

Mudanças do clima: a contribuição do MCTI para as políticas nacionais e para os compromissos internacionais do Brasil

Oswaldo Luiz Leal de Moraes¹, Andrea Latge², Ima Celia Guimarães Vieira³, Márcio Rojas⁴

Resumo

A mitigação e a adaptação às mudanças climáticas impõem um conjunto de ações, políticas e acordos internacionais e definem uma agenda climática. Essa agenda engloba metas, planos e estratégias que demandam parecerias estratégicas. Neste artigo serão apresentadas as contribuições do Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI) que orientam as políticas setoriais do Brasil e servem como guias para parcerias que buscam orientação da ciência.

Abstract

Mitigation and adaptation to climate change require a set of actions, policies, and international agreements that define a climate agenda. This agenda includes goals, plans, and strategies that require strategic partnerships. This article presents the contributions of the Ministry of Science, Technology, and Innovations, which guide Brazil's sectoral policies and serve as guidelines for partnerships seeking scientific guidance.

-
- 1 Físico com doutorado em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É diretor do Departamento para o Clima e Sustentabilidade do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Coordena o Comitê Permanente da Organização Meteorológica Mundial (OMM) para Redução de Riscos de Desastres.
 - 2 Física, com doutorado em Física pela Universidade Federal Fluminense (UFF). É secretária de Políticas e Programas Temáticos do MCTI. Foi pró-reitora de pesquisa, pós-graduação e inovação da UFF. Membro titular da Academia Brasileira de Ciências (ABC).
 - 3 Agrônoma, com doutorado em Ecologia pela *University of Stirling*, Escócia. É membro titular da ABC e, atualmente, exerce o cargo de assessora da presidência da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).
 - 4 Doutor em Bioética (2011) pela Universidade de Brasília (UnB), analista em ciência e tecnologia do MCTI (desde 2003), onde é coordenador-geral de Ciência do Clima (desde 2014). Participou dos processos de negociação internacional que resultaram na Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) e no Acordo de Paris, sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC).

Palavras-chaves: Mudanças climáticas. IPCC. UNFCCC. Comunicação nacional. Inventário nacional de gases de efeito estufa.

Keywords: *Climate Change. IPCC. UNFCCC. National Communication. National Greenhouse Gas Inventory.*

1. Introdução

A Agenda Climática refere-se ao conjunto de metas, estratégias e ações definidas para combater as mudanças climáticas e seus impactos, incluindo a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a adaptação aos efeitos já sentidos ou esperados. Nesse sentido, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) desempenha papel crucial nessa agenda, contribuindo com a indução de pesquisas, desenvolvimento de ferramentas e orientando políticas públicas para a adaptação e a mitigação dos impactos das mudanças climáticas. O MCTI atua em diversas frentes, desde a elaboração de inventários de emissões de gases de efeito estufa até o desenvolvimento de plataformas e sistemas de monitoramento para a tomada de decisões. O MCTI atua na orientação científica das ações de adaptação, com foco na incorporação de conhecimentos tradicionais e no desenvolvimento de tecnologias para energias renováveis e cidades sustentáveis.

Além disso, o ministério coordena um ecossistema científico de excelência mundial. Nossos institutos de pesquisa formam uma rede integrada que reúne expertises em diversas áreas da ciência ambiental e climática, que articuladas com as agências de fomento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), criam uma estrutura que produz conhecimento fundamental para compreender e enfrentar as mudanças globais. Essa capacidade científica transcende o âmbito acadêmico e materializa-se em dados concretos que orientam políticas públicas nacionais e compromissos internacionais assumidos pelo País.

Vale salientar que lideramos projetos científicos únicos no planeta que são referência mundial. O Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) investiga, há mais de três décadas, como a Amazônia interage com o clima global, produzindo conhecimento fundamental sobre os processos que controlam o funcionamento da maior floresta tropical do mundo. O AmazonFACE é o único experimento mundial que estuda como florestas tropicais respondem ao aumento das concentrações de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, fornecendo dados essenciais para modelos climáticos globais e projeções futuras. A Torre ATTO, com impressionantes 325 metros de altura, monitora continuamente as trocas de gases entre a floresta amazônica e a atmosfera, alimentando modelos climáticos globais com informações cruciais para projeções e tomada de decisões políticas.

Nossa ciência vai muito além de simplesmente reduzir emissões e abrange todo o espectro da agenda climática. O programa ADAPTA Brasil desenvolve soluções baseadas em evidências científicas para aumentar a resiliência dos sistemas naturais e humanos às mudanças climáticas já em curso. O Cemaden opera uma rede nacional abrangente de estações meteorológicas, hidrológicas e geotécnicas que fornecem dados essenciais para sistemas de alerta precoce, protegendo vidas e reduzindo danos causados por desastres naturais. O projeto Regenera Brasil alinha-se diretamente com nossa Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) [do Inglês, *Nationally Determined Contributions*], representando uma iniciativa técnico-científica inovadora para recuperação da vegetação nativa, por meio de projetos-piloto estratégicos na Amazônia e na Mata Atlântica.

Neste artigo, faremos breve descrição de como a nossa atuação ocorre e como ela se desenha quando se pensa em parcerias estratégicas.

