



PAINEL INTERGOVERNAMENTAL  
SOBRE MUDANÇA DO CLIMA



**Mudança do Clima 2007:  
Mitigação da Mudança do Clima**

**Contribuição do Grupo de Trabalho III ao  
Quarto Relatório de Avaliação do  
Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima**

**Sumário para os Formuladores de Políticas**

**Este Sumário para os Formuladores de Políticas foi aprovado formalmente na 9ª Sessão do Grupo de Trabalho III do IPCC, em Bancoc, Tailândia • 30 de abril a 4 de maio de 2007**

**Observação: o texto, as tabelas e figuras são apresentados aqui em suas versões finais, mas serão submetidos a revisão de texto e ajustes editoriais**

**Com base na versão preliminar elaborada por:**

Terry Barker, Igor Bashmakov, Lenny Bernstein, Jean Bogner, Peter Bosch, Rutu Dave, Ogunlade Davidson, Brian Fisher, Michael Grubb, Sujata Gupta, Kirsten Halsnaes, Bertjan Heij, Suzana Kahn Ribeiro, Shigeki Kobayashi, Mark Levine, Daniel Martino, Omar Masera Cerutti, Bert Metz, Leo Meyer, Gert-Jan Nabuurs, Adil Najam, Nebojsa Nakicenovic, Hans Holger Rogner, Joyashree Roy, Jayant Sathaye, Robert Schock, Priyaradshi Shukla, Ralph Sims, Pete Smith, Rob Swart, Dennis Tirpak, Diana Urge-Vorsatz, Zhou Dadi

**Tradução do inglês:**

Anexandra de Ávila Ribeiro

## Sumário

A. Introdução .....	3
B. Tendências das emissões de gases de efeito estufa.....	3
C. Mitigação em curto e médio prazos (até 2030).....	12
D. Mitigação em longo prazo (após 2030) .....	26
E. Políticas, medidas e instrumentos para mitigar a mudança do clima.....	33
F. Desenvolvimento sustentável e mitigação da mudança do clima .....	39
G. Lacunas no conhecimento .....	41
Quadro 1: Representação da incerteza .....	42

## A. Introdução

1. A contribuição do Grupo de Trabalho III ao Quarto Relatório de Avaliação do IPCC se concentra nas novas publicações sobre os aspectos científicos, tecnológicos, ambientais, econômicos e sociais da mitigação da mudança do clima lançadas desde o Terceiro Relatório de Avaliação (TRA) do IPCC e os Relatórios Especiais sobre Captação e Armazenamento de CO<sub>2</sub> e sobre a Proteção da Camada de Ozônio e do Sistema do Clima Global.

O presente sumário foi organizado em seis seções, além desta introdução:

- Tendências das emissões de gases de efeito estufa;
- Mitigação em curto e médio prazos, em diferentes setores econômicos (até 2030);
- Mitigação em longo prazo (após 2030);
- Políticas, medidas e instrumentos para mitigar a mudança do clima;
- Desenvolvimento sustentável e mitigação da mudança do clima;
- Lacunas no conhecimento.

No final de cada parágrafo, são indicadas entre colchetes as referências às seções dos capítulos correspondentes. No relatório principal, há um glossário com explicações dos termos, acrônimos e símbolos químicos usados neste Sumário para os Formuladores de Políticas.

## B. Tendências das emissões de gases de efeito estufa

2. **As emissões globais de gases de efeito estufa aumentaram desde a época pré-industrial, com um aumento de 70% entre 1970 e 2004** (*ampla concordância, muitas evidências*)<sup>1</sup>.

- Desde a época pré-industrial, as emissões crescentes de gases de efeito estufa decorrentes das atividades humanas provocaram um aumento acentuado das concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa [1.3; SFP do Grupo de Trabalho I].
- Entre 1970 e 2004, as emissões globais de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs e SF<sub>6</sub>, ponderadas pelo seu potencial de aquecimento global, aumentaram em 70% (24% entre 1990 e 2004), passando de 28,7 para 49 gigatoneladas de equivalentes de dióxido de carbono (GtCO<sub>2</sub>-eq)<sup>2</sup> (ver a Figura SFP.1). As emissões desses gases aumentaram em taxas diferentes. As emissões de CO<sub>2</sub> aumentaram em cerca de 80% entre 1970 e 2004 (28% entre 1990 e

---

<sup>1</sup> Cada declaração de início de parágrafo tem uma avaliação de “concordância/evidência”, corroborada pelos marcadores que vêm em seguida. Isso não significa necessariamente que esse nível de “concordância/evidência” se aplique às informações de cada marcador. O Quadro 1 explica essa representação da incerteza.

<sup>2</sup> A definição de equivalente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>-eq) é a quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> que causaria o mesmo forçamento radiativo que uma quantidade emitida de um gás de efeito estufa bem misturado ou uma mistura de gases de efeito estufa bem misturados, todos multiplicados por seus respectivos potenciais de aquecimento global para levar em conta os diferentes tempos em que permanecem na atmosfera [Glossário do Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho I].

2004) e representaram 77% do total das emissões antrópicas de gases de efeito estufa em 2004.

- O maior aumento das emissões globais de gases de efeito estufa entre 1970 e 2004 se deu no setor de oferta de energia (um aumento de 145%). O aumento, nesse período, das emissões diretas<sup>3</sup> dos transportes foi de 120%, da indústria, 65%, e do uso da terra, mudança no uso da terra e florestas<sup>4</sup>, 40%<sup>5</sup>. Entre 1970 e 1990, as emissões diretas da agricultura aumentaram em 27% e as das edificações, em 26%, as últimas se mantiveram aproximadamente nos níveis de 1990 desde então. O setor de edificações, contudo, tem um nível alto de uso de eletricidade, de modo que o total das emissões diretas e indiretas nesse setor é muito mais elevado (75%) do que o das emissões diretas [1.3, 6.1, 11.3, Figuras 1.1 e 1.3].
- O efeito nas emissões globais da redução da intensidade do uso global de energia (-33%) no período de 1970 a 2004 foi menor do que o efeito combinado do aumento da renda global (77%) e do crescimento da população global (69%); ambos geradores das crescentes emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas com a energia (Figura SFP.2). A tendência de longo prazo de redução da intensidade de carbono da oferta de energia se reverteu após 2000. As diferenças entre os países em termos de renda per capita, emissões per capita e intensidade de energia continuam sendo significativas (Figura SFP.3). Em 2004, os países do Anexo I da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima representavam 20% da população mundial, produziram 57% do Produto Interno Bruto mundial, com base na Paridade do Poder de Compra (PIB<sub>ppc</sub>)<sup>6</sup> e responderam por 46% das emissões globais de gases de efeito estufa (Figura SFP.3a) [1.3].
- As emissões de substâncias que destroem a camada de ozônio controladas no âmbito do Protocolo de Montreal<sup>7</sup>, as quais também são gases de efeito estufa, diminuíram de forma significativa desde a década de 90. Até 2004, as emissões desses gases representavam cerca de 20% do seu nível em 1990 [1.3].
- Uma série de políticas, inclusive sobre mudança do clima, segurança energética<sup>8</sup> e desenvolvimento sustentável, tem sido eficaz na redução das emissões de gases de efeito estufa em diferentes setores e em muitos países.

<sup>3</sup> As emissões diretas em cada setor não compreendem as emissões do setor elétrico para a eletricidade consumida nos setores de edificações, indústria e agricultura ou as emissões das operações das refinarias que fornecem combustível ao setor de transporte.

<sup>4</sup> O termo “uso da terra, mudança no uso da terra e florestas” é usado aqui para descrever as emissões agregadas de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O provenientes do desflorestamento, biomassa e queima, decomposição da biomassa decorrente da exploração madeireira e do desflorestamento, decomposição da turfa e queima de turfa [1.3.1]. É mais amplo do que as emissões do desflorestamento, que são incluídas como um subconjunto. As emissões aqui relatadas não compreendem a absorção de carbono (remoções).

