grupos tradicionalmente marginalizados, incluindo mulheres, jovens, Povos Indígenas, comunidades locais e minorias étnicas (*alta confiança*). Essas parcerias são mais eficazes quando apoiadas por liderança política, instituições, recursos, incluindo finanças, bem como, serviços climáticos, informações e ferramentas de apoio à decisão (*alta confiança*).
- O desenvolvimento resiliente ao clima avança quando os atores trabalham de maneira equitativa, justa e capacitadora para reconciliar interesses, valores e visões de mundo divergentes, em direção a resultados equitativos e justos (*alta confiança*). Essas práticas se baseiam em diversos conhecimentos sobre riscos climáticos e os caminhos de desenvolvimento escolhidos levam em conta os impactos, riscos, barreiras e oportunidades do clima local, regional e global (*alta confiança*). As vulnerabilidades estruturais às mudanças climáticas podem ser reduzidas por meio de intervenções legais, políticas e processuais cuidadosamente projetadas e implementadas, do local ao global, que abordam as desigualdades com base em gênero, etnia, deficiência, idade, localização e renda (*confiança muito alta*). Isso inclui abordagens baseadas em direitos que se concentram na capacitação, participação significativa dos grupos mais vulneráveis e seu acesso a recursos-chave, incluindo financiamento, para reduzir o risco e adaptar (*alta confiança*). As evidências mostram que os processos de desenvolvimento resilientes ao clima vinculam conhecimentos científicos, indígenas, locais, profissionais e outras formas de conhecimento e são mais eficazes e sustentáveis porque são localmente apropriados e levam a ações mais legítimas, relevantes e eficazes (*alta confiança*). Processos de planejamento e ferramentas de análise de decisão podem ajudar a identificar opções de “pouco arrependimento” que permitem mitigação e adaptação diante de mudanças, complexidade, incerteza profunda e visões divergentes (*média confiança*).
- A governança inclusiva contribui para resultados de adaptação mais eficazes e duradouros e permite o desenvolvimento resiliente ao clima (*alta confiança*). Processos inclusivos fortalecem a capacidade dos governos e outras partes interessadas de considerar conjuntamente fatores como a taxa e magnitude das mudanças e incertezas, impactos associados e prazos de diferentes caminhos de desenvolvimento resilientes ao clima, dadas as escolhas de desenvolvimento anteriores que levaram a

emissões passadas e cenários de aquecimento global futuro (*alta confiança*). As escolhas sociais associadas são feitas continuamente por meio de interações em arenas de engajamento do nível local ao internacional. A qualidade e o resultado dessas interações ajudam a determinar se os caminhos de desenvolvimento se aproximam ou se afastam do desenvolvimento resiliente ao clima (*média confiança*).

- A governança para o desenvolvimento resiliente ao clima é mais eficaz quando apoiada por instituições e práticas formais e informais que estão bem alinhadas em todas as escalas, setores, domínios políticos e prazos. Os esforços de governança que promovem o desenvolvimento resiliente ao clima levam em conta a natureza dinâmica, incerta e específica do contexto do risco relacionado ao clima e suas interconexões com riscos não climáticos. As instituições que permitem o desenvolvimento resiliente ao clima são flexíveis e responsivas aos riscos emergentes e facilitam a ação sustentada e oportuna. A governança para o desenvolvimento resiliente ao clima é possibilitada por recursos humanos e tecnológicos adequados e apropriados, informações, capacidades e financiamento (*alta confiança*).

Desenvolvimento resiliente ao clima para sistemas naturais e humanos

- As interações entre a mudança da forma urbana, a exposição e a vulnerabilidade podem criar riscos e perdas induzidas pelas mudanças climáticas para cidades e assentamentos. No entanto, a tendência global de urbanização também oferece uma oportunidade crítica no curto prazo, para promover o desenvolvimento resiliente ao clima (*alta confiança*). O planejamento integrado e inclusivo e o investimento na tomada de decisões cotidianas sobre infraestrutura urbana, incluindo infraestruturas sociais, ecológicas e edificações, podem aumentar significativamente a capacidade de adaptação dos assentamentos urbanos e rurais. Resultados equitativos contribuem para múltiplos benefícios para a saúde e bem-estar e serviços ecossistêmicos, inclusive para Povos Indígenas, comunidades marginalizadas e vulneráveis (*alta confiança*). O desenvolvimento resiliente ao clima em áreas urbanas também apoia a capacidade de adaptação em mais locais rurais através da manutenção de cadeias de abastecimento periurbanas de bens e serviços e fluxos financeiros (*média confiança*). As cidades e assentamentos costeiros desempenham um papel especialmente importante no avanço do desenvolvimento resiliente ao clima (*alta confiança*).
- A adoção de ações integradas para a resiliência climática para evitar riscos climáticos requer uma tomada de decisão urgente para o novo ambiente construído e a adaptação de projetos urbanos, infraestrutura e uso do solo existentes. Com base nas circunstâncias socioeconômicas, as ações de adaptação e desenvolvimento sustentável proporcionarão múltiplos benefícios, inclusive para a saúde e o bem-estar, principalmente quando apoiadas por governos nacionais, organizações não governamentais e agências internacionais que trabalham em vários setores em parceria com as comunidades locais. Parcerias equitativas entre governos locais e municipais, setor privado, Povos Indígenas, comunidades locais e sociedade civil podem, inclusive por meio da cooperação internacional, promover o desenvolvimento resiliente ao clima abordando desigualdades estruturais, riscos entre cidades e a integração de comunidades indígenas e conhecimento local (*alta confiança*).

- A rápida urbanização global oferece oportunidades para o desenvolvimento resiliente ao clima em diversos contextos, desde assentamentos rurais e informais até grandes áreas metropolitanas (*alta confiança*). Modelos dominantes de urbanização intensiva em energia e liderada pelo mercado, financiamento insuficiente e desalinhado e foco predominante em edificações na ausência de integração com abordagens ecológicas e sociais, correm o risco de perder oportunidades de adaptação e travar em má adaptação (*alta confiança*). O mau planejamento do uso da terra e do solo, as abordagens isoladas ao planejamento de saúde, ecológico e social também exacerbam a vulnerabilidade em comunidades já marginalizadas (*média confiança*). Observa-se que o desenvolvimento resiliente ao clima urbano é mais eficaz se for responsivo ao desenvolvimento regional e local do uso da terra e do solo e, às lacunas de adaptação ao abordar os fatores subjacentes da vulnerabilidade (*alta confiança*). Os maiores ganhos em bem-estar podem ser alcançados priorizando o financiamento para reduzir o risco climático para moradores de baixa renda e marginalizados, incluindo pessoas que vivem em assentamentos informais (*alta confiança*).
- Os sistemas urbanos são locais críticos e interconectados para permitir o desenvolvimento resiliente ao clima, especialmente na costa. As cidades e assentamentos costeiros desempenham papel fundamental na mudança para um desenvolvimento mais resiliente ao clima, dado que, em primeiro lugar, quase 11% da população global – 896 milhões de pessoas – viviam na Zona Costeira de Baixa Elevação em 2020, potencialmente aumentando para mais de 1 bilhão de pessoas até 2050, e essas pessoas, e os ecossistemas costeiros e de desenvolvimento associados, enfrentam riscos agravados pelo clima, incluindo a elevação do nível do mar. Em segundo lugar, essas cidades e assentamentos costeiros fazem contribuições importantes para o desenvolvimento resiliente ao clima por meio de seu papel vital nas economias nacionais e nas comunidades do interior, nas cadeias de suprimentos do comércio global, no intercâmbio cultural e nos centros de inovação (*alta confiança*).
- A salvaguarda da biodiversidade e dos ecossistemas é fundamental para o desenvolvimento resiliente ao clima, à luz das ameaças que as alterações climáticas representam para eles e seus papéis na adaptação e mitigação (*confiança muito alta*). Análises recentes, com base em uma série de evidências, sugerem que a manutenção da resiliência da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos em escala global depende da conservação efetiva e equitativa de aproximadamente 30% a 50% das áreas terrestres, de água doce e oceânicas da Terra, incluindo atualmente ecossistemas quase naturais (*alta confiança*).
- Proteger e restaurar os ecossistemas é essencial manter e aumentar a resiliência da biosfera (*confiança muito alta*). A degradação e a perda de ecossistemas são causas das emissões de GEE e estão em risco crescente de serem exacerbadas pelos impactos das mudanças climáticas, incluindo secas e incêndios florestais (*alta confiança*). O desenvolvimento resiliente ao clima evita medidas de adaptação e mitigação que danificam os ecossistemas (*alta confiança*). Exemplos documentados de impactos adversos de medidas baseadas na terra destinadas a mitigação, quando mal implementadas, incluem arborização de pastagens, savanas e turfeiras e riscos de culturas bioenergéticas em grande escala para o abastecimento de água, segurança alimentar e biodiversidade (*alta confiança*).
- A biodiversidade e os serviços ecossistêmicos têm capacidade limitada para se adaptar aos níveis crescentes de aquecimento global, o que tornará o desenvolvimento

resiliente ao clima progressivamente mais difícil de alcançar além do aquecimento de 1,5° C (*confiança muito alta*).