2. Agenda Climática

Jean-Baptiste Fourier – matemático e físico francês, nascido há aproximadamente 260 anos, conhecido pela teoria da transferência de calor assim como, também, pela Série de Fourier – foi a primeira pessoa a estudar a temperatura da Terra sob uma perspectiva matemática. Ele examinou as variações de temperatura entre o dia e a noite, e entre o verão e o inverno, e concluiu que o planeta era muito mais quente do que uma simples análise poderia sugerir. Seus cálculos indicaram que a Terra deveria, na verdade, ser muito mais fria (-18°C ou 0°F). Ele concluiu que deveria haver algum tipo de equilíbrio entre a energia que entra e a que sai para manter essa temperatura razoavelmente constante. Sua ideia de que a atmosfera da Terra atua como um isolante é a primeira formulação do que hoje chamamos de efeito estufa (Fourier, 1824). No entanto, ele não utilizou esse termo, que apareceu pela primeira vez no trabalho do meteorologista sueco Nils Gustaf Ekholm por volta de 1900.

Já o irlandês John Tyndall, em meados do século 19, conduziu uma série de experimentos para medir com precisão como a radiação infravermelha é absorvida pelos gases. Ele testou diversos gases e vapores e descobriu que, embora elementos puros, como oxigênio e nitrogênio, tenham pouco efeito, moléculas mais complexas absorvem fortemente o calor. Tyndall demonstrou que o vapor da água, o dióxido de carbono e o ozônio absorvem fortemente a radiação térmica. Ele especulou como as mudanças no vapor da água e no dióxido de carbono estão relacionadas às mudanças climáticas. Ele percebeu que o efeito mais forte era o do vapor da água, sem o qual “a superfície da Terra seria mantida sob as garras férreas da geada”, nas suas palavras (Tyndall, 1861).

Fourier e Tyndall, embora possam ser considerados precursores do efeito estufa, não foram os autores do artigo relacionado ao nascimento da ciência das mudanças climáticas, publicado

em 1896. O sueco Svante Arrhenius foi o primeiro a sugerir que as concentrações de dióxido de carbono na atmosfera poderiam afetar o clima da Terra por meio do efeito estufa. Ele publicou suas ideias no periódico sueco *Behandling till Kongliga Vetenskaps-Akademiens Handlingar* (Arrhenius, 1896) e em uma versão resumida em inglês no *Philosophical Magazine* (Arrhenius, 1986). No artigo, ele não discutiu o efeito da queima de combustíveis fósseis nas emissões de dióxido de carbono. No entanto, ele o fez em *Worlds in the Making* (Arrhenius, 1908). Nesse livro, ele discutiu o papel da atividade humana e do vulcanismo nas emissões de dióxido de carbono e declarou que os principais meios de remoção de dióxido de carbono a longo prazo eram a formação de minerais carbonáticos e a produção de turfa pelas plantas. É interessante considerar que nesse livro ele argumenta que um aumento do efeito estufa, devido à atividade humana, seria algo positivo, prevenindo uma nova Era Glacial e permitindo melhores colheitas.

Ao longo das décadas seguintes, houve muitos trabalhos publicados relacionando CO₂ e temperatura do planeta. Contudo, foi na década de 50 que muitos cientistas argumentaram que as emissões de dióxido de carbono poderiam ser um problema, com alguns projetando em 1959 que o CO₂ aumentaria 25% até o ano 2000, com efeitos potencialmente danosos no clima (Franta, 2018; Weart, 2023).

Outro momento relevante na ciência das mudanças climáticas decorre das descobertas de Charles Keeling, em 1960, que, por meio do registro de dióxido de carbono no Observatório Mauna Loa, confirmou a proposição de Arrhenius. A partir desse momento, a preocupação aumentou ano a ano, juntamente com o aumento da Curva de Keeling do CO₂ atmosférico (Figura 1).

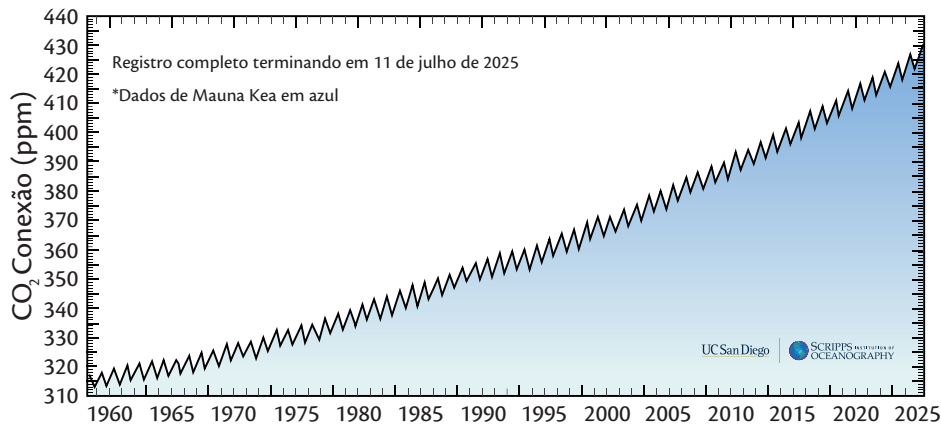


Figura 1. Curva Keeling - Concentração de dióxido de carbono no Observatório de Mauna Loa*

Obs.: Registro diário da concentração global de dióxido de carbono na atmosfera mostrado em Mauna Loa, uma ilha no Pacífico. Na figura acima, estão os dados registrados até o dia 11 de julho de 2025. Naquele dia, a concentração foi de 427,25 ppm.