<sup>5</sup> Essa tendência é para o total das emissões do uso da terra, mudança no uso da terra e florestas, das quais as emissões do desflorestamento constituem um subconjunto, o qual, em razão das grandes incertezas nos dados, tem uma certeza significativamente menor do que os outros setores. A taxa global do desflorestamento foi levemente mais baixa no período de 2000 a 2005 do que no período de 1990 a 2000 [9.2.1].

<sup>6</sup> A métrica do PIB<sub>ppc</sub> é usada, nesse relatório, apenas para fins de ilustração. A nota de rodapé 12 contém uma explicação dos cálculos da paridade do poder de compra (PPC) e da taxa de câmbio do mercado para o PIB.

<sup>7</sup> Halons, clorofluorcarbonos (CFCs), hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), metil clorofórmio (CH<sub>3</sub>CCl<sub>3</sub>), tetracloreto de carbono (CCl<sub>4</sub>) e brometo de metila (CH<sub>3</sub>Br).

<sup>8</sup> A segurança energética se refere à segurança da oferta de energia.

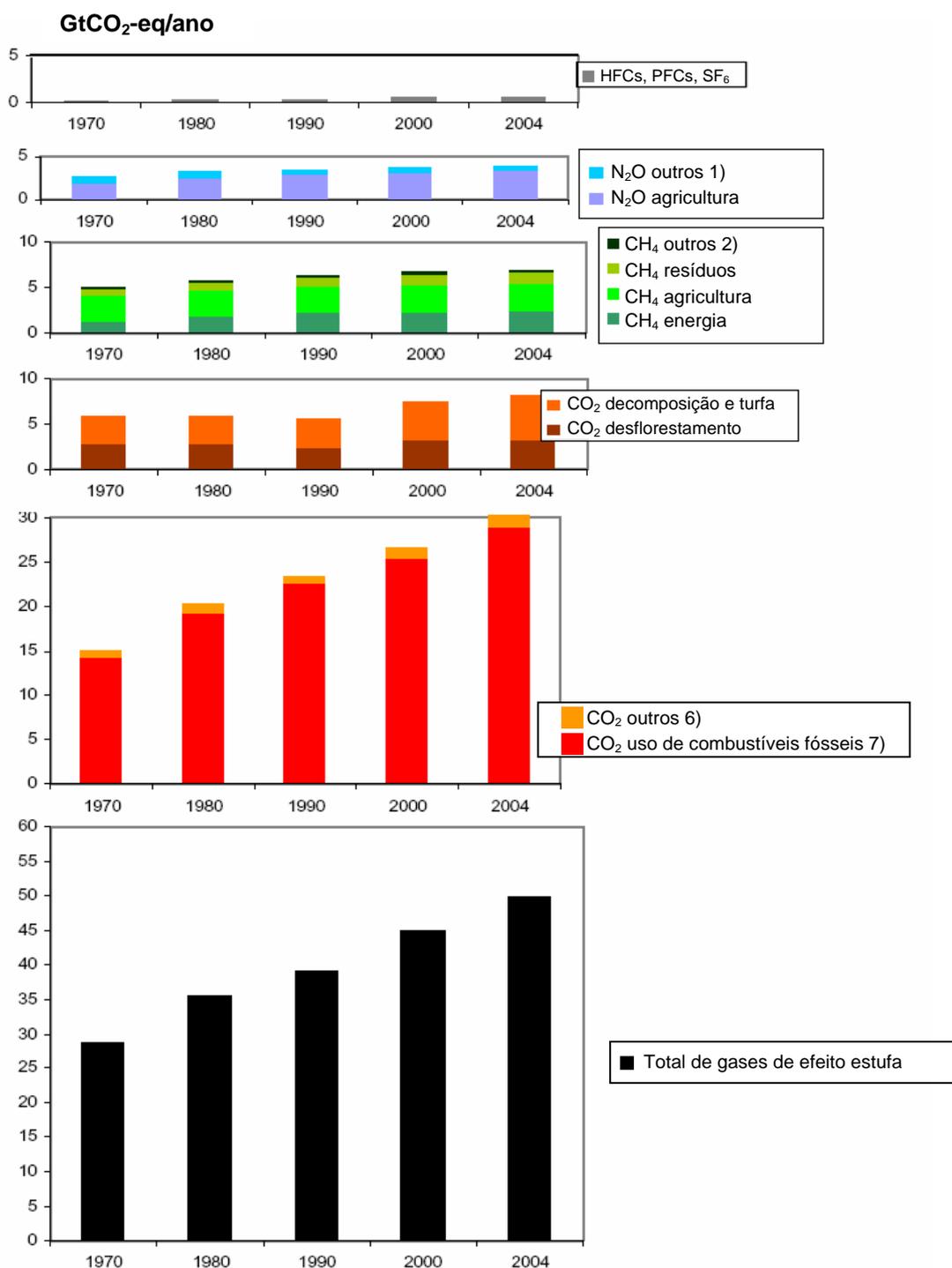
A escala dessas medidas, contudo, ainda não foi grande o suficiente para fazer frente ao aumento das emissões globais [1.3, 12.2].

**3. Com as atuais políticas de mitigação da mudança do clima e práticas relacionadas de desenvolvimento sustentável, as emissões globais de gases de efeito estufa continuarão aumentando nas próximas décadas (*ampla concordância, muitas evidências*).**

- Os cenários (sem mitigação) do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (RECE) projetam um aumento das emissões globais de gases de efeito estufa na linha de base em uma faixa de 9,7 GtCO<sub>2</sub>-eq a 36,7 GtCO<sub>2</sub>-eq (25-90%) entre 2000 e 2030<sup>9</sup> (Quadro SFP.1 e Figura SFP.4). Nesses cenários, projeta-se que os combustíveis fósseis mantenham sua posição dominante na matriz energética global até 2030 e posteriormente. Assim, projeta-se que as emissões de CO<sub>2</sub> entre 2000 e 2030 provenientes do uso de energia aumentem em 45 a 110% ao longo desse período. Projeta-se que dois terços a três quartos desse aumento das emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas com a energia sejam provenientes das regiões não-Anexo I e que a média das emissões de CO<sub>2</sub> per capita relacionadas com a energia permaneça substantivamente mais baixa (2,8 a 5,1 tCO<sub>2</sub>/cap) do que nas regiões do Anexo I (9,6 a 15,1 tCO<sub>2</sub>/cap) até 2030. De acordo com os cenários do RECE, projeta-se que as suas economias façam um uso de energia mais baixo por unidade do PIB (6,2 a 9,9 MJ/US\$ PIB) do que as dos países não-Anexo I (11,0 a 21,6 MJ/US\$ PIB). [1.3, 3.2]

---

<sup>9</sup> Supõe-se aqui que as emissões de gases de efeito estufa do RECE em 2000 sejam de 39,8 GtCO<sub>2</sub>-eq, ou seja, mais baixas do que as emissões relatadas na base de dados EDGAR para 2000 (45 GtCO<sub>2</sub>-eq). Isso se deve principalmente a diferenças nas emissões do uso da terra, mudança no uso da terra e florestas.