- É inequívoco que as mudanças climáticas já perturbaram os sistemas humanos e naturais. As tendências de desenvolvimento passadas e atuais (emissões passadas, desenvolvimento e mudanças climáticas) não promoveram o desenvolvimento global resiliente ao clima (*confiança muito alta*). As escolhas e ações da sociedade implementadas na próxima década determinarão até que ponto os caminhos de médio e longo prazo proporcionarão um desenvolvimento resiliente ao clima mais alto ou mais baixo (*alta confiança*). É importante ressaltar que as perspectivas de desenvolvimento resiliente ao clima são cada vez mais limitadas se as emissões atuais de GEE não diminuírem rapidamente, especialmente se o aquecimento global de 1,5° C for excedido no curto prazo (*alta confiança*). Essas perspectivas são limitadas pelo desenvolvimento passado, emissões e mudanças climáticas, e possibilitadas por governança inclusiva, recursos humanos e tecnológicos adequados e apropriados, informações, capacidades e finanças (*alta confiança*).
- O desenvolvimento resiliente ao clima já é desafiador nos níveis atuais de aquecimento global (*alta confiança*). As perspectivas de desenvolvimento resiliente ao clima serão ainda mais limitadas se os níveis de aquecimento global excederem 1,5° C (*alta confiança*) e não serão possíveis em algumas regiões e sub-regiões se o nível de aquecimento global exceder 2° C (*média confiança*). O desenvolvimento resiliente ao clima é mais restrito em regiões/sub-regiões em que os impactos e riscos climáticos já estão avançados, incluindo cidades e assentamentos costeiros de baixa altitude, pequenas ilhas, desertos, montanhas e regiões polares (*alta confiança*). Regiões e sub-regiões com altos níveis de pobreza, insegurança hídrica, alimentar e energética, ambientes urbanos vulneráveis, ecossistemas e ambientes rurais degradados e/ou poucas condições favoráveis, enfrentam muitos desafios não climáticos que inibem o desenvolvimento resiliente ao clima, que são ainda mais exacerbados pelo clima mudança (*alta confiança*).
- Governança inclusiva, investimento alinhado ao desenvolvimento resiliente ao clima, acesso à tecnologia apropriada e financiamento rapidamente ampliado e capacitação dos governos em todos os níveis, do setor privado e da sociedade civil permitem o desenvolvimento resiliente ao clima. A experiência mostra que os processos de desenvolvimento resilientes ao clima são oportunos, antecipatórios, integrativos, flexíveis e focados na ação. Objetivos comuns e aprendizagem social constroem capacidade adaptativa para o desenvolvimento resiliente ao clima. Ao implementar a adaptação e a mitigação em conjunto, e levando em consideração as compensações, vários benefícios e sinergias para o bem-estar humano, bem como a saúde do ecossistema e do planeta podem ser alcançados. As perspectivas de desenvolvimento resiliente ao clima são aumentadas por processos inclusivos envolvendo conhecimento local e conhecimento indígena, bem como, processos que coordenam os riscos e as instituições. O desenvolvimento resiliente ao clima é possibilitado pelo aumento da cooperação internacional, incluindo a mobilização e melhoria do acesso ao financiamento, particularmente para regiões, setores e grupos vulneráveis (*alta confiança*).
- A evidência científica cumulativa é inequívoca: a mudança climática é uma ameaça ao bem-estar humano e à saúde planetária. Qualquer atraso adicional na ação global antecipada concertada sobre adaptação e mitigação perderá uma janela de

oportunidade breve e que se fecha rapidamente para garantir um futuro habitável e sustentável para todos (*confiança muito alta*).

6. Relatório de avaliação “*Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*” (Mudança Climática 2022: Mitigação das Mudanças Climáticas)

O relatório “*Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*”⁽³⁾ elaborado pelo WGIII do IPCC-AR6, lançado em abril de 2022, é uma análise científica mais abrangente sobre como podemos mitigar as mudanças climáticas. A seguir serão apresentadas as principais avaliações desse relatório.

Desenvolvimentos recentes e tendências atuais

- As emissões líquidas cumulativas históricas de CO₂ de 1850 a 2019 foram de 2400±240 GtCO₂ (*alta confiança*). Destes, mais da metade (58%) ocorreu entre 1850 e 1989 [1400±195 GtCO₂], e cerca de 42% entre 1990 e 2019 [1000±90 GtCO₂]. Cerca de 17% das emissões líquidas acumuladas históricas de CO₂ desde 1850 ocorreram entre 2010 e 2019 [410±30 GtCO₂]. [veja a anotação 1]. Em comparação, a estimativa central atual do orçamento de carbono restante a partir de 2020 para limitar o aquecimento a 1,5° C com uma probabilidade de 50% foi avaliada como 500 GtCO₂ e como 1150 GtCO₂ para uma probabilidade de 67 % para limitar o aquecimento a 2° C. Os orçamentos de carbono restantes dependem da quantidade de mitigação não-CO₂ (±220 GtCO₂) e estão ainda sujeitos a incertezas geofísicas. Com base apenas em estimativas centrais, as emissões líquidas cumulativas de CO₂ entre 2010-2019 se comparam a cerca de quatro quintos do tamanho do orçamento de carbono restante a partir de 2020 para uma probabilidade de 50% de limitar o aquecimento global a 1,5°C e cerca de um terço do orçamento de carbono restante para uma probabilidade de 67% de limitar o aquecimento global a 2° C. Mesmo levando em conta as incertezas, as emissões históricas entre 1850 e 2019 constituem uma grande parte dos orçamentos totais de carbono para esses níveis de aquecimento global [veja as anotações 2 e 3]. Com base apenas em estimativas centrais, as emissões líquidas cumulativas históricas de CO₂ entre 1850-2019 totalizam cerca de quatro quintos [veja a anotação 3] do orçamento total de carbono para uma probabilidade de 50% de limitar o aquecimento global a 1,5° C (estimativa central de cerca de 2900 GtCO₂), e para cerca de dois terços [veja a anotação 3] do orçamento total de carbono para uma probabilidade de 67% de limitar o aquecimento global a 2° C (estimativa central de cerca de 3550 GtCO₂).

Anotação 1: Para consistência com o WGI, as emissões cumulativas históricas de CO₂ de 1850-2019 são relatadas usando intervalos de confiança de 68%.

Anotação 2: O orçamento de carbono é a quantidade máxima de emissões antropogênicas globais líquidas cumulativas de CO₂ que resultariam na limitação do aquecimento global a um determinado nível com uma determinada probabilidade, levando em consideração o efeito de outros fatores climáticos antropogênicos. Isto é referido como o orçamento de carbono total quando expresso a partir do período pré-industrial, e como o orçamento de carbono restante quando expresso a partir de uma data especificada recente. Os orçamentos totais de carbono relatados aqui são a soma das emissões históricas de 1850 a 2019 e os orçamentos de carbono restantes de 2020 em diante, que se estendem até que as emissões líquidas global zero de CO₂ sejam atingidas.

Anotação 3: As incertezas para os orçamentos totais de carbono não foram avaliadas e podem afetar as frações calculadas específicas.

- As emissões líquidas totais de GEE antropogênicos aumentaram durante o período 2010 – 2019, assim como as emissões líquidas cumulativas de CO₂ desde 1850. As emissões médias anuais de GEE durante 2010 - 2019 foram maiores que qualquer década anterior, mas a taxa de crescimento entre 2010 e 2019 foi menor que entre 2000 e 2009 (*alta confiança*). As emissões antropogênicas líquidas globais de GEE foram de 59±6,6 GtCO₂-eq em 2019, cerca de 12% (6,5 GtCO₂-eq) maior que em 2010 e 54% (21 GtCO₂-eq) maior que em 1990. A média anual durante a década de 2010 – 2019 foi de 56±6,0 GtCO₂-eq, 9,1 GtCO₂-eq/ano maior que em 2000 - 2009. Este é o maior aumento nas emissões médias decenais já registradas. A taxa média anual de crescimento diminuiu em 2,1% ao ano entre 2000 e 2009 para 1,3% ao ano entre 2010 e 2019 (*alta confiança*).
- As emissões antropogênicas líquidas de GEE aumentaram desde 2010 em todos os principais setores do mundo. Uma parcela crescente das emissões pode ser atribuída às áreas urbanas. As reduções nas emissões de CO₂ de combustíveis fósseis e processos industriais, devido a melhorias na intensidade energética do PIB e na intensidade de carbono da energia, foram menores que os aumentos de emissões decorrentes do aumento dos níveis de atividade global na indústria, fornecimento de energia, transporte, agricultura e edifícios (*alta confiança*).
- Em 2019, aproximadamente 34% [20 GtCO₂-eq] do total de emissões antropogênicas líquidas de GEE vieram do setor de fornecimento de energia, 24% [14 GtCO₂-eq] da indústria, 22% [13 GtCO₂-eq] da agricultura, silvicultura e outros usos da terra (AFOLU), 15% [8,7 GtCO₂-eq] de transporte e 6% [3,3 GtCO₂-eq] de edificações.
- Se as emissões da produção de eletricidade e calor são atribuídas aos setores que usam a energia final, 90% dessas emissões indiretas são alocadas aos setores da indústria e construção, aumentando suas participações relativas de emissões de GEE de 24% para 34% e de 6% para 16%, respectivamente. Depois de realocar as emissões da produção de eletricidade e calor, o setor de fornecimento de energia responde por 12% das emissões antrópicas líquidas globais de GEE (*alta confiança*).
- O crescimento médio anual das emissões de GEE entre 2010 e 2019 desacelerou em relação à década anterior no fornecimento de energia [de 2,3% para 1,0%] e na indústria [de 3,4% para 1,4%], mas permaneceu aproximadamente constante em cerca de 2% ao ano no setor de transporte (*alta confiança*). O crescimento das emissões em AFOLU, compreendendo emissões da agricultura (principalmente CH₄ e N₂O) e silvicultura e outros usos da terra (principalmente CO₂) é mais incerto do que em outros setores, devido à alta participação e incerteza das emissões de uso da terra, mudança de uso da terra e silvicultura (CO₂-LULUCF) (*média confiança*). Cerca de metade das emissões líquidas totais de AFOLU são de CO₂ LULUCF, predominantemente de desmatamento (*média confiança*).
- A parcela global de emissões que podem ser atribuídas às áreas urbanas está aumentando. Em 2015, as emissões urbanas foram estimadas em 25 GtCO₂-eq (cerca de 62% da participação global) e, em 2020, 29 GtCO₂-eq (67-72% da participação global). As causas da emissão urbana de GEE são complexas e incluem tamanho da população, renda, estado de urbanização e forma urbana (*alta confiança*).