Fonte: Monroe (2025).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) [do Inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change*] foi criado em 1988 para fornecer aos formuladores de políticas avaliações científicas regulares sobre o estado atual do conhecimento sobre mudanças climáticas (IPCC, 2025). A criação do IPCC foi endossada pela Assembleia-Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) em 1988. Sua tarefa inicial era preparar uma revisão abrangente e recomendações com relação ao estado do conhecimento da ciência das mudanças climáticas bem como avaliar o impacto social e econômico das mudanças climáticas e, também, as potenciais estratégias de resposta e elementos para inclusão em uma possível futura convenção internacional sobre o clima. Desde 1988, o IPCC realizou seis ciclos de avaliação e emitiu seis relatórios de avaliação – os relatórios científicos mais abrangentes sobre mudanças climáticas já produzidos em todo o mundo. Também produziu uma série de relatórios de metodologia, relatórios especiais e documentos técnicos, em resposta a solicitações de informações sobre questões científicas e técnicas específicas da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) [do Inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change*], dos governos e das organizações internacionais (IPCC, 2025). Estima-se que mais de 8 mil cientistas de 195 países tenham contribuído para os relatórios do IPCC ao longo dos anos.

Essa convenção entrou em vigor em 1994 e estabelece um arcabouço geral para os esforços intergovernamentais, a fim de enfrentar o desafio imposto pelas mudanças climáticas (UNFCCC, 2006). Conforme a convenção, todas as Partes devem relatar, por meio de Comunicações Nacionais (NC) [do Inglês, *National Communications*], informações sobre as emissões por fontes e remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal (inventários de gases de efeito estufa). As comunicações devem descrever, ainda, os programas nacionais relacionados às medidas para mitigar e facilitar a adaptação adequada às mudanças climáticas.

Finalmente, nesta resenha, não podemos deixar de citar a COP 21, realizada em Paris – acordo alcançado para combater as mudanças climáticas e acelerar e intensificar as ações –, e os investimentos necessários para limitar o aumento de temperatura. O acordo (UN, 2015) exige que todas as Partes apresentem as suas Contribuições Nacionalmente Determinadas. Alguns dos principais aspectos do Acordo podem ser sumarizados em alguns dos seus artigos, como o artigo 2 que, especificamente, reafirma a meta de limitar o aumento da temperatura global bem abaixo de 2 graus Celsius, enquanto busca esforços para limitar o aumento a 1,5 grau. Já o artigo 4 vincula a meta anterior em que as Partes se comprometem a contribuir para que o pico global de concentração seja alcançado o mais breve possível para o equilíbrio entre as emissões antrópicas por fontes e as remoções por sumidouros de GEE na segunda metade do século.

Não menos importantes são os artigos 9, 10 e 11, que tratam do apoio financeiro, tecnológico e de capacitação. Conforme esses artigos, o Acordo de Paris reafirma as obrigações dos países

desenvolvidos que devem apoiar os esforços dos países em desenvolvimento para construir futuros limpos e resilientes ao clima.

Para resumir, o Acordo de Paris pode ser interpretado como referência da Agenda do Clima, necessária e urgente. No próximo tópico, iremos abordar a urgência para prosperar nessa agenda com foco no IPCC.

3. Urgência para avançar na agenda – uma síntese do último relatório do IPCC

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) apresentou, em 2023, Sexto Relatório de Avaliação (AR6) [do Inglês, *Sexto Relatório de Avaliação*] (IPCC, 2023). Este relatório, com 8 mil páginas, é o estudo mais abrangente e ambicioso já realizado pelo órgão intergovernamental e foi o alerta mais severo até aquele momento. O relatório foi produzido por três grupos de trabalho distintos: o Grupo de Trabalho I avaliou a base física das mudanças climáticas; o Grupo de Trabalho II avaliou o impacto, a adaptação e a vulnerabilidade das mudanças climáticas; e o Grupo de Trabalho III abordou a mitigação das mudanças climáticas.

Alguns dos seus principais resultados podem ser sumarizados no que segue.

As mudanças climáticas em curso são o resultado de atividades humanas e constituem uma ameaça aos sistemas humanos e naturais. O *Sexto Relatório* afirma que tais mudanças são consequência de mais de um século de emissões líquidas de GEE provenientes do uso de energia, do uso da terra e das mudanças no uso da terra, do estilo de vida e dos padrões de consumo, e da produção. **As temperaturas globais estão subindo, as geleiras estão derretendo e o nível do mar está subindo.** A temperatura média global aumentou desde a era pré-industrial e a projeção é de que continue subindo nas próximas décadas. À medida que o clima esquenta, os padrões de precipitação mudam, a evaporação aumenta, as geleiras derretem e o nível do mar sobe. A temperatura da superfície global aumentou mais rapidamente desde 1970 do que em qualquer outro período, pelo menos nos últimos 2.000 anos. A variação provável do aumento total da temperatura da superfície global causado pelo homem entre 1850-1900 e 2010-2019 é entre 0,8°C e 1,3°C. **A frequência e a intensidade de eventos climáticos extremos estão aumentando.** Esses eventos são capazes de causar enormes perdas de vidas e propriedades. A comunidade científica concorda unanimemente que o aquecimento global está exacerbando a intensidade desses eventos, pois aumenta a evaporação das águas superficiais para a atmosfera, afetando os padrões de chuva em todo o mundo. Mais da metade da população global já enfrenta grave escassez de água por, pelo menos, um mês por ano e, até 2050, as secas poderão afetar até dois