*[As barras referentes a 2000 e 2004 serão posicionadas mais próximo para refletir o período mais curto entre os anos]*

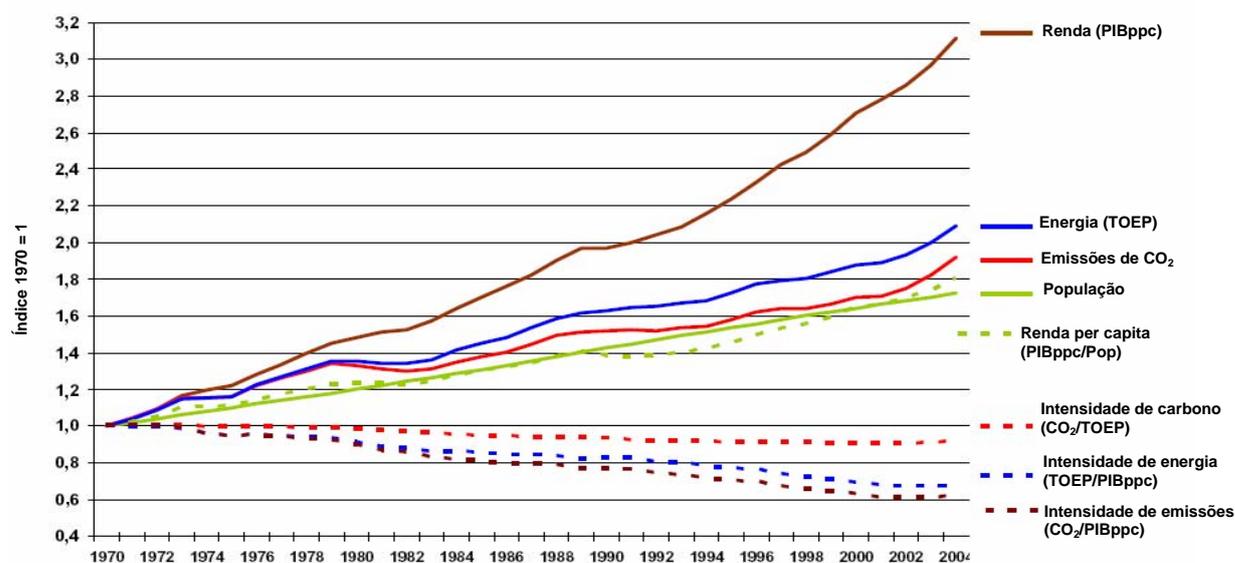
*[A representação das referências nas notas será melhorada]*

**Figura SFP.1:** Emissões globais de gases de efeito estufa, para o período de 1970 a 2004, ponderadas pelo Potencial de Aquecimento Global. Potenciais de Aquecimento Global de 100 anos (do Segundo Relatório de Avaliação do IPCC de 1996) foram usados para converter as emissões em CO<sub>2</sub>-eq (verificar as diretrizes de relato da CQNUMC). Estão inclusos os gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs e SF<sub>6</sub> de todas as fontes.

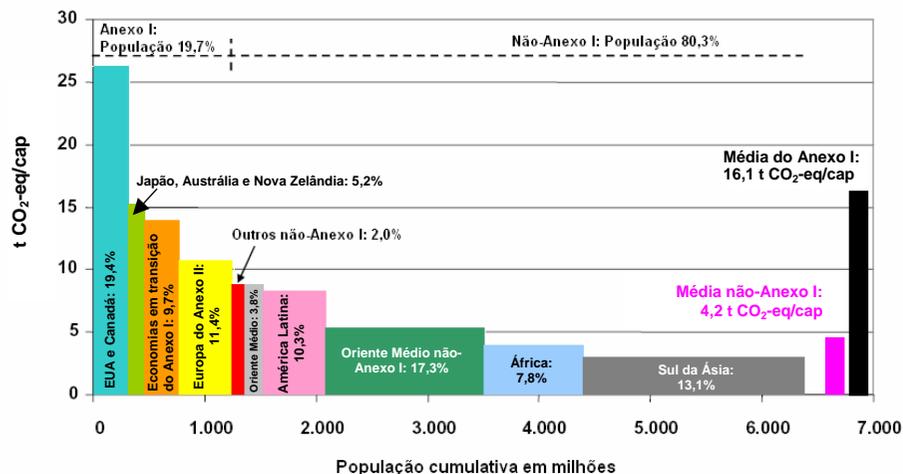
As duas categorias de emissões de  $CO_2$  refletem as emissões de  $CO_2$  da produção e uso de energia (a segunda de baixo para cima) e das mudanças no uso da terra (a terceira de baixo para cima) [Figura 1.1a].

*Observações:*

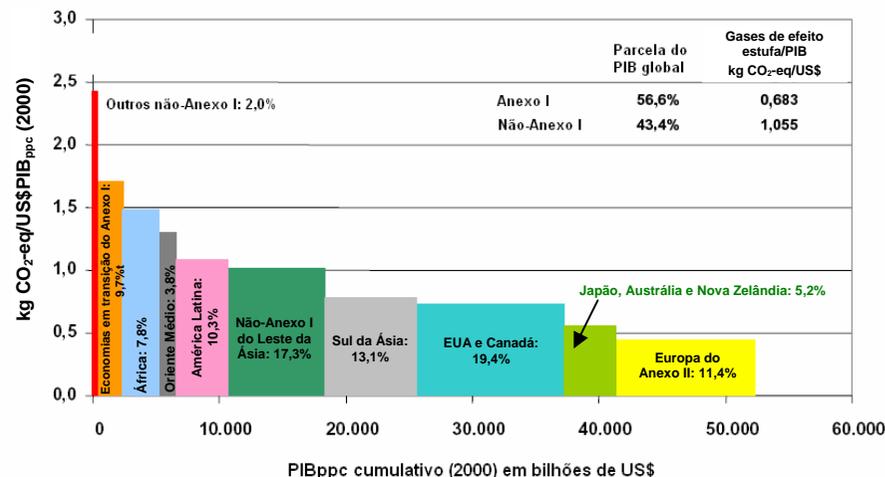
1. “Outros  $N_2O$ ” abrange processos industriais, desflorestamento/queimadas nas savanas, águas residuárias e incineração de resíduos.
2. “Outros” é o  $CH_4$  dos processos industriais e das queimadas nas savanas.
3. Emissões de  $CO_2$  provenientes da decomposição da biomassa acima do solo que sobra após a exploração madeireira e o desflorestamento e o  $CO_2$  da queima de turfa e decomposição de solos turfosos drenados.
4. Bem como o uso tradicional da biomassa em 10% do total, supondo-se que 90% seja proveniente da produção sustentável de biomassa. Corrigido em relação a 10% de carbono da biomassa que se supõe permaneça como carvão vegetal após a combustão.
5. Para dados médios da queima em grande escala de biomassa de florestas e savanas, referentes ao período de 1997 a 2002, com base nos dados de satélite da base de dados de Emissões Globais de Incêndios (Global Fire Emissions Data Base).
6. Produção de cimento e queima de gás natural.
7. O uso de combustíveis fósseis abrange as emissões das matérias-primas.