- As contribuições regionais para as emissões globais de GEE continuam a diferir amplamente. As variações nas emissões per capita regionais e nacionais refletem, em parte, diferentes estágios do desenvolvimento, mas também variam amplamente em níveis de renda semelhantes. Os 10% dos domicílios com as maiores emissões per capita contribuem com uma parcela desproporcionalmente grande das emissões domésticas globais de GEE. Pelo menos 18 países têm sustentado reduções de emissões de GEE por mais de 10 anos (*alta confiança*).
- As tendências de emissões de GEE ao longo de 1990-2019 variam amplamente entre as regiões e ao longo do tempo, em diferentes estágios de desenvolvimento. As médias globais de emissões antropogênicas líquidas per capita de GEE aumentaram de 7,7 para 7,8 tCO₂-eq, variando de 2,6 tCO₂-eq a 19 tCO₂-eq entre as regiões. Os Países Menos Desenvolvidos (PMDs) e os Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento (SIDS) têm emissões per capita muito mais baixas (1,7 tCO₂-eq, 4,6 tCO₂-eq, respectivamente) do que a média global (6,9 tCO₂-eq), excluindo CO₂-LULUCF (*alta confiança*).
- As contribuições históricas para as emissões antropogênicas líquidas cumulativas de CO₂ entre 1850 e 2019 variam substancialmente entre as regiões em magnitude total, mas também, em termos de contribuições para CO₂-FFI (queima de combustíveis fósseis e processos industriais) (1650 +/- 73 GtCO₂-eq) e CO₂-LULUCF líquido (760 +/- 220 GtCO₂-eq). Globalmente, a maior parte das emissões cumulativas de CO₂-FFI está concentrada em algumas regiões, enquanto as emissões cumulativas de CO₂-LULUCF estão concentradas em outras regiões. Os Países Menos Desenvolvidos contribuíram com menos de 0,4% das emissões cumulativas históricas de CO₂-FFI entre 1850 e 2019, enquanto os Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento contribuíram com 0,5% (*alta confiança*).
- Em 2019, cerca de 48% da população global vivem em países que emitem em média mais de 6t CO₂-eq per capita, excluindo CO₂-LULUCF, onde 35% vivem em países que emitem mais de 9 tCO₂-eq per capita. Outros 41% vivem em países que emitem menos de 3 tCO₂-eq per capita. Uma parcela substancial das populações nesses países de baixa emissão não possuem acesso a serviços modernos de energia. Erradicar a pobreza extrema, a pobreza energética e proporcionar padrões de vida decentes a todos nessas regiões no contexto de alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável, no curto prazo, podem ser alcançados sem um aumento significativo das emissões globais (*alta confiança*).
- Pelo menos 18 países sustentaram reduções de emissões de GEE baseadas na produção e no consumo por mais de 10 anos. As reduções foram associadas à descarbonização da oferta de energia, ganhos de eficiência energética e redução da demanda de energia, que resultaram tanto em políticas quanto mudanças na estrutura econômica. Alguns países reduziram as emissões de GEE com base na produção a um terço ou mais desde o pico de suas emissões, e alguns alcançaram vários anos de taxas consecutivas de redução de emissões, cerca de 4% ao ano, comparáveis às reduções globais em cenários que limitam o aquecimento a 2° C (>67%) ou inferior. Essas reduções compensaram apenas parcialmente o crescimento das emissões globais (*alta confiança*).
- O custo unitário de várias tecnologias, de baixa emissão, caíram continuamente desde 2010. Os pacotes de políticas de inovação permitiram essas reduções de custo e apoiaram a adoção global. Tanto as políticas personalizadas, quanto as políticas

abrangentes que abordam os sistemas de inovação ajudaram a superar os impactos distributivos, ambientais e sociais potencialmente associados à difusão global de tecnologias de baixa emissão. A inovação ficou para trás nos países em desenvolvimento, devido a condições de habilitação mais fracas. A digitalização pode permitir reduções de emissões, mas pode ter efeitos colaterais adversos, a menos que seja adequadamente governada (*alta confiança*).

- De 2010 a 2019, houve reduções sustentadas nos custos unitários de energia solar (85%), energia eólica (55%) e baterias de íons de lítio (85%) e grandes aumentos em sua implantação, por exemplo, > 10x para energia solar e >100x para veículos elétricos (EVs), variando amplamente entre as regiões. A combinação de instrumentos de política que reduziram os custos e estimularam a adoção inclui P&D público, financiamento para projetos piloto e de demonstração e instrumentos de atração de demanda, como subsídios de implantação para atingir a escala. Em comparação com as tecnologias modulares de pequenas unidades, o registro empírico mostra que várias tecnologias de mitigação em grande escala, com menos oportunidades de aprendizado, tiveram reduções de custo mínimas e sua adoção cresceu lentamente. (*alta confiança*)
- As tecnologias digitais podem contribuir para a mitigação das mudanças climáticas e o alcance de diversos ODS (*alta confiança*). Por exemplo, sensores, Internet das Coisas, robótica e inteligência artificial podem melhorar o gerenciamento de energia em todos os setores, aumentar a eficiência energética e promover a adoção de muitas tecnologias de baixa emissão, incluindo energia renovável descentralizada, criando oportunidades econômicas (*alta confiança*). No entanto, alguns desses ganhos de mitigação das mudanças climáticas podem ser reduzidos ou contrabalançados pelo crescimento da demanda por bens e serviços devido ao uso de dispositivos digitais (*alta confiança*). A digitalização pode envolver trade-offs em vários ODS, por exemplo, aumentar o lixo eletrônico, impactos negativos nos mercados de trabalho e exacerbar a divisão digital existente. A tecnologia digital suporta a descarbonização apenas se governada adequadamente (*alta confiança*).
- As emissões globais de GEE em 2030 associadas à implementação de contribuições determinadas nacionalmente (NDCs) anunciadas antes da COP26 tornariam provável que o aquecimento excedesse 1,5° C durante o século XXI. Provavelmente, limitar o aquecimento abaixo de 2° C dependeria de uma rápida aceleração dos esforços de mitigação após 2030. As políticas implementadas até o final de 2020 devem resultar em emissões globais de GEE mais altas que as implícitas nas NDCs (*alta confiança*).
- Prevê-se que as políticas implementadas até o final de 2020 resultem em emissões globais de GEE mais altas que as implícitas nas NDCs, indicando uma lacuna de implementação. Permanece uma lacuna entre as emissões globais de GEE em 2030 associadas à implementação de NDCs anunciadas antes da COP26 e aquelas associadas a caminhos de mitigação modelados assumindo ação imediata. A magnitude da lacuna de emissão depende do nível de aquecimento global considerado e se apenas elementos incondicionais ou também condicionais das NDCs são considerados (*alta confiança*).
- As emissões globais em 2030 associadas à implementação das NDCs anunciadas antes da COP26 são menores que as emissões implícitas nas NDCs originais (*alta confiança*). A lacuna de emissão original caiu cerca de 20% a um terço em relação às vias que limitam o aquecimento a 2° C (> 67%) com ação imediata, e cerca de 15-20%

em relação às vias que limitam o aquecimento a 1,5° C (> 50%) sem *overshoot* ou limitado (*média confiança*).

- As vias de emissões globais modeladas consistentes com as NDCs anunciadas antes da COP26 que limitam o aquecimento a 2° C (> 67%) implicam taxas médias anuais de redução de emissões globais de GEE de 0–0,7 GtCO₂-eq por ano durante a década de 2020-2030, com uma aceleração para 1,4–2,0 GtCO₂-eq por ano durante 2030-2050 (*média confiança*). Investimentos contínuos em infraestrutura de alta emissão inabalável, desenvolvimento e implantação, limitados de alternativas de baixa emissão antes de 2030 atuariam como barreiras a essa aceleração e aumentariam os riscos de viabilidade (*alta confiança*).
- As vias de emissão globais, modeladas consistentes com as NDCs, anunciadas antes da COP26, provavelmente excederão 1,5° C durante o Século XXI. Aqueles caminhos que então retornam o aquecimento para 1,5° C em 2100 com uma probabilidade de 50% ou mais implicam em um aumento de temperatura de 0,15° C - 0,3° C. Nesses caminhos, as emissões líquidas cumulativas globais de CO₂ são -380 [-860 a -200] GtCO₂ na segunda metade do século, e há uma rápida aceleração de outros esforços de mitigação em todos os setores pós-2030. Tais caminhos de superação implicam no aumento do risco relacionado ao clima e estão sujeitos a maiores preocupações de viabilidade, maiores riscos sociais e ambientais, em comparação com caminhos que limitam o aquecimento a 1,5° C (> 50%) sem excesso ou limitado (*alta confiança*).
- O WGIII mostra as emissões globais de GEE entre 2015-2050 para quatro tipos de caminhos globais modelados avaliados:
 - Tendência das políticas implementadas: Caminhos com emissões de GEE projetadas no curto prazo em linha com as políticas implementadas até o final de 2020 e estendidas com níveis de ambição comparáveis além de 2030.
 - Limitar a 2° C (> 67%) ou retornar o aquecimento a 1,5° C (> 50%) após um alto *overshoot*, NDCs até 2030: Caminhos com emissões de GEE até 2030 associados à implementação de NDCs anunciados antes da COP26, seguidos por reduções aceleradas de emissões que provavelmente limitarão o aquecimento a 2° C ou retornarão o aquecimento a 1,5° C com uma probabilidade de 50% ou mais após um alto *overshoot*.
 - Limite a 2° C (> 67%) com ação imediata: vias que limitam o aquecimento a 2° C (> 67%) com ação imediata após 2020.
 - Limite a 1,5° C (> 50%) sem ultrapassagem ou ultrapassagem limitada: vias que limitam o aquecimento a 1,5° C sem ultrapassagem ou ultrapassagem limitada. Todos esses caminhos assumem ação imediata após 2020.