terços da população mundial. **A acidificação dos oceanos está acelerando, a biodiversidade está diminuindo e a água está tornando-se cada vez mais escassa.** A acidificação dos oceanos aumentou 30% desde a era pré-industrial e espera-se que continue aumentando no futuro. Esse aumento acentuado da acidez tem impactos devastadores nos ecossistemas marinhos, levando à diminuição da biodiversidade e ao colapso da pesca. A biodiversidade está diminuindo devido à destruição de *habitats*. Estima-se que a taxa de extinção de espécies seja de 100 a 1.000 vezes maior do que antes da industrialização. Se o aquecimento global atingir 4°C, as descobertas do AR6 sugerem que cerca de 4 bilhões de pessoas deverão sofrer escassez de água. As mudanças climáticas estão exacerbando as desigualdades existentes, visto que comunidades vulneráveis e países em desenvolvimento são desproporcionalmente impactados por seus efeitos. Por exemplo, aqueles que vivem na pobreza têm maior probabilidade de serem afetados por eventos climáticos extremos, como inundações e secas, devido à falta de acesso a recursos, serviços de saúde e infraestrutura adequada. Apesar de sua contribuição quase insignificante para as emissões globais de gases de efeito estufa, as famílias com renda entre os 50% mais baixos já estão sendo desproporcionalmente afetadas pelos efeitos das mudanças climáticas e continuarão a ser as mais impactadas no futuro. Além disso, aqueles que vivem em áreas costeiras baixas têm maior probabilidade de serem afetados pela elevação do nível do mar. **A economia global é vulnerável aos impactos das mudanças climáticas.** A destruição causada por eventos climáticos extremos, como inundações e secas, resulta em perdas econômicas inimagináveis. Além disso, esses eventos podem interromper as cadeias de suprimentos globais, levando a enormes perdas econômicas. Se as temperaturas aumentarem na trajetória atual, e o Acordo de Paris e as metas de emissão líquida zero para 2050 não forem cumpridos, o mundo poderá correr o risco de perder cerca de 10% do valor econômico total devido às mudanças climáticas. Se as emissões de gases de efeito estufa não forem controladas – com riscos de aumento da temperatura média global ultrapassar 3°C, poderemos ver até 18% do produto interno bruto (PIB) global corroído até meados do século.

Contudo, o AR6 possibilitou ter esperança ao afirmar que possuímos opções, em todos os setores, para reduzir as emissões pela metade, pelo menos, até 2030. No lançamento do relatório, o então copresidente do Grupo de Trabalho III afirmou que *“Having the right policies, infrastructure and technology in place to enable changes to our lifestyles and behaviour can result in a 40-70% reduction in greenhouse gas emissions by 2050”*⁵.

Nada mais apropriado, além das mensagens do AR6, para acelerar a Agenda Climática como o relatório *State of the Global Climate 2024* (WMO, 2025) da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Anualmente, essa agência da ONU publica relatórios que avaliam como foi o clima global no ano anterior ao que o relatório é publicado. O relatório mostrou que a temperatura média

5 Tradução livre: “Ter as políticas, a infraestrutura e a tecnologia certas para permitir mudanças em nossos estilos de vida e comportamento pode resultar em uma redução de 40% a 70% nas emissões de gases de efeito estufa até 2050”.

global, próxima à superfície, em 2024, foi de $1,55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$ acima da média de 1850-1900. O ano de 2024 foi o ano mais quente no registro observacional de 175 anos. Deve-se notar que o ano mais quente anterior havia sido 2023, com uma anomalia de $1,45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cada um dos últimos 10 anos (2015-2024) foram individualmente os dez anos mais quentes registrados. Seis conjuntos de dados, incluindo duas reanálises, foram usados para avaliar a temperatura global neste relatório conforme mostrado na Figura 2, a seguir.