**Figura SFP.2:** Desenvolvimento global relativo do Produto Interno Bruto medido em PPC ( $PIB_{ppc}$ ), total da oferta de energia primária (TOEP), emissões de  $CO_2$  (da queima de combustíveis fósseis, queima de gases e fabricação de cimento) e população (Pop). Além disso, nas linhas tracejadas, a figura mostra a renda per capita ( $PIB_{ppc}/Pop$ ), a intensidade de energia ( $TOEP/PIB_{ppc}$ ), a intensidade de carbono da oferta de energia ( $CO_2/TOEP$ ) e a intensidade de emissões do processo de produção econômica ( $CO_2/PIB_{ppc}$ ) para o período de 1970 a 2004. [Figura 1.5]

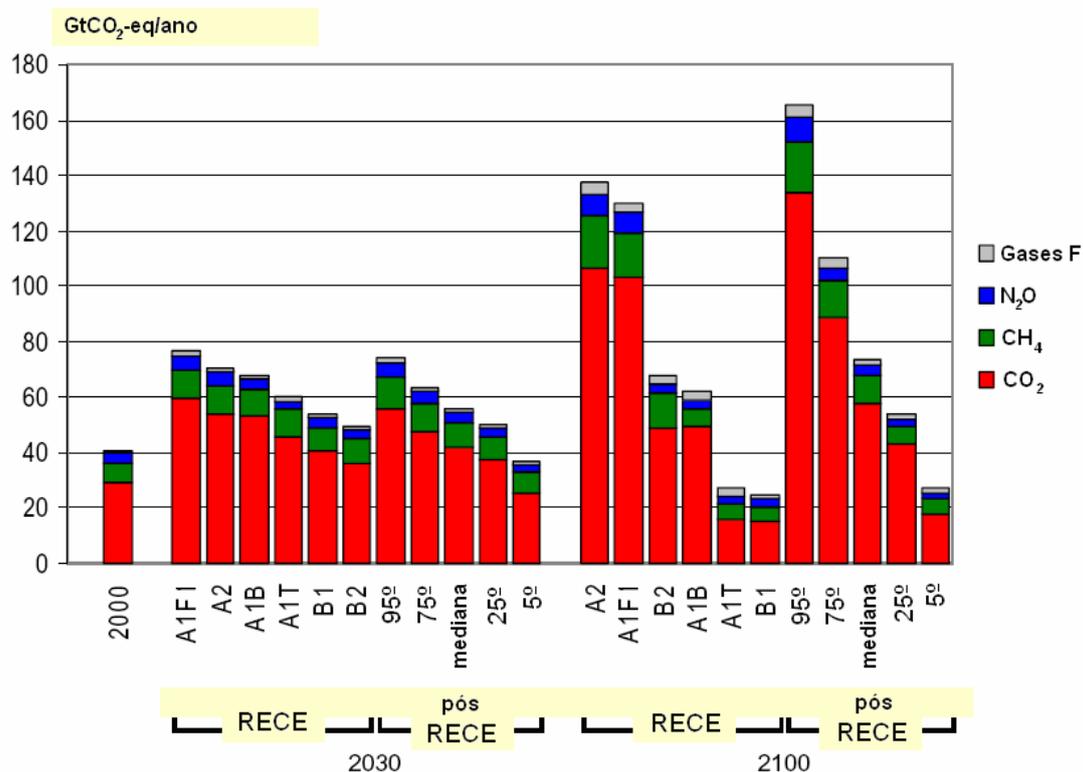


**Figura SFP.3a:** Distribuição no ano de 2004 das emissões regionais de gases de efeito estufa per capita (todos os gases de Quioto, inclusive os provenientes do uso da terra) da população de diferentes agrupamentos de países. As porcentagens nas barras indicam a participação das regiões nas emissões globais de gases de efeito estufa [Figura 1.4a].



**Figura SFP.3b:** Distribuição no ano de 2004 das emissões regionais de gases de efeito estufa (todos os gases de Quioto, inclusive os provenientes do uso da terra) por US\$ de PIB<sub>ppc</sub> do PIB<sub>ppc</sub> de diferentes agrupamentos de países. As porcentagens nas barras indicam a participação das regiões nas emissões globais de gases de efeito estufa [Figura 1.4b].

[Os autores prestarão maiores esclarecimentos sobre os agrupamentos de países no Sumário Técnico e nas figuras do capítulo 1. Também irão melhorar a representação editorial da figura, ampliando-a, inclusive de modo a possibilitar a impressão em preto e branco] [Inserir título acima das figuras]



**Figura SFP.4:** Emissões globais de gases de efeito estufa para o ano 2000 e emissões projetadas de linha de base para 2030 e 2100 do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (RECE) do IPCC e na literatura pós-RECE. A figura apresenta as emissões dos seis cenários ilustrativos do RECE. Também fornece a distribuição da frequência das emissões nos cenários pós-RECE (5<sup>o</sup>, 25<sup>o</sup>, médio, 75<sup>o</sup>, 95<sup>o</sup> percentis), como tratado no capítulo 3. Os gases F cobrem os HFCs, PFCs e SF<sub>6</sub> [1.3, 3.2, Figura 1.7].

**4. Os cenários de emissões na linha de base publicados desde o RECE<sup>10</sup> são comparáveis em amplitude aos apresentados no Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (RECE) do IPCC (25 a 135 GtCO<sub>2</sub>-eq/ano em 2100, ver a Figura SFP.4). (ampla concordância, muitas evidências)**

- Os estudos feitos desde o RECE usaram valores mais baixos para alguns fatores geradores de emissões, notadamente as projeções da população. Contudo, para os estudos que incorporam essas novas projeções da população, as mudanças em outros fatores geradores de emissões, como o crescimento econômico, acarretaram pouca alteração nos níveis gerais de emissões. As projeções de crescimento econômico para a África, América Latina e Oriente Médio até 2030 nos cenários de linha de base pós-RECE são mais baixas do que no RECE, mas isso afeta de forma muito pequena o crescimento econômico global e o total de emissões [3.2].
- Melhorou a representação das emissões dos aerossóis e precursores dos aerossóis, inclusive do dióxido de enxofre, negro de fumo e carbono orgânico, que tiveram um efeito<sup>11</sup> líquido de esfriamento. Em geral, projeta-se que elas sejam mais baixas do que as relatadas no RECE [3.2].
- Os estudos existentes indicam que a escolha da taxa de câmbio para o PIB (taxa de câmbio do mercado ou paridade do poder de compra) não afeta sensivelmente as emissões projetadas quando usada de forma coerente<sup>12</sup>. As diferenças, se houver, são pequenas se comparadas com as incertezas causadas pelas suposições de outros parâmetros nos cenários, como por exemplo, a mudança tecnológica [3.2].

---

<sup>10</sup> Os cenários de linha de base não abrangem políticas climáticas adicionais além das atuais; os estudos mais recentes diferem com relação à inclusão da CQNUMC e do Protocolo de Quioto.

<sup>11</sup> Ver o Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho I, capítulo 10.2.

<sup>12</sup> Desde o Terceiro Relatório de Avaliação, tem ocorrido um debate sobre o uso de diferentes taxas de câmbio nos cenários de emissões. Duas métricas são usadas para comparar o PIB entre os países. Prefere-se o uso da taxa de câmbio do mercado para análises que envolvam produtos comercializados internacionalmente. Já a paridade do poder de compra é preferível para análises que envolvam comparações da renda entre países em estágios muito diferentes de desenvolvimento. A maior parte das unidades monetárias neste relatório é expressa na taxa de câmbio do mercado, o que reflete a grande maioria das publicações sobre mitigação de emissões, calibradas na taxa de câmbio do mercado. Quando as unidades monetárias são expressas na paridade do poder de compra, isso é indicado da seguinte forma: PIB<sub>ppc</sub>.

**Quadro SFP.1:** *Os cenários de emissões do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (RECE) do IPCC*

A1. O contexto e a família de cenários A1 descrevem um mundo futuro de crescimento econômico muito rápido, com a população global atingindo um pico em meados do século e declinando em seguida e a rápida introdução de tecnologias novas e mais eficientes. As principais questões subjacentes são a convergência entre as regiões, a capacitação e o aumento das interações culturais e sociais, com uma redução substancial das diferenças regionais na renda *per capita*. A família de cenários A1 se desdobra em três grupos que descrevem direções alternativas da mudança tecnológica no sistema energético. Os três grupos A1 distinguem-se por sua ênfase tecnológica: intensiva no uso de combustíveis fósseis (A1FI), fontes energéticas não-fósseis (A1T) ou um equilíbrio entre todas as fontes (A1B) (em que o equilíbrio é definido como uma dependência não muito forte de uma determinada fonte de energia, supondo-se que taxas similares de aperfeiçoamento apliquem-se a todas as tecnologias de oferta de energia e uso final).