Transformações do sistema para limitar o aquecimento global

- Prevê-se que as emissões globais de GEE atinjam o pico entre 2020 e, o mais tardar, antes de 2025 em vias globais modeladas que limitam o aquecimento a 1,5° C (> 50%) sem excesso ou limitado e naquelas que limitam o aquecimento a 2° C (> 67%) e assumindo uma ação imediata. Em ambos os tipos de caminhos modelados, reduções rápidas e profundas de emissões de GEE seguem ao longo de 2030, 2040 e 2050 (*alta confiança*). Sem um fortalecimento de políticas, além daquelas implementadas até o

final de 2020, as emissões de GEE devem aumentar além de 2025, levando a um aquecimento global médio de 3,2 [2,2 a 3,5] °C até 2100 (*média confiança*).

- As emissões globais líquidas de GEE estão projetadas para cair dos níveis de 2019 em 27% [13–45%] até 2030 e 63% [52–76%] até 2050 em caminhos globais modelados que limitam o aquecimento a 2° C (> 67%), assumindo uma ação imediata. Isso se compara às reduções de 43% [34–60%] até 2030 e 84% [73–98%] até 2050 em vias que limitam o aquecimento a 1,5° C (> 50%) sem excesso ou limitado (*alta confiança*). Em caminhos modelados que retornam o aquecimento a 1,5° C (> 50%) após um alto *overshoot*, as emissões de GEE são reduzidas em 23% [0–44%] em 2030 e em 75% [62–91%] em 2050 (*alta confiança*). Os caminhos modelados, que são consistentes com as NDCs anunciadas antes da COP26, até 2030, e não assumem nenhum aumento na ambição depois disso, têm emissões mais altas, levando a um aquecimento global médio de 2,8° C [2,1–3,4° C] até 2100 (*média confiança*).
- Em cenários de caminhos modelados que limitam o aquecimento a 2° C (> 67%) assumindo ação imediata, as emissões líquidas globais de CO₂ são reduzidas em comparação com as emissões modeladas de 2019 em 27% [11–46%] em 2030 e em 52% [36–70%] em 2040; e as emissões globais de CH₄ são reduzidas em 24% [9–53%] em 2030 e em 37% [20–60%] em 2040. As emissões líquidas de CO₂ são reduzidas em comparação com as emissões modeladas de 2019 em 48% [36–69%] em 2030 e em 80% [61–109%] em 2040; e as emissões globais de CH₄ são reduzidas em 34% [21–57%] em 2030 e 44% [31–63%] em 2040. Há reduções semelhantes de emissões não-CO₂ até 2050 em ambos os tipos de vias (cenários SSPs): CH₄ é reduzido em 45% [25–70%]; N₂O é reduzido em 20% [-5 – 55%]; e os F-Gases (gás fluorado) são reduzidos em 85% [20–90%]. Na maioria dos cenários modelados, este é o potencial técnico máximo para reduções antropogênicas de CH₄ nos modelos subjacentes (*alta confiança*). Reduções adicionais de emissões, podem ser alcançadas por meio de mudanças nos níveis de atividade e/ou inovações tecnológicas além daquelas representadas na maioria das vias (*média confiança*). Reduções mais altas de emissões de CH₄ poderiam reduzir ainda mais o pico aquecimento (*alta confiança*).
- As vias modeladas globais que se enquadram na categoria de temperatura mais baixa da literatura avaliada estão, em média, associadas a um pico de aquecimento mediano mais alto no AR6 em comparação com vias na mesma categoria no SR 1.5⁽⁶⁾ [veja a anotação 4]. Nas vias modeladas em AR6, a probabilidade de limitar o aquecimento a 1,5° C diminuiu em média em comparação com SR1.5. Isso ocorre porque as emissões de GEE aumentaram desde 2017 e muitos caminhos recentes apresentam emissões projetadas mais altas até 2030, emissões líquidas cumulativas mais altas de CO₂ e datas ligeiramente posteriores para atingir zero CO₂ líquido ou emissões líquidas zero de GEE. Altos desafios de mitigação, por exemplo, devido a suposições de mudanças tecnológicas lentas, altos níveis de crescimento populacional global e alta fragmentação como no Caminho Socioeconômico Compartilhado SSP3, podem renderizar caminhos modelados que limitam o aquecimento a 2° C (> 67%) ou inferior inviável (*média confiança*).

Anotação 4: O SR 1.5 é um relatório especial do IPCC sobre os impactos do aquecimento global de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais e os caminhos de emissão global de GEE

relacionados, no contexto do fortalecimento da resposta global à ameaça das mudanças climáticas, desenvolvimento sustentável e esforços para erradicar a pobreza.

- A implantação de CDR para contrabalançar as emissões residuais difíceis de reduzir é inevitável se as emissões líquidas zero de CO₂ ou GEE forem alcançadas. A escala e o momento da implantação dependerão das trajetórias das reduções brutas de emissões em diferentes setores. A ampliação da implantação do CDR depende do desenvolvimento de abordagens eficazes para abordar as restrições de viabilidade e sustentabilidade, especialmente em grandes escalas (*alta confiança*).
- CDR refere-se a atividades antropogênicas que removem CO₂ da atmosfera e o armazenam de forma durável em reservatórios geológicos, terrestres ou oceânicos, ou em produtos. Os métodos de CDR variam em termos de maturidade, processo de remoção, prazo de armazenamento de carbono, meio de armazenamento, potencial de mitigação, custo, cobenefícios, impactos, riscos e requisitos de governança (*alta confiança*). Especificamente, a maturidade varia de maturidade mais baixa (por exemplo, alcalinização do oceano) a maturidade mais alta (por exemplo, reflorestamento); o potencial de remoção e armazenamento varia de menor potencial (<1 GtCO₂ ano⁻¹, por exemplo, manejo de carbono azul) a maior potencial (>3 GtCO₂ ano⁻¹, por exemplo, agrofloresta); os custos variam de custo mais baixo (por exemplo, 45-100 USD/tCO₂ para sequestro de carbono no solo) a um custo mais alto (por exemplo, 100-300 USD/tCO₂ para DACCS) (*média confiança*). Os prazos estimados de armazenamento variam de décadas a séculos, de acordo com os métodos que armazenam carbono na vegetação e através do manejo de carbono do solo, até dez mil anos ou mais para métodos que armazenam carbono em formações geológicas (*alta confiança*). Os processos pelos quais o CO₂ é removido da atmosfera são categorizados como biológicos, geoquímicos ou químicos. O florestamento, o reflorestamento, o manejo florestal melhorado, a agrossilvicultura e sequestro de carbono do solo são atualmente os únicos métodos de CDR amplamente praticados (*alta confiança*).
- Os impactos, riscos e cobenefícios da implantação de CDR para os ecossistemas, a biodiversidade e as pessoas serão altamente variáveis dependendo do método, contexto específico do local, implementação e escala (*alta confiança*). O reflorestamento, a gestão florestal melhorada, o sequestro de carbono do solo, a restauração de turfeiras e a gestão de carbono azul são exemplos de métodos que podem melhorar a biodiversidade e as funções do ecossistema, emprego e meios de subsistência locais, dependendo do contexto (*alta confiança*). Em contraste, o reflorestamento ou produção de culturas de biomassa para BECCS [veja a anotação 5] ou biochar, quando mal implementado, pode ter impactos socioeconômicos e ambientais adversos, inclusive na biodiversidade, segurança alimentar e hídrica, nos meios de subsistência locais e nos direitos dos Povos Indígenas, especialmente se implementado em grandes escalas e onde a posse da terra é insegura (*alta confiança*). A fertilização oceânica, se implementada, pode levar à redistribuição de nutrientes, reestruturação de ecossistemas, aumento do consumo de oxigênio e acidificação em águas mais profundas (*média confiança*).

Anotação 5: BECCS é a sigla para Biomass Energy with Carbon Capture and Storage, que pode ser traduzido para o português como Sistemas de Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono. Trata-se de uma tecnologia ou um conjunto de tecnologias

que associa empregos da energia de biomassa a captura e armazenamento de carbono, processo realizado sempre em grande escala. Com isso, é possível sequestrar o carbono presente na atmosfera.