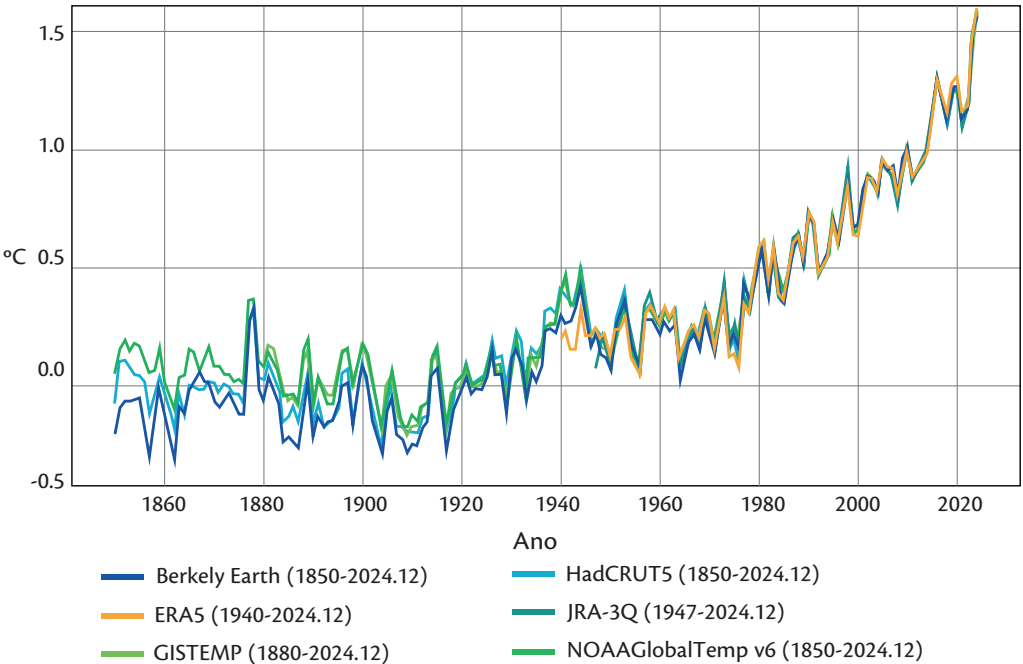


Figura 2. Anomalias anuais da temperatura média global em relação a uma linha de base pré-industrial (1850-1900), mostradas de 1850 a 2024

Fonte: WMO (2025).

4. Contribuição do MCTI para a Agenda Climática

Conforme dito acima, o *Framework* da UNFCCC (2006), no item 1, do artigo 4, que trata dos compromissos das Partes, descreve os 10 compromissos que as Partes assumem. Entre esses 10 compromissos, o MCTI está incluído, direta ou indiretamente, em sete, que brevemente listamos a seguir:

(a) **desenvolver**, atualizar periodicamente, publicar e disponibilizar à Conferência das Partes, de acordo com o artigo 12, inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, usando metodologias comparáveis a serem acordadas pela Conferência das Partes; (c) **promover e cooperar** no desenvolvimento, na aplicação e na difusão, incluindo transferência de tecnologias, práticas e processos que controlem, reduzam ou previnam emissões antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal em todos os setores relevantes, incluindo os setores de energia, transporte, indústria, agricultura, silvicultura e gestão de resíduos; (e) **cooperar** na preparação para a adaptação aos impactos das alterações climáticas; desenvolver e elaborar planos adequados e integrados para gestão da zona costeira, dos recursos hídricos e da agricultura, e para proteção e reabilitação de áreas afetadas pela seca e pela desertificação, bem como por cheias; (g) **promover e cooperar na investigação científica, tecnológica, técnica, socioeconômica e outras**, na observação sistemática e no desenvolvimento de arquivos de dados relacionados ao sistema climático e destinados a aprofundar a compreensão e a reduzir ou eliminar as incertezas restantes relativamente às causas, aos efeitos, à magnitude e ao calendário das alterações climáticas e às consequências econômicas e sociais das várias estratégias de resposta; (h) **promover e cooperar no intercâmbio completo, aberto e rápido de informações científicas, tecnológicas, técnicas, socioeconômicas e jurídicas** relevantes relacionadas ao sistema climático e às alterações climáticas, e às consequências econômicas e sociais das várias estratégias de resposta; (i) **promover e cooperar na educação**, na formação e na sensibilização pública relacionadas às alterações climáticas e encorajar a mais ampla participação nesse processo, incluindo a de organizações não governamentais (ONG); e (j) **comunicar** à Conferência das Partes informações relacionadas à implementação, de acordo com o artigo 12.

Aqui, é necessário analisar o artigo 12, que trata, especificamente, das Comunicações Nacionais: cada Parte comunicará à Conferência das Partes, por meio do secretariado, os seguintes elementos de informação: i) um inventário nacional de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, usando metodologias comparáveis a serem promovidas e acordadas pela Conferência das Partes; ii) uma descrição geral das medidas tomadas ou previstas pela Parte para implementar a convenção; e iii) qualquer outra informação que a Parte considere relevante para a consecução do objetivo da convenção e adequada para inclusão em sua comunicação, incluindo, se viável, material relevante para cálculos de tendências globais de emissões.

5. Contribuições do MCTI para os compromissos do Brasil perante a UNFCCC

Entre os compromissos do Brasil perante a UNFCCC, compete ao MCTI a primeira e a última alínea do artigo 4.1, ou seja, as alíneas **a** e **j** supradescritas. Contudo, o MCTI assume, também, papel estratégico nas alíneas **c**, **e**, **g**, **h** e **i**. A seguir, descrevemos, de forma sucinta, as contribuições do MCTI.