A2. O contexto e a família de cenários A2 descrevem um mundo muito heterogêneo. O tema subjacente é a auto-suficiência e a preservação das identidades locais. Os padrões de fertilidade entre as regiões convergem muito lentamente, o que acarreta um aumento crescente da população. O desenvolvimento econômico é orientado primeiramente para a região e o crescimento econômico *per capita* e a mudança tecnológica são mais fragmentados e mais lentos do que nos outros contextos.

B1. O contexto e a família de cenários B1 descrevem um mundo convergente com a mesma população global, que atinge o pico em meados do século e declina em seguida, como no contexto A1, mas com uma mudança rápida nas estruturas econômicas em direção a uma economia de serviços e informações, com reduções da intensidade material e a introdução de tecnologias limpas e eficientes em relação ao uso dos recursos. A ênfase está nas soluções globais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, inclusive a melhoria da equidade, mas sem iniciativas adicionais relacionadas com o clima.

B2. O contexto e família de cenários B2 descrevem um mundo em que a ênfase está nas soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo em que a população global aumenta continuamente, a uma taxa inferior à do A2, com níveis intermediários de desenvolvimento econômico e mudança tecnológica menos rápida e mais diversa do que nos contextos B1 e A1. O cenário também está orientado para a proteção ambiental e a equidade social, mas seu foco são os níveis local e regional.

Um cenário ilustrativo foi escolhido para cada um dos seis grupos de cenários A1B, A1FI, A1T, A2, B1 e B2. Todos devem ser considerados igualmente consistentes.

Os cenários do RECE não envolvem iniciativas adicionais em relação ao clima, o que significa que nenhum cenário adota explicitamente a implementação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima ou as metas de redução de emissões do Protocolo de Quioto.

*Este quadro com uma síntese dos cenários do RECE consta do Terceiro Relatório de Avaliação e foi submetido à aprovação prévia, linha por linha, do Painel.*

## C. Mitigação em curto e médio prazos (até 2030)

### *Quadro SFP.2: Potencial de mitigação e abordagens analíticas*

O conceito de “potencial de mitigação” foi desenvolvido para avaliar a escala das reduções de gases de efeito estufa que poderiam ser feitas, em relação às linhas de base das emissões, para um determinado nível de preço do carbono (expresso em custo por unidade de emissões de equivalente de dióxido de carbono evitadas ou reduzidas). O potencial de mitigação ainda é diferenciado em termos do “potencial de mercado” e do “potencial econômico”.

O **potencial de mercado** é o potencial de mitigação com base nos custos privados e nas taxas de desconto privadas<sup>13</sup>, que pode ser que ocorram no âmbito de condições de mercado previstas, inclusive políticas e medidas atualmente em vigor, observando-se que as barreiras limitam a absorção de fato [2.4].

O **potencial econômico** é o potencial de mitigação que leva em conta os custos e benefícios sociais e as taxas de desconto sociais<sup>14</sup>, supondo-se que a eficiência do mercado melhore por meio de políticas e medidas e que as barreiras sejam removidas [2.4].

Estudos do potencial de mercado podem ser usados para informar os formuladores de políticas sobre o potencial de mitigação com as políticas e barreiras existentes, enquanto os estudos dos potenciais econômicos mostram o que se pode alcançar se políticas novas e adicionais adequadas forem estabelecidas para remover barreiras e inserir os custos e benefícios sociais. O potencial econômico, portanto, geralmente é maior do que o potencial de mercado.

O potencial de mitigação é estimado com o uso de diferentes tipos de abordagens. Há duas grandes classes – abordagens *bottom-up* e *top-down*, que foram usadas primeiramente para avaliar o potencial econômico.

Os **estudos bottom-up** baseiam-se na avaliação das opções de mitigação, ressaltando as tecnologias e regulamentações específicas. São estudos tipicamente setoriais, sem mudanças macroeconômicas. As estimativas setoriais foram agregadas, como no Terceiro Relatório de Avaliação, para fornecer uma estimativa do potencial global de mitigação para esta avaliação.

Os **estudos top-down** avaliam o potencial econômico das opções de mitigação. Usam quadros coerentes do ponto de vista global e informações agregadas sobre as opções de mitigação, captando as respostas macroeconômicas e do mercado.

Os modelos *bottom-up* e *top-down* ficaram mais parecidos desde o Terceiro Relatório de Avaliação com a incorporação, pelos modelos *top-down*, de mais opções tecnológicas de mitigação e, pelos modelos *bottom-up*, de mais respostas macroeconômicas e do mercado, além da adoção da análise de barreiras em suas estruturas de modelo.

<sup>13</sup> Os custos privados e as taxas de desconto refletem a perspectiva dos consumidores e empresas privados; ver uma descrição mais completa no Glossário.

<sup>14</sup> Os custos sociais e as taxas de desconto refletem a perspectiva da sociedade. As taxas de desconto sociais são mais baixas do que as usadas pelos investidores privados; ver uma descrição mais completa no Glossário.

Os estudos *bottom-up*, em especial, são úteis na avaliação de opções específicas de políticas em nível setorial, como por exemplo, opções de melhoria da eficiência energética, e os estudos *top-down* são úteis para avaliar políticas setoriais transversais e econômicas para a mudança do clima, como impostos do carbono e políticas de estabilização.

Contudo, os estudos *bottom-up* e *top-down* atuais do potencial econômico têm limitações na consideração das escolhas de estilo de vida e na inclusão de todas as externalidades, como a poluição local do ar. Têm uma representação limitada de algumas regiões, países, setores, gases e barreiras. Os custos projetados da mitigação não levam em conta os benefícios potenciais da mudança do clima evitada.

**Quadro SFP.3:** *Suposições nos estudos sobre portfólios de mitigação e custos macroeconômicos*

Os estudos sobre portfólios de mitigação e custos macroeconômicos avaliados neste relatório baseiam-se na modelagem *top-down*. A maioria dos modelos usa uma abordagem global de baixo custo para os portfólios de mitigação, com comércio universal de emissões, supondo mercados transparentes, nenhum custo de transação e, portanto, a implementação perfeita das medidas de mitigação ao longo do século XXI. Os custos são dados para um ponto específico no tempo.

Os custos globais modelados aumentarão se algumas regiões, setores (por exemplo, uso da terra), opções ou gases forem excluídos e diminuirão com linhas de base mais baixas, uso de receitas provenientes de impostos de carbono e licenças leiloadas, e se for incluído o aprendizado tecnológico induzido. Esses modelos não consideram os benefícios climáticos nem, em geral, os co-benefícios das medidas de mitigação ou as questões de equidade.

- 5. Tanto os estudos *bottom-up* quanto os estudos *top-down* indicam que há um potencial econômico substancial para a mitigação das emissões globais de gases de efeito estufa ao longo das próximas décadas, o qual poderia compensar o crescimento projetado das emissões globais ou reduzir as emissões para níveis inferiores aos atuais (*ampla concordância, muitas evidências*).**

As incertezas nas estimativas são mostradas como faixas nas tabelas abaixo, de modo a refletir as faixas das linhas de base, taxas de mudança tecnológica e outros fatores específicos das diferentes abordagens. As incertezas também decorrem de informações limitadas para a cobertura global dos países, setores e gases.