- A remoção e armazenamento de CO₂ por meio do manejo da vegetação e do solo pode ser revertido por distúrbios humanos ou naturais; também é propenso aos impactos das mudanças climáticas. Em comparação, o CO₂ armazenado em reservatórios geológicos e oceânicos (via BECCS, DACCS, alcalinização oceânica) e como carbono no biocarvão é menos propenso à reversão (*alta confiança*).
- Além de reduções profundas, rápidas e sustentadas de emissões, o CDR pode cumprir três funções complementares diferentes globalmente ou em nível de país: reduzir as emissões líquidas de CO₂ ou GEE no curto prazo; contrabalançar as emissões residuais “difíceis de reduzir” (por exemplo, emissões da agricultura, aviação, transporte marítimo, processos industriais) para ajudar a alcançar zero emissões líquidas de CO₂ ou zero emissões líquidas de GEE no médio prazo; alcançar emissões líquidas negativas de CO₂ ou GEE a longo prazo se implantadas em níveis que excedam as emissões residuais anuais (*alta confiança*).
- As rápidas reduções de emissões em todos os setores interagem com a escala futura de implantação de métodos de CDR e seus riscos, impactos e cobenefícios associados. A ampliação da implantação de métodos de CDR depende do desenvolvimento de abordagens eficazes para alcançar as restrições de sustentabilidade e viabilidade, impactos potenciais, cobenefícios e riscos. Os facilitadores do CDR incluem pesquisa, desenvolvimento e demonstração acelerados, ferramentas aprimoradas para avaliação e gerenciamento de risco, incentivos direcionados e desenvolvimento de métodos acordados para medição, relatório e verificação de fluxos de carbono (*alta confiança*).
- Os efeitos agregados da mitigação das mudanças climáticas no PIB global são pequenos em comparação com o crescimento global projetado do PIB em cenários globais modelados avaliados que quantificam as implicações macroeconômicas da mitigação das mudanças climáticas, mas que não levam em consideração os danos das mudanças climáticas nem os custos de adaptação (*alta confiança*). Por exemplo, em comparação com os caminhos que pressupõem a continuação das políticas implementadas até o final de 2020, o PIB global avaliado alcançado em 2050 é reduzido em 1,3-2,7% em caminhos modelados assumindo uma ação global coordenada começando entre agora e 2025, o mais tardar, para limitar o aquecimento a 2° C (> 67%). A redução média correspondente no crescimento anual do PIB global em 2020-2050 é de 0,04 a 0,09 pontos percentuais. Nos caminhos modelados avaliados, independentemente do nível de ação de mitigação, o PIB global deverá pelo menos dobrar (aumentar em pelo menos 100%) ao longo de 2020-2050. Para os caminhos globais modelados em outras categorias de temperatura, as reduções no PIB global em 2050 em comparação com os caminhos que pressupõem a continuação das políticas implementadas até o final de 2020 são as seguintes: 2,6 - 4,2% (C1), 1,6 - 2,8% (C2), 0,8 - 2,1% (C4), 0,5 - 1,2% (C5). As reduções correspondentes no crescimento médio anual do PIB global ao longo de 2020-2050, em pontos percentuais, são as seguintes: 0,09 - 0,14 (C1), 0,05 - 0,09 (C2), 0,03 - 0,07 (C4), 0,02 - 0,04 (C5) [veja a anotação 6]. Existem grandes variações nos efeitos modelados da mitigação no PIB entre as regiões, dependendo principalmente da estrutura econômica, reduções regionais de emissões, desenho de políticas e nível de cooperação internacional [veja

a anotação 7] (*alta confiança*). Os estudos a nível de país, também mostram grandes variações no efeito da mitigação no PIB, dependendo principalmente do nível de mitigação e da forma como é alcançada (*alta confiança*). As implicações macroeconômicas dos cobenefícios e *tradeoffs* de mitigação não são quantificadas de forma abrangente nos cenários acima e dependem fortemente de estratégias de mitigação (*alta confiança*).

Anotação 6: Essas estimativas são baseadas em 311 caminhos que relatam os efeitos da mitigação no PIB e que podem ser classificados em categorias de temperatura, mas que não levam em consideração os danos das mudanças climáticas nem os custos de adaptação e que, em sua maioria, não refletem os impactos econômicos dos co-benefícios da mitigação e trocas. Os intervalos fornecidos são intervalos interquartis. As implicações macroeconômicas quantificadas variam amplamente dependendo das premissas tecnológicas, formulação de metas climáticas/emissões, estrutura e premissas do modelo e até que ponto as ineficiências pré-existentes são consideradas. Os modelos que produziram as vias classificadas em categorias de temperatura não representam toda a diversidade de paradigmas de modelagem existentes, havendo na literatura modelos que encontram maiores custos de mitigação, ou inversamente menores custos de mitigação e até ganhos.

Anotação 7: Em caminhos de custo-benefício modelados com um preço de carbono globalmente uniforme, sem transferências financeiras internacionais ou políticas complementares, os países intensivos em carbono e exportadores de energia devem arcar com custos de mitigação relativamente mais altos devido a uma transformação mais profunda de suas economias e mudanças nos mercados internacionais de energia.

- As estimativas de benefícios econômicos agregados de evitar danos causados pelas mudanças climáticas e de custos reduzidos de adaptação aumentam com o rigor da mitigação (*alta confiança*). Modelos que incorporam os danos econômicos das mudanças climáticas constataam que o custo global de limitar o aquecimento a 2°C ao longo do Século XXI é menor do que os benefícios econômicos globais de reduzir o aquecimento, a menos que: *i*) os danos climáticos estejam no limite inferior da faixa; ou, *ii*) os danos futuros são descontados a taxas elevadas (*média confiança*). As vias modeladas com um pico nas emissões globais entre agora e 2025, o mais tardar, em comparação com as vias modeladas com um pico posterior nas emissões globais, implicam transições de curto prazo mais rápidas e investimentos iniciais mais altos, mas trazem ganhos de longo prazo para a economia, bem como, os benefícios anteriores dos impactos das mudanças climáticas evitados (*alta confiança*). A magnitude exata desses ganhos e benefícios é difícil de quantificar.

Ligações entre mitigação, adaptação e desenvolvimento sustentável

- A ação climática acelerada e equitativa na mitigação e a adaptação aos impactos das mudanças climáticas é fundamental para o desenvolvimento sustentável. As ações de mudança climática também podem resultar em alguns *tradeoffs*. As compensações de opções individuais podem ser gerenciadas por meio do desenho de políticas. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) adotados na Agenda 2030 da ONU

para o Desenvolvimento Sustentável podem ser usados como base para avaliar a ação climática no contexto do desenvolvimento sustentável (*alta confiança*).

- A mudança climática induzida pelo homem é uma consequência de mais de um século de emissões líquidas de GEE, do uso insustentável de energia, do uso da terra e mudanças no uso do solo, no estilo de vida e padrões de consumo e produção. Sem ações de mitigação urgentes, eficazes e equitativas, as mudanças climáticas ameaçam cada vez mais a saúde e os meios de subsistência das pessoas em todo o mundo, a saúde do ecossistema e da biodiversidade. Existem sinergias e compensações entre a ação climática e a busca de outros ODS. A ação climática acelerada e equitativa na mitigação e adaptação aos impactos das mudanças climáticas são fundamentais para o desenvolvimento sustentável (*alta confiança*).
- Sinergias e compensações dependem do contexto de desenvolvimento, incluindo desigualdades, levando em consideração a justiça climática (veja a anotação 8). Eles também dependem dos meios de implementação, interações intra e intersetoriais, cooperação entre países e regiões, sequenciamento, tempo e rigor das ações de mitigação, governança e desenho de políticas. Maximizar sinergias e evitar *tradeoffs* representam desafios particulares para países em desenvolvimento, populações vulneráveis e Povos Indígenas com capacidade institucional, tecnológica e financeira limitada e com capital social, humano e econômico limitado. As compensações podem ser avaliadas e minimizadas dando ênfase à capacitação, finanças, governança, transferência de tecnologia, investimentos e considerações de desenvolvimento e equidade social com participação significativa de Povos Indígenas e populações vulneráveis (*alta confiança*).

Anotação 8: O conceito de Justiça Climática surge como um desdobramento do paradigma da Justiça Ambiental e da percepção de que os impactos das mudanças climáticas atingem de forma e intensidade diferentes grupos sociais distintos.

- Existem sinergias potenciais entre desenvolvimento sustentável, eficiência energética e energia renovável, planejamento urbano com mais espaços verdes, redução da poluição do ar e mitigação do lado da demanda, incluindo mudanças para dietas saudáveis equilibradas e sustentáveis (*alta confiança*). A eletrificação combinada com baixa energia de GEE e mudanças para o transporte público podem melhorar a saúde, o emprego e podem gerar segurança energética e proporcionar equidade (*alta confiança*). Na indústria, a eletrificação e os fluxos circulares de materiais contribuem para reduzir as pressões ambientais e aumentar a atividade econômica e o emprego. No entanto, algumas opções industriais podem impor custos elevados (*média confiança*).
- Opções baseadas na terra, como reflorestamento e conservação de florestas, desmatamento evitado, a restauração e a conservação de ecossistemas naturais, a biodiversidade, o manejo florestal sustentável aprimorado, a agrossilvicultura, o manejo de carbono do solo e as opções que reduzem as emissões de CH₄ e N₂O na agricultura, na pecuária e do solo, podem ter múltiplas sinergias com os ODS. Isso inclui aumentar a produtividade e a resiliência agrícola sustentável, a segurança alimentar, fornecendo biomassa adicional para uso humano e abordando a degradação da terra. Maximizar sinergias e gerenciar compensações depende de práticas específicas, escala de implementação, governança, capacitação, integração com o uso

da terra existente e o envolvimento de comunidades locais e os Povos Indígenas, por meio de compartilhamento de benefícios apoiado por estruturas como a Neutralidade da Degradação da Terra dentro da Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas (sigla em inglês UNCCD) (*alta confiança*).

- Os métodos de CDR, como o sequestro de carbono do solo e o biochar, podem melhorar a qualidade do solo e a capacidade de produção de alimentos. A restauração de ecossistemas e o reflorestamento sequestram carbono nas plantas e no solo e podem aumentar a biodiversidade e fornecer biomassa adicional, mas podem deslocar a produção de alimentos e os meios de subsistência, o que exige abordagens integradas de planejamento do uso da terra, para atender a vários objetivos, incluindo a segurança alimentar. No entanto, devido à aplicação limitada de algumas das opções hoje, existem algumas incertezas sobre os benefícios potenciais (*alta confiança*).
- Existe uma forte ligação entre desenvolvimento sustentável, vulnerabilidade e riscos climáticos. Recursos econômicos, sociais e institucionais limitados geralmente resultam em alta vulnerabilidade e baixa capacidade de adaptação, especialmente em países em desenvolvimento (*média confiança*). Várias opções de resposta proporcionam resultados de mitigação e adaptação, especialmente em assentamentos humanos, manejo da terra e em relação aos ecossistemas. No entanto, os ecossistemas terrestres e aquáticos podem ser afetados negativamente por algumas ações de mitigação, dependendo de sua implementação (*média confiança*). Políticas e planejamentos intersetoriais, coordenados, podem maximizar as sinergias e evitar ou reduzir os *tradeoffs* entre mitigação e adaptação (*alta confiança*).
- Planejamento urbano sustentável e projeto de infraestrutura, incluindo telhados e fachadas verdes, redes de parques e espaços abertos, gestão de florestas urbanas e áreas úmidas, agricultura urbana e projeto sensível à água podem proporcionar benefícios de mitigação e adaptação nos assentamentos urbanos (*média confiança*). Essas opções também podem reduzir os riscos de inundação, a pressão sobre os sistemas de esgoto urbano, os efeitos da ilha de calor urbana e podem proporcionar benefícios à saúde com a redução da poluição do ar (*alta confiança*). Também pode haver trocas. Por exemplo, aumentar a densidade urbana para reduzir a demanda de viagens pode implicar em alta vulnerabilidade a ondas de calor e inundações (*alta confiança*).
- As opções de mitigação relacionadas à terra com cobenefícios potenciais para adaptação incluem agrossilvicultura, culturas de cobertura [veja a anotação 9], consórcios e plantas perenes, restaurando assim a vegetação natural e reabilitando terras degradadas. Estes podem aumentar a resiliência mantendo a produtividade da terra e protegendo e diversificando os meios de subsistência. A restauração de manguezais e zonas úmidas costeiras sequestram carbono, ao mesmo tempo em que reduzem a erosão costeira e protegem contra tempestades, reduzindo assim os riscos de elevação do nível do mar e condições climáticas extremas (*alta confiança*).