5.1. Comunicações Nacionais

Existem seis componentes principais de uma comunicação nacional: i) as circunstâncias nacionais; ii) o inventário nacional de gases de efeito estufa; iii) os programas contendo medidas para facilitar a adaptação adequada às mudanças climáticas; iv) os programas contendo medidas para mitigar as mudanças climáticas; v) outras informações consideradas relevantes para a consecução dos objetivos da convenção; e vi) as restrições e lacunas, e necessidades financeiras, técnicas e de capacitação. Cada um desses pontos segue um guia metodológico estabelecido pela convenção. Por exemplo, na elaboração do inventário, há dois pontos críticos que devem ser considerados: formulação de mecanismos para coletar e gerenciar dados para a preparação contínua do inventário e formulação de procedimentos para gerenciar incertezas nos dados do inventário e nos cálculos de emissões de GEE. A elaboração das Comunicações Nacionais é um trabalho coletivo, desenvolvido em parceria com diversas instituições e especialistas. Em atenção às diretrizes, já citadas, são apresentados estudos sobre vulnerabilidade e adaptação à mudança do clima, com ênfase para os seguintes setores: agricultura, recursos hídricos, biodiversidade, energias renováveis, desastres naturais de origem hídrica e saúde. As CN contemplam a atualização das ações de mitigação e descrição das medidas adotadas ou previstas para implementar a convenção no País, a cada edição.

O MCTI elaborou, até hoje, quatro CN. A primeira foi estruturada em 2004 (UNFCCC, 2004). Seguiram-se a segunda entregue em 2010 (UNFCCC, 2010), a terceira em 2016 (UNFCCC, 2016) e quarta em 2022 (UNFCCC, 2022). Já a quinta CN será entregue em 2026. A Figura 3, a seguir, ilustra a capa das CN.



Figura 3. Imagens das Capas das Comunicação Nacionais (CN) elaboradas pelo MCTI para a UNFCC

Fonte: Capas das comunicações nacionais feitas pelo MCTI.

5.2. Inventários das emissões de GEE

Esta informação – obrigatória de ser incluída nas CN – é a fonte oficial do país sobre as emissões e as remoções de GEE causadas por atividades humanas. O inventário garante transparência e monitora o progresso dos compromissos das políticas climáticas do País, subsidiando a tomada de decisão. Ele é elaborado em conformidade com as Diretrizes de 2006 do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Isto é relevante, pois a mesma metodologia é seguida por todos os países. Assim, é possível haver comparabilidade. Os inventários são auditados por corpo de especialista, não designados pelo País e, portanto, devem seguir os princípios de transparência, acurácia e consistência. O inventário abrange uma série histórica desde 1990, ano definido internacionalmente como referência para os inventários nacionais de emissões. Seguindo a estrutura de transparência aprimorada do Acordo de Paris, o atual inventário abrange os anos de 1990 a 2022 (Figura 4). O próximo inventário, que deve ser atualizado em 2026, vai cobrir o período 1990 a 2024. O inventário é organizado em cinco setores principais: i) energia; ii) processos industriais e uso de produtos; iii) agropecuária; iv) uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas; e v) resíduos. A contribuição relativa, de cada um desses setores, para as emissões, no ano de 2022, está descrita na Figura 5. A emissão líquida, total, em 2022, foi de 2.040 teragramas (Tg) de CO₂ equivalente. Isso representou um aumento de 11,7% em relação às emissões de 2020.

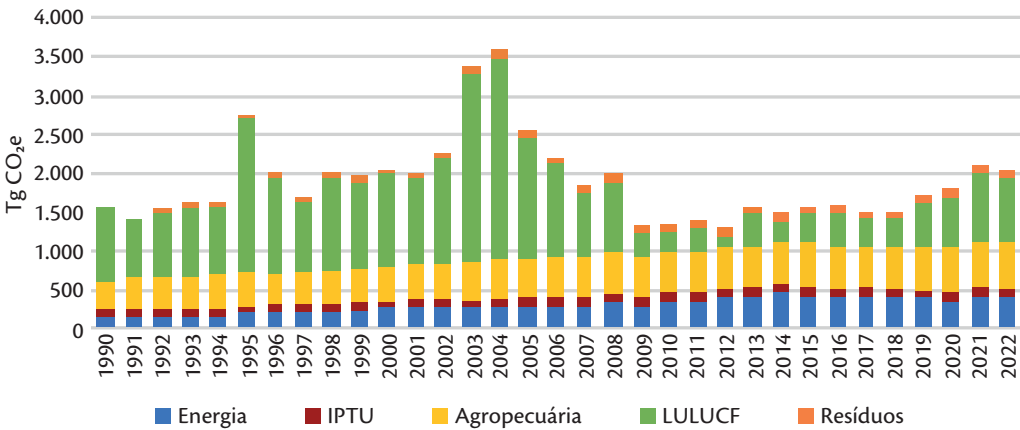


Figura 4. Emissões totais do Brasil (1990-2022) (Tg CO₂eq)

Fonte: 1º BTR do Brasil.

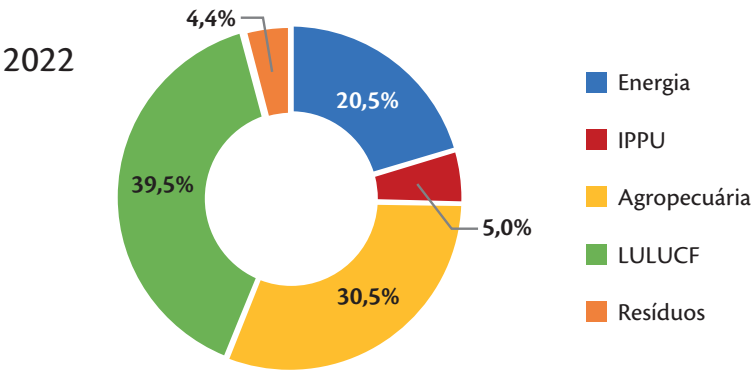


Figura 5. Contribuições relativas, dos setores inventariados, para as emissões totais do Brasil

Fonte: Acordo de Paris.