**Estudos *bottom-up*:**

- Em 2030, o potencial econômico estimado para esta avaliação, a partir das abordagens *bottom-up* (ver o Quadro SFP.2), é apresentado na Tabela SFP.1 abaixo e na Figura SFP.5a. Para fins de informação, as emissões em 2000 foram iguais a 43 GtCO<sub>2</sub>-eq [11.3]:

**Tabela SFP.1:** Potencial econômico global de mitigação em 2030, estimado com base em estudos bottom-up.

Preço do carbono (US\$/tCO <sub>2</sub> -eq)	Potencial econômico (GtCO <sub>2</sub> -eq/ano)	Redução relativa ao A1 B do RECE (68 GtCO <sub>2</sub> -eq/ano) (%)	Redução relativa ao B2 do RECE (49 GtCO <sub>2</sub> -eq/ano) (%)
0	5-7	7-10	10-14
20	9-17	14-25	19-35
50	13-26	20-38	27-52
100	16-31	23-46	32-63

- Os estudos sugerem que as oportunidades de mitigação com custos líquidos negativos<sup>15</sup> têm o potencial de reduzir as emissões em cerca de 6 GtCO<sub>2</sub>-eq/ano em 2030, mas para isso, é preciso tratar das barreiras à implementação [11.3].
- Nenhum setor ou tecnologia pode enfrentar sozinho o desafio da mitigação. Todos os setores avaliados contribuem para o total (ver a Figura SFP.6). As tecnologias com o maior potencial econômico para os respectivos setores são mostradas na Tabela SFP.3 [4.3, 4.4, 5.4, 6.5, 7.5, 8.4, 9.4, 10.4].

**Estudos top-down:**

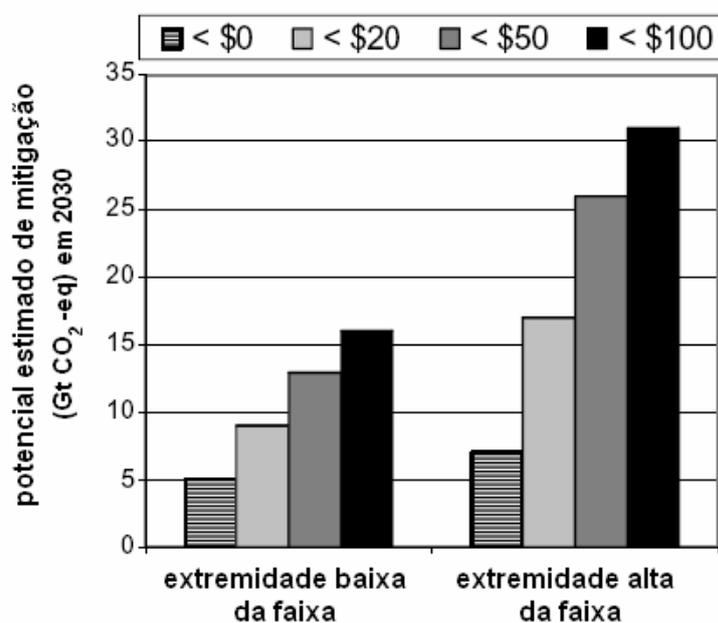
- Os estudos *top-down* calculam uma redução de emissões para 2030, como apresentado na Tabela SFP.2 abaixo e na Figura SFP.5b. Os potenciais econômicos globais encontrados nos estudos *top-down* estão de acordo com os estudos *bottom-up* (ver o Quadro SFP.2), embora haja diferenças consideráveis em nível setorial [3.6].

**Tabela SFP.2:** Potencial econômico global de mitigação em 2030, estimado com base em estudos top-down.

Preço do carbono (US\$/tCO <sub>2</sub> -eq)	Potencial econômico (GtCO <sub>2</sub> -eq/ano)	Redução relativa ao A1 B do RECE (68 GtCO <sub>2</sub> -eq/ano) (%)	Redução relativa ao B2 do RECE (49 GtCO <sub>2</sub> -eq/ano) (%)
20	9-18	13-27	18-37
50	14-23	21-34	29-47
100	17-26	25-38	35-53

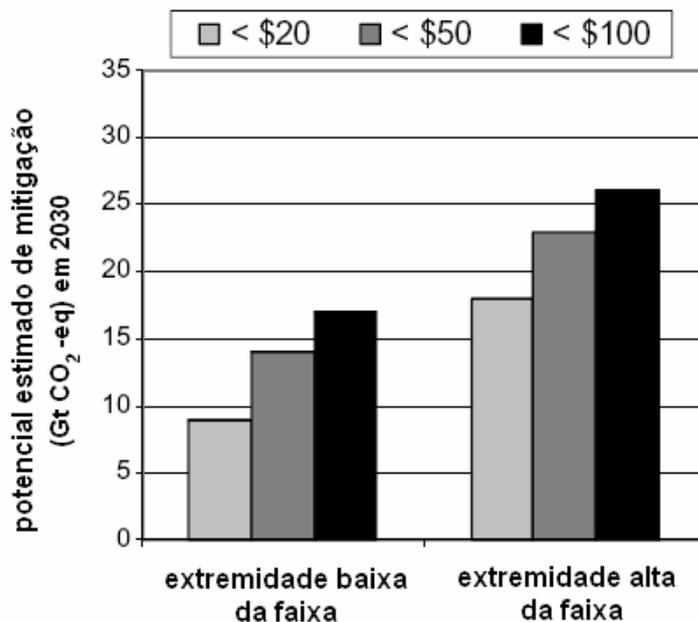
- As estimativas da Tabela SFP.2 foram derivadas de cenários de estabilização, ou seja, de cenários rodados visando a estabilização a longo prazo da concentração atmosférica de gases de efeito estufa [3.6].

<sup>15</sup> Neste relatório, como no segundo e no terceiro relatórios de avaliação, as opções com custos líquidos negativos – oportunidades sem pesares (*no regrets*) – são definidas como as opções cujos benefícios, como a redução dos custos de energia e a redução das emissões dos poluentes locais/regionais, equivalem ou excedem seus custos para a sociedade, desconsiderando-se os benefícios de se evitar a mudança do clima (ver o Quadro SFP.1).



**Figura SFP.5a:**

Potencial econômico global em 2030, estimado com base em estudos bottom-up (dados da Tabela SFP 1)



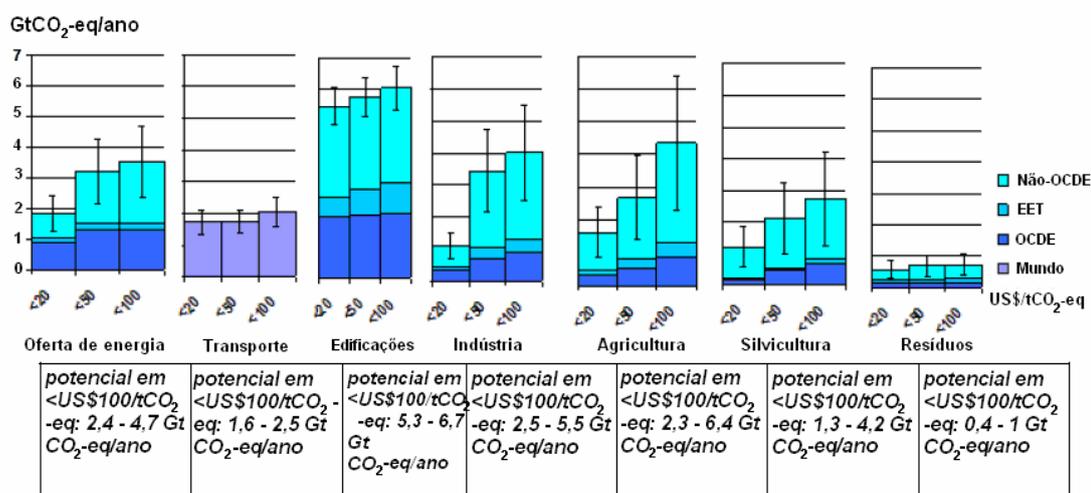
**Figura SFP.5b:**

Potencial econômico global em 2030, estimado com base em estudos top-down (dados da Tabela SFP 2)

**Tabela SFP.3:** Principais tecnologias e práticas de mitigação por setor. Os setores e tecnologias são listados sem nenhuma ordem específica. As práticas não-tecnológicas, como mudanças de estilo de vida, que são transversais, não constam desta tabela (mas são tratadas no parágrafo 7º deste SFP).