Anotação 9: As culturas de cobertura devem ser vistas como um investimento a longo prazo na melhoria da saúde do solo e da gestão agrícola. Elas podem começar a se pagar no primeiro ano de uso, ou pode levar alguns anos para levar a um retorno líquido positivo. Uma cultura de cobertura é composta por plantas usadas principalmente para retardar a erosão, melhorar a saúde do solo, aumentar a disponibilidade de água, sufocar

ervas daninhas, ajudar a controlar pragas e doenças, aumentar a biodiversidade e trazer uma série de outros benefícios para as fazendas ou área urbana escolhida.

- Algumas opções de mitigação podem aumentar a competição por recursos escassos, incluindo terra, água e biomassa. Consequentemente, eles também, podem reduzir a capacidade de adaptação, especialmente se implantados em maior escala e com altas taxas de expansão, exacerbando assim os riscos existentes, especialmente onde os recursos terrestres e hídricos são muito limitados. Os exemplos incluem a implantação em larga escala ou mal planejada de bioenergia, do biocarvão e do florestamento de terras naturalmente não florestadas (*alta confiança*).
- Políticas coordenadas, parcerias equitativas e integração de adaptação e mitigação dentro e entre os setores podem maximizar as sinergias e minimizar as compensações e, assim, aumentar o apoio à ação climática (*média confiança*). Mesmo que amplos esforços globais de mitigação sejam implementados, haverá uma grande necessidade de recursos financeiros, técnicos e humanos para adaptação. Ausência ou recursos limitados nos sistemas sociais e institucionais podem levar a respostas mal coordenadas, reduzindo assim o potencial de maximizar os benefícios de mitigação e adaptação, aumentando o risco (*alta confiança*).
- A mitigação aprimorada e a ação mais ampla para mudar os caminhos do desenvolvimento em direção à sustentabilidade terão consequências distributivas dentro e entre os países. A atenção à equidade, à participação ampla e significativa de todos os atores relevantes na tomada de decisões em todas as escalas, podem construir confiança social, aprofundar e ampliar o apoio a mudanças transformadoras (*alta confiança*).
- Os países em todos os estágios de desenvolvimento econômico buscam melhorar o bem-estar das pessoas e suas prioridades de desenvolvimento refletem diferentes pontos de partida e contextos. Diferentes contextos incluem condições sociais, econômicas, ambientais, culturais ou políticas, dotação de recursos, capacidades, ambiente internacional e história. As condições propícias para mudar os caminhos de desenvolvimento para uma maior sustentabilidade também serão, portanto, diferentes, dando origem a diferentes necessidades (*alta confiança*).
- Caminhos de mitigação ambiciosos implicam em grandes mudanças e às vezes são disruptivas na estrutura econômica, com consequências distributivas significativas, dentro e entre países. A equidade continua sendo um elemento central no regime climático da ONU, apesar das mudanças na diferenciação entre os estados ao longo do tempo e dos desafios na avaliação de cotas justas. As consequências distributivas dentro e entre países incluem a mudança de renda e emprego durante a transição de atividades de alta para baixa emissão. Embora alguns empregos possam ser perdidos, o desenvolvimento de baixas emissões, também pode abrir oportunidades para melhorar as habilidades e criar mais empregos duradouros, com diferenças entre países e setores. Pacotes de políticas integrados podem melhorar a capacidade de integrar considerações de equidade, igualdade de gênero e justiça (*alta confiança*).
- As desigualdades na distribuição das emissões e nos impactos das políticas de mitigação dentro dos países afetam a coesão social e a aceitabilidade das políticas de mitigação e demais políticas ambientais. A equidade e transições justas, podem permitir ambições mais profundas de mitigação acelerada. Aplicar princípios de transição justa e implementá-los por meio de processos de tomada de decisão coletiva

e participativa é uma maneira eficaz de integrar os princípios de equidade nas políticas em todas as escalas, de diferentes maneiras, dependendo das circunstâncias nacionais (*média confiança*). Isso já está ocorrendo em muitos países e regiões, já que comissões ou forças-tarefa nacionais de transição justa e políticas nacionais relacionadas foram estabelecidas. Uma multidão de atores, redes e movimentos estão engajados (*alta confiança*).

- A ampliação do acesso equitativo ao financiamento doméstico e internacional, tecnologias que facilitam a mitigação e a capacidade, ao mesmo tempo em que abordam explicitamente as necessidades, pode integrar ainda mais a equidade e a justiça nas políticas nacionais e internacionais e atuar como um catalisador para acelerar a mitigação e mudar os caminhos do desenvolvimento (*média confiança*). A consideração da ética e da equidade pode ajudar a lidar com a distribuição desigual de impactos adversos associados ao aumento de 1,5° C e níveis mais altos de aquecimento global, em todas as sociedades (*alta confiança*). A consideração da justiça climática pode ajudar a facilitar a mudança de caminhos de desenvolvimento em direção à sustentabilidade, inclusive por meio do compartilhamento equitativo de benefícios e ônus da mitigação, aumentando a resiliência aos impactos das mudanças climáticas, especialmente para países e comunidades vulneráveis, e apoiando equitativamente aqueles que precisam (*alta confiança*).

Fortalecendo a resposta

- Existem opções de mitigação viáveis para implantação em escala no curto prazo. A viabilidade difere entre setores e regiões e de acordo com as capacidades e a velocidade e escala de implementação. As barreiras à viabilidade precisariam ser reduzidas ou removidas, e as condições de habilitação reforçadas para implantar opções de mitigação em escala. Essas barreiras e facilitadores incluem fatores geofísicos, ambientais-ecológicos, tecnológicos e econômicos, e especialmente fatores institucionais e socioculturais. Ações fortalecidas de curto prazo além das NDCs (anunciadas antes da UNFCCC-Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima- na COP26) podem reduzir e/ou evitar desafios de viabilidade de longo prazo de caminhos modelados globais que limitam o aquecimento a 1,5° C (> 50%) sem excesso ou limitado (*alta confiança*).
- As várias opções de mitigação, notadamente energia solar, energia eólica, eletrificação de sistemas urbanos, infraestrutura urbana verde, eficiência energética, gestão do lado da demanda, melhor a gestão de florestas e culturas/pastagens e redução do desperdício e perda de alimentos, são tecnicamente viáveis, com melhor custo-benefício, e geralmente são apoiados pelo público. Isso permite a implantação em muitas regiões (*alta confiança*). Embora muitas opções de mitigação tenham cobenefícios ambientais, incluindo melhoria da qualidade do ar e redução de resíduos tóxicos, muitas acarretam impactos ambientais adversos, como redução da biodiversidade, quando aplicadas em grande escala, por exemplo, a bioenergia de grande escala ou grandes uso em escala de armazenamento de bateria, que teria que ser gerenciado (*média confiança*). Quase todas as opções de mitigação enfrentam barreiras institucionais que precisam ser abordadas para permitir sua aplicação em escala (*média confiança*).

- A viabilidade das opções de mitigação varia de acordo com o contexto e o tempo. Por exemplo, a capacidade institucional para apoiar a implantação altera entre os países; a viabilidade de opções que envolvem mudanças de usos da terra em grande escala varia entre as regiões; o ordenamento do território tem um maior potencial nas fases iniciais do desenvolvimento urbano; o potencial geotérmico é específico do local; e capacidades, condições culturais e locais podem inibir ou permitir respostas do lado da demanda. A implantação de energia solar e eólica tem sido avaliada para se tornar cada vez mais viável ao longo do tempo. A viabilidade de algumas opções podem aumentar quando combinadas ou integradas, como o uso da terra tanto para agricultura quanto para produção solar centralizada (*alta confiança*).
- A viabilidade depende da escala e da velocidade de implementação. A maioria das opções enfrentam barreiras quando são implementadas rapidamente em grande escala, mas a escala em que as barreiras se manifestam variam. Ações de curto prazo fortalecidas e coordenadas em caminhos globais modelados com boa relação custo-benefício que limitam o aquecimento a 2° C (>67%) ou menos, reduzem os riscos gerais para a viabilidade das transições do sistema, em comparação com caminhos modelados com ações relativamente atrasadas ou descoordenadas (*alta confiança*).
- Em todos os países, os esforços de mitigação incorporados no contexto de desenvolvimento mais amplo podem aumentar o ritmo, a profundidade e a amplitude das reduções de emissões (*média confiança*). As políticas que mudam os caminhos do desenvolvimento para a sustentabilidade podem ampliar o portfólio de respostas de mitigação disponíveis e permitir a busca de sinergias com os objetivos de desenvolvimento (*média confiança*). Ações podem ser tomadas agora para mudar os caminhos de desenvolvimento e acelerar a mitigação e as transições entre os sistemas (*alta confiança*).
- Os atuais caminhos de desenvolvimento podem criar barreiras comportamentais, espaciais, econômicas e sociais para a mitigação acelerada em todas as escalas (*alta confiança*). As escolhas feitas por formuladores de políticas, cidadãos, setor privado e outras partes interessadas influenciam os caminhos de desenvolvimento das sociedades (*alta confiança*). Ações que orientam, por exemplo, transições de sistemas de energia e uso da terra, mudanças estruturais em toda a economia e mudanças de comportamento, podem mudar os caminhos de desenvolvimento para a sustentabilidade (*média confiança*).
- Combinar a mitigação com políticas para mudar os caminhos do desenvolvimento, como políticas setoriais mais amplas, políticas que induzam mudanças de estilo de vida ou comportamento, regulação financeira ou políticas macroeconômicas, podem superar barreiras e abrir uma gama mais ampla de opções de mitigação (*alta confiança*). Também, podem facilitar a combinação de mitigação e outros objetivos de desenvolvimento (*alta confiança*). Por exemplo, medidas que promovam áreas urbanas caminháveis combinadas com eletrificação e energia renovável podem criar cobenefícios para a saúde de um ar mais limpo e benefícios de maior mobilidade (*alta confiança*). Políticas de habitação coordenadas que ampliam as opções de realocação podem tornar as medidas de mitigação no transporte mais eficazes (*média confiança*).
- Capacidade institucional e regulatória, inovação, finanças, governança e colaboração aprimoradas em todas as escalas e políticas multiobjectivos permitem uma mitigação aprimorada e mudanças nos caminhos de desenvolvimento. Tais intervenções podem