5.3. Relatórios bienais de transparência

No âmbito do Acordo de Paris e, particularmente, no Quadro de Transparência, as Partes do Acordo são obrigadas a apresentar relatórios bienais de transparência (BTR) [do Inglês, *biennial transparency reports*], a cada dois anos, com a primeira entrega em 31 de dezembro de 2024. Os BTR incluem informações sobre relatórios de inventário nacional, progresso em direção às NDC, políticas e medidas, impactos e adaptação às mudanças climáticas, níveis de apoio financeiro, de desenvolvimento e transferência de tecnologia e de capacitação, necessidades de capacitação e áreas de melhoria.

O Brasil submeteu o Primeiro Relatório Bienal de Transparência em dezembro de 2024 (Brasil, 2024). O documento apresenta um panorama atualizado dos avanços do País na implementação de políticas públicas voltadas para a mitigação e a adaptação à mudança do clima. Ao longo do processo de elaboração e validação, houve a colaboração das pastas ministeriais que integram o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM), mais alta esfera de governança climática do País, responsável pela aprovação do relatório.

5.4. Plataformas

Além de preparar e elaborar os documentos que o Brasil, obrigatoriamente, tem de entregar à UNFCCC, como supradescrito, e no escopo de suporte à tomada de decisão, o MCTI organiza, sistematiza e disponibiliza informações para os tomadores de decisão, sejam eles do setor público, sejam do setor privado, bem como a qualquer cidadão brasileiro, informações *scientific-based*, por meio de plataformas abertas ao público. Tais plataformas são, também, contribuições previstas no artigo 4.1 da UNFCCC. As informações incluídas em tais plataformas servem aos propósitos de adaptação e mitigação para uma Agenda do Clima. Todas essas plataformas poder ser acessadas no portal do MCTI.

O Sistema de Registro Nacional de Emissões (Sirene) disponibiliza os resultados do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal. Este sistema tem por missão conferir a segurança e a transparência ao processo de confecção de inventários de emissões de gases de efeito estufa. Além disso, é ferramenta de suporte à tomada de decisão no âmbito de políticas, planos, programas e projetos na área de mudança do clima – no que tange à geração de conhecimento científico e à adoção de medidas de mitigação.

O Sirene Organizacional é uma iniciativa dedicada a fortalecer a transparência e a sustentabilidade das organizações do país, no que se refere à elaboração e divulgação dos seus inventários de emissões. Os dados setoriais – coletados conforme o protocolo estabelecido pelo IPCC – podem servir para o aprimoramento e a redução das incertezas do inventário nacional. A plataforma é flexível e modular, pois, assim, pode ser rapidamente adaptada para atender às futuras necessidades sobre as regulamentações do tema, seja pela inclusão de novos questionamentos que deverão ser respondidos pelas organizações, seja pela indicação de novas metodologias para contabilização de emissões ou arquivos que comprovem a integridade e confiabilidade dos cálculos.

O Simulador Nacional de Políticas Setoriais e Emissões (Sinapse) é a ferramenta oficial do governo brasileiro para projeção de cenários de implementação de políticas públicas setoriais e potencial de redução de emissões de GEE, visando ao alcance das metas contidas na Contribuição Nacionalmente

Determinada. A ferramenta permite simular cenários futuros com 48 políticas para seis diferentes setores, abrangendo desde desmatamento, transporte rodoviário, até número de vidas preservadas pela redução nas emissões, entre outros.

Finalmente, para a agenda de adaptação, o Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças do Clima (AdaptaBrasil) objetiva consolidar, integrar e disseminar informações que possibilitem o avanço das análises dos impactos da mudança do clima, observados e projetados no território nacional, dando subsídios às autoridades competentes pelas ações de adaptação. A plataforma colabora para a disseminação do conhecimento por meio da análise de informações cada vez mais integradas e atualizadas sobre o clima e os riscos de impactos no Brasil, além de garantir a acessibilidade dos principais resultados aos tomadores de decisão em todos os níveis, bem como a pesquisadores, sociedade civil e setor privado.



Figura 6. Logo das plataformas do MCTI

Fonte: As plataformas podem ser acessadas livremente na webpage do ministério.

5.5. Rede Clima

Todas as ações, diretas e indiretas, supradescritas, objetivam desenvolver e fornecer produtos que atendam aos compromissos internacionais do Brasil assim como para orientar as políticas públicas. Os formuladores de políticas e os tomadores de decisão lidam com desafios complexos e exigentes em conhecimento, para os quais, muitas vezes, não existem soluções simples. Nesses casos, a ciência pode e deve apoiá-los, fornecendo evidências rigorosas que permitam melhor compreensão do problema e avaliação das prováveis implicações das opções disponíveis. Esse tipo de contribuição pode melhorar a qualidade, a eficácia e a eficiência da formulação de políticas. Foi com essa visão que, em 2007, o então Ministério da Ciência e Tecnologia, em sua Portaria nº 728, instituiu a Rede Clima (Brasil, 2007).

A Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede Clima), com abrangência nacional, envolve dezenas de grupos de pesquisa em universidades e institutos de todo o País. Seu foco científico cobre todas as questões relevantes das mudanças climáticas, notadamente, são: i) a base científica da mudança do clima: detecção e atribuição de causas; entendimento da variabilidade natural *versus* mudança climática de origem antrópica; ciclo hidrológico e ciclos biogeoquímicos globais e aerossóis; capacidade de modelagem do sistema climático; ii) estudos

de impactos, adaptação e vulnerabilidade para sistemas e setores relevantes: agricultura e silvicultura, recursos hídricos, biodiversidade e ecossistemas, zonas costeiras, cidades, economia, energias renováveis e saúde; e iii) desenvolvimento de conhecimento e tecnologias para mitigação da mudança do clima. Na fase atual, a Rede Clima ocupa-se dos temas científicos integrativos de mudanças climáticas e segurança alimentar, hídrica e energética; saúde humana, cidades e desastres naturais.

Dividida em 15 sub-redes, a Rede Clima age como um braço científico do MCTI, composta por uma série de grupos de pesquisa em universidades, o que garante a capilaridade e a disseminação do conhecimento científico gerado, e parcerias com núcleos de pesquisa estrangeiros.

Referências

ARRHENIUS, S. Ueber den einfluss des atmosphärischen kohlendioxidgehalts auf die temperatur der erdoberfläche. **Bihang till Kongliga Vetenskaps-Akademiens Handlingar**, v. 22, n. 1,1, p. 1-102, 1896. General Reference Ac.1070. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=3OoVAAAAYAAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>

ARRHENIUS, S. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground, The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science (Fifth Series), v. 49, n. 251, p. 237-276, 1896. General Reference P.P.1433. Disponível em: http://www.rsc.org/images/Arrhenius1896_tcm18-173546.pdf

ARRHENIUS, S. **Worlds in the making**. The evolution of the universe. Borns, H. (Trad.). London: Harper & Brothers, 1908. General Reference 8562.cc.38. Disponível em: <https://archive.org/details/worldsinmakegevoarrhrich/page/n7/mode/2up>

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. **Portaria MCT nº 728, de 20.11.2007**. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/migracao/Portaria_MCT_n_728_de_20112007.html

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. **Primeiro relatório bienal de transparência do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. 2024. Disponível em: <https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/6829>

FOURIER, J. Remarques generales sur les temperatures du globe terrestre et des espaces planetaires. **Annales de Chimie et de Physique** (in French), v. 27, p. 136-167. 1824. Archived from the original on 2 August 2020. Retrieved 8 June 2020. Disponível em: <https://www.milestone-books.de/pages/books/003753/jean-baptiste-joseph-fourier/remarques-generales-sur-les-temperatures-du-globe-terrestre-et-des-espaces-planetaires-resume?soldItem=true>

FRANTA, B. On its 100th birthday in 1959, Edward Teller warned the oil industry about global warming. **The Guardian**, jan. 2018. Retrieved 11 January 2021. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/climate-consensus-97-per-cent/2018/jan/01/on-its-hundredth-birthday-in-1959-edward-teller-warned-the-oil-industry-about-global-warming>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Homepage**. 2025. Disponível em: <https://www.ipcc.ch>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Sixth Assessment Report**, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6>

MONROE, Robert. **New Record for annual increase in Keeling curve readings Twelve-month average rose fastest ever in 2024**. University of California San Diego. Scripps Institution of Oceanography. 2025. Disponível em: <https://scripps.ucsd.edu/news/ralph-keeling-curve>

TYNDALL, J. The Bakerian Lecture. On the absorption and radiation of heat by gases and vapours, and on the physical connexion of radiation, absorption, and conduction. **Philosophical Transactions**, v. 151, 1861. (The Royal Society Publishing: 37). doi:10.1098/rstl.1861.0001 Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/reader/10.1098/rstl.1861.0001>

UNITED NATIONS – UN. **Paris agreement**, 2015. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE – UNFCCC. **Handbook**. Bonn, Germany: Climate Change Secretariat. 2006. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/publications/handbook.pdf>

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE – UNFCCC. **1^a, 2^a e 3^a Comunicação Nacional do Brasil à UNFCC**. 2004, 2010, 2016. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/Comunicacao_Nacional/Comunicacao_Nacional.html

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE – UNFCCC. **4^a Comunicação Nacional do Brasil à UNFCC**. 2022. Disponível em: https://repositorio.mctic.gov.br/bitstream/mctic/4782/1/2020_quarta_comunicacao_nacional_brasil_convencao_quadro_nacoes_unidas_sobre_mudanca_clima.pdf e https://repositorio.mctic.gov.br/bitstream/mctic/4782/3/2020_quarta_comunicacao_nacional_brasil_convencao_quadro_nacoes_unidas_sobre_mudanca_clima_sumario_executivo.pdf

WEART, S. The carbon dioxide greenhouse effect. In: **The Discovery of global warming**. 2003. Disponível em: <https://history.aip.org/climate/co2.htm>

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. **State of climate in Latin America and Caribbean 2024**, Report WMO, Geneve, n. 1367, 26 p., 2025. Disponível em: https://library.wmo.int/viewer/69456/download?file=WMO-1367-2024_en.pdf&type=pdf&navigator=1