<b>Setor</b>	<b>Principais tecnologias e práticas de mitigação disponíveis comercialmente na atualidade.</b>	<b>Principais tecnologias e práticas de mitigação projetadas para serem comercializadas antes de 2030.</b>
Oferta de energia [4.3, 4.4]	Melhoria da eficiência da oferta e da distribuição; troca de combustível: carvão mineral por gás; energia nuclear; calor e energia renováveis (hidrelétrica, energia solar, eólica, geotérmica e bioenergia); calor e energia combinados; aplicações antecipadas de captação e armazenamento de carbono (por exemplo, armazenamento do CO <sub>2</sub> removido do gás natural)	Captação e armazenamento de carbono para usinas geradoras de eletricidade a base de gás, biomassa e carvão mineral; energia nuclear avançada; energia renovável avançada, inclusive energia de ondas e marés, solar concentrada e solar fotovoltaica
Transporte [5.4]	Veículos com combustíveis mais eficientes; veículos híbridos; veículos a diesel mais limpos; biocombustíveis; mudança do transporte rodoviário para o ferroviário e sistemas de transporte público; transporte não-motorizado (andar de bicicleta, caminhar); planejamento do uso da terra e do transporte	Biocombustíveis de segunda geração; aeronaves mais eficientes; veículos elétricos e híbridos avançados com baterias mais potentes e confiáveis
Edificações [6.5]	Iluminação mais eficiente, inclusive durante o dia; aparelhos elétricos e de aquecimento e refrigeração mais eficientes; melhoria de fogões e da insulação; energia solar passiva e ativa para aquecimento e refrigeração; fluidos alternativos de refrigeração, recuperação e reciclagem de gases fluorados	Planejamento integrado de edificações comerciais, inclusive com tecnologias, como medidores inteligentes que forneçam informações e controle; energia solar fotovoltaica integrada nas edificações
Indústria [7.5]	Equipamento elétrico mais eficiente de uso final; recuperação de calor e energia; reciclagem e substituição de material; controle das emissões de gases não-CO <sub>2</sub> ; e uma ampla faixa de tecnologias específicas de processos	Eficiência energética avançada; captação e armazenamento de carbono na fabricação de cimento, amônia e ferro; eletrodos inertes na fabricação de alumínio

<b>Setor</b>	<b>Principais tecnologias e práticas de mitigação disponíveis comercialmente na atualidade.</b>	<b>Principais tecnologias e práticas de mitigação projetadas para serem comercializadas antes de 2030.</b>
Agricultura [8.4]	Melhoria do manejo do solo na agropecuária de modo a aumentar o armazenamento de carbono no solo; recuperação de solos turfosos cultivados e terras degradadas; melhoria das técnicas de cultivo de arroz e manejo da pecuária e do esterco para reduzir as emissões de CH <sub>4</sub> ; melhoria das técnicas de aplicação de fertilizante nitrogenado para reduzir as emissões de N <sub>2</sub> O; culturas com fins exclusivamente energéticos para substituir o uso de combustíveis fósseis; melhoria da eficiência energética	Melhorias das safras
Florestamento/ florestas [9.4]	Florestamento; reflorestamento; manejo florestal; redução do desflorestamento; manejo da exploração de produtos madeireiros; uso de produtos florestais para a geração de bioenergia em substituição ao uso de combustíveis fósseis	Melhoria das espécies de árvore para aumentar a produtividade da biomassa e o sequestro de carbono. Melhoria das tecnologias de sensoriamento remoto para análise do potencial de sequestro de carbono da vegetação/solo e mapeamento da mudança no uso da terra
Resíduos [10.4]	Recuperação de metano dos aterros sanitários; incineração de resíduos com recuperação energética; compostagem dos resíduos orgânicos; tratamento controlado das águas residuárias; reciclagem e minimização dos resíduos	Biocoberturas e biofiltros para otimizar a oxidação do CH <sub>4</sub>



**Figura SFP.6:** Estimativa do potencial econômico setorial de mitigação global para diferentes regiões, como função do preço do carbono em 2030 com base em estudos bottom-up, em relação às respectivas linhas de base adotadas nas avaliações do setor. Uma explicação completa da derivação dessa figura pode ser obtida na seção 11.3.

#### Observações:

1. As faixas dos potenciais econômicos globais avaliadas em cada setor são indicadas por linhas verticais. As faixas baseiam-se em alocações de uso final das emissões, o que significa que as emissões do uso de eletricidade são contadas nos setores de uso final e não no setor de oferta de energia.
2. Os potenciais estimados foram limitados pela disponibilidade de estudos, especialmente nos níveis altos do preço do carbono.
3. Os setores usaram diferentes linhas de base. Para a indústria, foi adotada a linha de base do cenário B2 do RECE, para a oferta de energia e o transporte, foi usada a linha de base do WEO de 2004; o setor de edificações usa uma linha de base entre o B2 e o A1B do RECE; para os resíduos, as forças geradoras de emissões do A1B do RECE foram usadas para construir uma linha de base específica para os resíduos; para a agricultura e a silvicultura, foram adotadas linhas de base que usaram principalmente as forças geradoras de emissões do B2.
4. São mostrados apenas os totais globais para o transporte porque está incluída a aviação internacional [5.4].
5. As categorias desconsideradas são: emissões não-CO<sub>2</sub> de edificações e do transporte, parte das opções de eficiência material, produção e co-geração de calor na oferta de energia, veículos pesados, transporte de cargas e transporte de passageiros com grande capacidade, a maioria das opções de custo alto para as edificações, tratamento de águas residuárias, redução de emissões das minas de carvão mineral e tubulações de gás, gases fluorados da oferta de energia e do transporte. A subestimativa do potencial econômico total dessas emissões é da ordem de 10-15%.

**6. Em 2030, os custos macroeconômicos da mitigação de múltiplos gases, de forma condizente com as trajetórias das emissões visando a estabilização entre 445 e 710 ppm CO<sub>2</sub>-eq, são estimados como estando entre uma redução de 3% do PIB global e um aumento pequeno, em comparação com a linha de base (ver a Tabela SFP.4). Contudo, os custos regionais podem diferir de forma significativa das médias globais (*ampla concordância, evidências médias*) (ver no Quadro SFP.3 as metodologias e suposições desses resultados).**

- A maioria dos estudos conclui que a redução do PIB relativa à linha de base do PIB aumenta de acordo com a severidade da meta de estabilização.

**Tabela SFP.4:** Custos macroeconômicos globais estimados em 2030<sup>16</sup> para trajetórias de menor custo visando diferentes níveis de estabilização em longo prazo.<sup>17,18</sup>

Níveis de estabilização (ppm CO <sub>2</sub> -eq)	Redução média do PIB <sup>19</sup> (%)	Faixa de redução do PIB <sup>19,20</sup> (%)	Redução das taxas anuais médias de crescimento do PIB <sup>19,21</sup> (pontos percentuais)
590-710	0,2	-0,6 – 1,2	< 0,06
535-590	0,6	0,2 – 2,5	< 0,1
445-535 <sup>22</sup>	Não disponível	< 3	< 0,12

- Dependendo do sistema fiscal existente e dos gastos das receitas, os estudos de modelagem indicam que os custos podem ser substantivamente mais baixos caso se suponha que as receitas provenientes dos impostos do carbono ou licenças leiloadas no âmbito de um sistema de comércio de emissões sejam usadas para promover tecnologias com baixo uso de carbono ou reformar os impostos existentes [11.4].
- Os estudos que adotam a possibilidade de as políticas de mudança do clima induzirem uma maior mudança tecnológica também produzem custos mais baixos. Contudo, isso pode exigir um investimento maior de início para que se obtenham reduções de custos mais adiante [3.3, 3.4, 11.4, 11.5, 11.6].
- Embora a maioria dos modelos indique quedas do PIB, alguns mostram aumentos do PIB, porque supõem que as linhas de base não são ótimas e

<sup>16</sup> Para um determinado nível de estabilização, a redução do PIB aumentaria ao longo do tempo na maior parte dos modelos após 2030. Os custos de longo prazo também se tornam mais incertos. [Figura 3.25]

<sup>17</sup> Resultados com base em estudos que fazem uso de várias linhas de base.