se reforçar mutuamente e estabelecer mecanismos de feedback positivo, resultando em mitigação acelerada (*alta confiança*).

- Ações aprimoradas em todas as condições de habilitação acima podem ser tomadas agora (*alta confiança*). Em algumas situações, como a inovação de tecnologia em estágio inicial de desenvolvimento e algumas mudanças de comportamento em direção a baixas emissões, porque as condições de habilitação podem levar tempo para serem estabelecidas, a ação no curto prazo pode gerar uma mitigação acelerada no médio prazo (*média confiança*). Em outras situações, as condições de habilitação podem ser postas em prática e produzir resultados em um período de tempo relativamente curto, por exemplo, o fornecimento de informações, conselhos e feedback relacionados à energia para promover o comportamento de economia de energia (*alta confiança*).
- A governança climática permite a mitigação fornecendo uma direção geral, estabelecendo metas, integrando a ação climática em domínios políticos, aumentando a certeza regulatória, criando organizações especializadas e criando o contexto para mobilizar finanças (*média confiança*). Essas funções podem ser promovidas por leis relevantes para o clima, que estão crescendo em número, ou estratégias climáticas, entre outras, com base no contexto nacional e subnacional (*média confiança*). As leis-quadro estabelecem uma base legal abrangente, operando por meio de uma abordagem de metas e implementação, ou uma abordagem de integração setorial, ou ambas, dependendo das circunstâncias nacionais (*média confiança*). As leis nacionais e subnacionais diretas que visam explicitamente a mitigação e, as leis indiretas que impactam as emissões por meio de domínios de política relacionados à mitigação mostraram-se relevantes para os resultados da mitigação (*média confiança*).
- Instituições climáticas nacionais, eficazes, abordam a coordenação entre setores, escalas e atores, criam consenso para ação entre diversos interesses e informam a definição de estratégias (*média confiança*). Essas funções são muitas vezes realizadas por meio de órgãos de especialistas nacionais independentes e órgãos de coordenação de alto nível que transcendem os mandatos departamentais. As instituições subnacionais complementares, adaptam as ações de mitigação ao contexto local e permitem a experimentação, mas podem ser limitadas por desigualdades e restrições de recursos e capacidade (*alta confiança*). A governança eficaz requer capacidade institucional adequada em todos os níveis (*alta confiança*).
- A medida em que os atores da sociedade civil, atores políticos, empresas, jovens, trabalhadores, mídia, Povos Indígenas e comunidades locais estão engajados, influenciam o apoio político para a mitigação das mudanças climáticas e os eventuais resultados das políticas. Fatores estruturais das circunstâncias e capacidades nacionais (por exemplo, recursos econômicos e naturais, sistemas políticos e fatores culturais e considerações de gênero) afetam a amplitude e a profundidade da governança climática. As opções de mitigação que se alinham com as ideias, valores e crenças predominantes são mais facilmente adotadas e implementadas. O litígio relacionado ao clima, por exemplo, por governos, setor privado, sociedade civil e indivíduos está crescendo, com um grande número de casos em alguns países desenvolvidos e com um número muito menor em alguns países em desenvolvimento e, em alguns casos, influenciou o resultado e ambição da governança climática (*média confiança*).
- Uma ampla gama de instrumentos regulatórios em nível setorial tem se mostrado eficaz na redução de emissões. Esses instrumentos e abordagens amplas, incluindo

instrumentos econômicos relevantes, são complementares (*alta confiança*). Instrumentos regulatórios projetados para serem implementados com mecanismos de flexibilidade podem reduzir custos (*média confiança*). Ampliar e aprimorar o uso de instrumentos regulatórios, consistentes com as circunstâncias nacionais, poderia melhorar os resultados de mitigação em aplicações setoriais, incluindo, mas não se limitando à energia renovável, uso do solo e zoneamento, códigos de construção, eficiência energética e de veículos, padrões de combustível e baixa-emissões de processos e materiais industriais (*alta confiança*).

- Instrumentos econômicos têm sido eficazes na redução de emissões, complementados por instrumentos regulatórios, principalmente em nível nacional, subnacional e regional (*alta confiança*). Quando implementados, os instrumentos de precificação de carbono incentivaram medidas de redução de emissões de baixo custo, mas foram menos eficazes, por conta própria e a preços vigentes durante o período de avaliação, para promover medidas de custos mais altos, necessárias para reduções adicionais (*média confiança*). Os impactos de equidade e distribuição de tais instrumentos de precificação de carbono podem ser abordados usando a receita dos impostos de carbono ou do comércio de emissões para apoiar famílias de baixa renda, entre outras abordagens (*alta confiança*). A remoção dos subsídios aos combustíveis fósseis reduziria as emissões, melhoraria a receita pública e o desempenho macroeconômico, gerando outros benefícios ambientais e desenvolvimento sustentável; a remoção de subsídios pode ter impactos distributivos adversos, especialmente nos grupos economicamente mais vulneráveis que, em alguns casos, podem ser mitigados por medidas como redistribuição de receitas economizadas, todas dependentes de circunstâncias nacionais (*alta confiança*); A remoção do subsídio de combustível fóssil é projetada por vários estudos para reduzir as emissões globais de CO₂ em 1- 4% e as emissões de GEE em até 10% até 2030, variando entre as regiões (*média confiança*).
- A inovação tecnológica de baixa emissão é fortalecida através da combinação de políticas e investimentos dedicados à tecnologia (por exemplo, para treinamento científico, P&D, com políticas personalizadas de atração de demanda, por exemplo, padrões, tarifas de alimentação, impostos), criando incentivos e oportunidades de mercado. As habilidades dos países em desenvolvimento para implantar tecnologias de baixa emissão, aproveitando os benefícios socioeconômicos e gerenciando os *tradeoffs*, seriam aprimoradas com o aumento dos recursos financeiros e da capacidade de inovação que atualmente estão concentrados nos países desenvolvidos, juntamente com a transferência de tecnologia (*alta confiança*).
- Pacotes de políticas eficazes seriam abrangentes em cobertura, atrelados a uma visão clara de mudança, equilibrados em todos os objetivos, alinhados com tecnologias específicas e necessidades do sistema, consistentes em termos de design e adaptados às circunstâncias nacionais. Eles são mais capazes de realizar sinergias e evitar *tradeoffs* entre objetivos climáticos e de desenvolvimento. Os exemplos incluem: as reduções de emissões de edifícios por meio de uma combinação de metas de eficiência, os códigos de construção, os padrões de desempenho de eletrodomésticos, o fornecimento de informações, a precificação de carbono, as finanças e assistência técnica; e as reduções de emissões industriais de GEE por meio de apoio à inovação, criação de mercado e capacitação (*alta confiança*).

- Pacotes para toda a economia que apoiam a mitigação e evitam resultados ambientais negativos incluem: compromissos de gastos públicos de longo prazo, reforma de preços; e investimento em educação e treinamento, capital natural, P&D e infraestrutura (*alta confiança*). Eles podem cumprir metas econômicas de curto prazo, enquanto reduzem as emissões e mudam os caminhos do desenvolvimento para a sustentabilidade (*média confiança*). Os investimentos em infraestrutura podem ser projetados para promover futuros de baixas emissões que atendam às necessidades de desenvolvimento (*média confiança*).
- Políticas nacionais de apoio ao desenvolvimento, difusão de tecnologia e participação em mercados internacionais para redução de emissões, podem trazer efeitos colaterais positivos para outros países (*média confiança*), embora a redução da demanda por combustíveis fósseis possa resultar em custos para os países exportadores (*alta confiança*). Não há evidências consistentes de que os atuais sistemas de comércio de emissões tenham levado a vazamentos significativos de emissões, o que pode ser atribuído a características de projeto destinadas a minimizar os efeitos da competitividade, entre outros motivos (*média confiança*).
- Os fluxos financeiros monitorados ficam aquém dos níveis necessários para atingir as metas de mitigação em todos os setores e regiões. O desafio de fechar as lacunas é maior nos países em desenvolvimento como um todo. A ampliação dos fluxos financeiros de mitigação pode ser apoiada por escolhas políticas claras e sinais dos governos e da comunidade internacional (*alta confiança*). A cooperação financeira internacional, acelerada, é um facilitador crítico de transições justas e de baixo GEE, e pode abordar as desigualdades no acesso ao financiamento, os custos e a vulnerabilidade aos impactos das mudanças climáticas (*alta confiança*).
- Os requisitos médios anuais de investimento modelado para 2020 a 2030 em cenários que limitam o aquecimento a 2° C ou 1,5° C, é um fator de três a seis “vezes” maior que os níveis atuais, e os investimentos totais de mitigação (públicos, privados, domésticos e internacionais) precisariam aumentar em todos os setores e regiões (*média confiança*). As lacunas de investimento de mitigação são amplas para todos os setores e mais ainda para o setor AFOLU em termos relativos e para países em desenvolvimento (*alta confiança*). Os requisitos de financiamento e investimento para adaptação, redução de perdas e danos, infraestrutura geral, ambiente regulatório e capacitação e proteção social sensível ao clima exacerbam ainda mais a magnitude dos desafios para os países em desenvolvimento atrair financiamento (*alta confiança*).
- Há capital e liquidez global suficientes para fechar as lacunas de investimento mundial, dado o tamanho do sistema financeiro internacional, mas há barreiras para redirecionar capital para as ações climáticas dentro e fora do setor financeiro, bem como, ventos macroeconômicos contrários, enfrentados pelas regiões em desenvolvimento. As barreiras à implantação de financiamento comercial por dentro do setor financeiro, bem como, as considerações macroeconômicas incluem: a avaliação inadequada de riscos relacionados ao clima e oportunidades de investimento, a incompatibilidade regional entre capital disponível e as necessidades de investimento, aos fatores de viés doméstico, aos níveis de endividamento do país, vulnerabilidade econômica, e capacidades institucionais limitadas (*alta confiança*). Os desafios de fora do setor financeiro incluem: os mercados de capitais locais limitados; os perfis de risco-retorno pouco atraentes, em particular devido a ambientes regulatórios ausentes ou fracos,

consistentes com os níveis de ambição; a capacidade institucional limitada para garantir salvaguardas; a padronização, a agregação, a escalabilidade e a replicabilidade de oportunidades de investimento e aos modelos de financiamento; e um pipeline pronto para investimentos comerciais (*alta confiança*).

- O apoio financeiro acelerado para países em desenvolvimento, por países desenvolvidos entre outras fontes, é um facilitador crítico para melhorar as ações de mitigação e abordar as desigualdades no acesso ao financiamento, incluindo seus custos, termos, condições e vulnerabilidade econômica às mudanças climáticas para os países em desenvolvimento (*alta confiança*). Subsídios públicos ampliados para financiamento de mitigação e adaptação para regiões vulneráveis, especialmente na África Subsaariana, seriam rentáveis e teriam altos retornos sociais em termos de acesso à energia básica (*alta confiança*). As opções para aumentar a mitigação nas regiões em desenvolvimento incluem: níveis mais elevados de financiamento público e fluxos de financiamento privado mobilizados publicamente de países desenvolvidos para países em desenvolvimento no contexto da meta de US\$ 100 bilhões por ano; aumentar o uso de garantias públicas para reduzir riscos e alavancar fluxos privados com menor custo; desenvolvimento dos mercados de capitais locais; e construção de maior confiança nos processos de cooperação internacional (*alta confiança*). Um esforço coordenado para tornar a recuperação pós-pandemia (COVID-19), sustentável e, aumentar os fluxos de financiamento na próxima década, podem acelerar a ação climática, inclusive em regiões em desenvolvimento e em países que enfrentam altos custos da dívida, sobreendividamento e incerteza macroeconômica (*alta confiança*).
- A sinalização clara dos governos e da comunidade internacional, incluindo um alinhamento mais forte das finanças e políticas do setor público e níveis mais altos de financiamento climático do setor público, reduz a incerteza e os riscos de transição para o setor privado. Dependendo dos contextos nacionais, investidores e intermediários financeiros, bancos centrais e reguladores financeiros podem apoiar a ação climática e podem mudar a subvalorização sistêmica do risco climático relacionado ao clima, aumentando a conscientização, a transparência e a consideração do risco relacionado ao clima e das oportunidades de investimento. Os fluxos financeiros também podem ser alinhados às necessidades de financiamento por meio de: maior apoio ao desenvolvimento de tecnologia; papel contínuo para fundos climáticos multilaterais, nacionais e bancos de desenvolvimento; a redução dos custos de financiamento para grupos carentes por meio de entidades como bancos verdes que existem em alguns países, fundos e mecanismos de compartilhamento de risco; instrumentos econômicos que considerem a equidade econômica e social e os impactos distributivos; programas sensíveis ao gênero e de empoderamento das mulheres, bem como, maior acesso ao financiamento para comunidades locais e Povos Indígenas e pequenos proprietários de terras; e maior cooperação público-privada. (*alta confiança*).
- A cooperação internacional é um facilitador fundamental para alcançar metas ambiciosas de mitigação das mudanças climáticas. A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), o Protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris estão apoiando os níveis crescentes de ambição nacional e incentivando o desenvolvimento e a implementação de políticas climáticas, embora ainda existam lacunas. Parcerias,

acordos, instituições e iniciativas que operam nos níveis subglobal e setorial envolvem vários atores que estão surgindo, com níveis mistos de eficácia (*alta confiança*).

- Processos e metas internacionalmente acordados, como os da UNFCCC, do Protocolo de Kyoto e do Acordo de Paris, incluindo requisitos de transparência para relatórios nacionais sobre emissões, ações e apoio, e acompanhamento do progresso para a obtenção de contribuições determinadas nacionalmente, estão aprimorando a cooperação internacional, ambição e desenvolvimento de políticas. O apoio financeiro, tecnológico e de capacitação internacional aos países em desenvolvimento permitirá uma maior implementação e incentivará contribuições ambiciosas determinadas nacionalmente ao longo do tempo (*média confiança*).
- A cooperação internacional em desenvolvimento e transferência de tecnologia acompanhada de capacitação, compartilhamento de conhecimento e apoio técnico e financeiro podem acelerar a difusão global de tecnologias, práticas e políticas de mitigação nos níveis nacional e subnacional e alinhá-las com outros objetivos de desenvolvimento (*alta confiança*). Existem desafios e oportunidades para melhorar a cooperação em inovação, inclusive na implementação de elementos da UNFCCC e do Acordo de Paris conforme a literatura avaliada, como em relação ao desenvolvimento e transferência de tecnologia e finanças (*alta confiança*). A cooperação internacional em inovação funciona melhor quando adaptada a contextos institucionais e de capacidade específicos, quando beneficia as cadeias de valor locais, quando os parceiros colaboram de forma equitativa e em termos voluntários e mutuamente acordados, quando todas as vozes relevantes são ouvidas e quando a capacitação é parte integrante do esforço (*média confiança*). O apoio para fortalecer os sistemas de inovação tecnológica e as capacidades de inovação, inclusive por meio de apoio financeiro em países em desenvolvimento, aumentaria o engajamento e melhoraria a cooperação internacional em inovação (*alta confiança*).
- As parcerias transnacionais podem estimular o desenvolvimento de políticas, a difusão de tecnologia de baixa emissão e a redução de emissões, vinculando atores subnacionais e outros, incluindo cidades, regiões, organizações não governamentais e entidades do setor privado, e aprimorando as interações entre atores estatais e não estatais. Embora esse potencial de parcerias transnacionais seja evidente, permanecem incertezas sobre seus custos, sua viabilidade e sua eficácia. As redes transnacionais de governos municipais estão levando a uma maior ambição e desenvolvimento de políticas e há uma crescente troca de experiências e boas práticas (*média confiança*).
- Acordos, instituições e iniciativas ambientais e setoriais internacionais estão ajudando, e, em alguns casos, podem ajudar a estimular investimentos de baixas emissões de GEE e a reduzir as emissões. Os acordos que tratam da destruição da camada de ozônio e da poluição atmosférica transfronteiriça estão contribuindo para a mitigação, e, em outras áreas, como as emissões atmosféricas de mercúrio, podem contribuir para a mitigação (*alta confiança*). As regras comerciais têm o potencial de estimular a adoção internacional de tecnologias e políticas de mitigação, mas também podem limitar a capacidade dos países de adotar políticas climáticas relacionadas ao comércio (*média confiança*). Os atuais níveis de ambição setorial variam, com aspirações de redução de emissões mais baixas na aviação e transporte internacionais, do que em muitos outros setores (*média confiança*).

7. Referências

1. 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.)]. In Press.

Website do WGI do IPCC-AR6: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

2. IPCC, 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Website do WGII do IPCC-AR6: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

3. IPCC, 2022: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.001.

Website do WGIII do IPCC-AR6: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

4. Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Crespo Cuaresma, J., KC, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., Ebi, K., Hasegawa, T., Havlik, P., Humpenöder, F., Aleluia Da Silva, L., Smith, S., Stehfest, E., Bosetti, V., Eom, J., Gernaat, D., Masui, T., Rogelj, J., Strefler, J., Drouet, L., Krey, V., Luderer, G., Harmsen, M., Takahashi, K., Baumstark, L., Doelman, J., Kainuma, M., Klimont, Z., Marangoni, G., Lotze-Campen, H., Obersteiner, M., Tabeau, A., & Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153-168. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>.

5. O'Neill, B. C., Tebaldi, C., van Vuuren, D. P., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., Knutti, R., Kriegler, E., Lamarque, J.-C., Lowe, J., Meehl, G. A., Moss, R.,

- Riahi, K., & Sanderson, B. M. (2016). The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development*, 9(9), 3461–3482. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-3461-2016>.
6. IPCC, 2018: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- Website do IPCC-SR1.5: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
7. O'Neill, B. C., Kriegler, E., Ebi, K. L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D. S., ... & Solecki, W. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global environmental change*, 42, 169-180.
8. Website CMIP6: <https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip/wgcm-cmip6>