<sup>18</sup> Os estudos variam em relação ao momento no tempo em que a estabilização é atingida; geralmente, isso ocorre em 2100 ou depois.

<sup>19</sup> São taxas de câmbio do mercado com base no PIB global.

<sup>20</sup> São apresentadas as faixas média e do 10<sup>o</sup> e 90<sup>o</sup> percentis dos dados analisados.

<sup>21</sup> O cálculo da redução da taxa de crescimento anual baseia-se na redução média durante o período até 2030 que provocaria a redução indicada do PIB em 2030.

<sup>22</sup> É relativamente pequeno o número de estudos que relatam resultados do PIB, os quais geralmente usam linhas de base baixas.

que as políticas de mitigação melhoram as eficiências do mercado, ou supõem que mais mudança tecnológica pode ser induzida pelas políticas de mitigação. Exemplos de ineficiências do mercado são recursos não empregados, impostos distorcivos e/ou subsídios [3.3, 11.4].

- Uma abordagem com múltiplos gases e a inclusão dos sumidouros de carbono geralmente reduzem os custos de forma substancial em relação à redução das emissões de CO<sub>2</sub> apenas.
- Os custos regionais dependem em grande medida do nível de estabilização adotado e do cenário da linha de base. O regime de alocação também é importante, mas, para a maior parte dos países, em menor grau do que o nível de estabilização [11.4, 13.3].

**7. Mudanças no estilo de vida e nos padrões de comportamento podem contribuir para a mitigação da mudança do clima em todos os setores. As práticas de manejo também podem desempenhar um papel positivo.**  
*(ampla concordância, evidências médias)*

- As mudanças de estilo de vida podem reduzir as emissões de gases de efeito estufa. As mudanças nos estilos de vida e padrões de consumo que ressaltem a conservação dos recursos podem contribuir para o desenvolvimento de uma economia com baixo uso de carbono, que seja equitativa e sustentável [4.1, 6.7].
- Programas educativos e de treinamento podem ajudar a superar as barreiras à aceitação pelo mercado da eficiência energética, especialmente quando combinada com outras medidas [Tabela 6.6].
- Mudanças no comportamento dos moradores, nos padrões culturais, escolhas dos consumidores e no uso de tecnologias podem promover uma redução considerável das emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas com o uso de energia nas edificações [6.7].
- A gestão da demanda de transporte, que envolve o planejamento urbano (que pode reduzir a demanda de deslocamento) e o fornecimento de informações e técnicas educacionais (que podem reduzir o uso de carros e promover um estilo eficiente de direção), pode auxiliar na mitigação dos gases de efeito estufa [5.1].
- Na indústria, as ferramentas de gestão que envolvem o treinamento de pessoal, sistemas de recompensa, avaliações periódicas e documentação das práticas existentes podem ajudar a superar barreiras de organização industrial, reduzir o uso de energia e as emissões de gases de efeito estufa [7.3].

**8. Embora os estudos usem diferentes metodologias, em todas as regiões do mundo que foram analisadas, os co-benefícios para a saúde, em curto prazo, resultantes da redução da poluição do ar como consequência das medidas de redução das emissões de gases de efeito estufa, podem ser substanciais e compensar um fração significativa dos custos de mitigação**  
*(ampla concordância, muitas evidências).*

- A consideração de outros co-benefícios além da saúde, como o aumento da segurança energética e da produção agrícola e a redução da pressão nos ecossistemas naturais, em razão da redução das concentrações de ozônio troposférico, reduziria ainda mais os custos [11.8].
- A integração das políticas de redução da poluição do ar e de mitigação da mudança do clima oferece reduções de custo potencialmente grandes em relação à implementação dessas políticas isoladamente [11.8].

**9. As publicações desde o Terceiro Relatório de Avaliação confirmam que as ações dos países do Anexo I podem afetar a economia global e as emissões globais, embora a escala das fugas de carbono ainda seja incerta (*ampla concordância, muitas evidências*).**

- As nações exportadoras de combustíveis fósseis (tanto nos países do Anexo I quanto nos países não-Anexo I) podem esperar, como indicado no Terceiro Relatório de Avaliação<sup>23</sup>, demanda e preços mais baixos e um crescimento menor do PIB em razão das políticas de mitigação. A extensão desse transbordamento (*spill over*<sup>24</sup>) depende fortemente das suposições relativas às decisões políticas e condições do mercado do petróleo [11.7].
- Ainda há incertezas cruciais na avaliação das fugas de carbono<sup>25</sup>. A maior parte da modelagem de equilíbrio corrobora a conclusão contida no Terceiro Relatório de Avaliação de que as fugas em nível econômico decorrentes de medidas tomadas no âmbito do Protocolo de Quioto seriam da ordem de 5 a 20%, as quais seriam menores se tecnologias competitivas com baixas emissões fossem difundidas de forma eficaz [11.7].

**10. Novos investimentos em infra-estrutura na área de energia nos países em desenvolvimento, modernização da infra-estrutura de energia nos países industrializados e políticas que promovam a segurança energética podem, em muitos casos, criar oportunidades para que se alcancem reduções de emissões de gases de efeito estufa em relação aos cenários da linha de base. Os co-benefícios adicionais são específicos de cada país, mas envolvem, com frequência, a redução da poluição do ar, melhoria da balança comercial, fornecimento de serviços modernos de energia nas áreas rurais e geração de empregos (*ampla concordância, muitas evidências*).**

---

<sup>23</sup> Ver o Sumário para os Formuladores de Políticas do Terceiro Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho III (2001), parágrafo 16.

<sup>24</sup> Os efeitos de transbordamento (*spill over*) resultantes da mitigação, de um ponto de vista setorial transversal, são os efeitos das políticas e medidas de mitigação adotadas em um país ou grupo de países nos setores de outros países.

<sup>25</sup> As fugas de carbono são definidas como o aumento das emissões de CO<sub>2</sub> fora dos países que estejam adotando medidas domésticas de mitigação, divididas pela redução das emissões desses países.

- Futuras decisões de investimento em infra-estrutura energética, que devem ultrapassar 20 trilhões de dólares norte-americanos<sup>26</sup> do presente até 2030, terão impactos de longo prazo nas emissões de gases de efeito estufa, por causa da vida útil longa das usinas elétricas e o investimento em capital social (infra-estrutura). A difusão generalizada de tecnologias com baixo uso de carbono pode levar décadas para acontecer, mesmo que o investimento antecipado nessas tecnologias ficasse atrativo. As estimativas iniciais mostram que para reverter as emissões globais de CO<sub>2</sub> relacionadas com a energia para os níveis de 2005 até 2030, seria necessária uma grande mudança no padrão de investimento, embora os investimentos líquidos adicionais necessários estejam na faixa de desprezíveis a 5-10% [4.1, 4.4, 11.6].
- Geralmente é mais barato investir na melhoria da eficiência energética no uso final do que em aumentar a oferta de energia para atender a demanda dos serviços de energia. A melhoria da eficiência tem um efeito positivo na segurança energética, na redução da poluição local e regional do ar e na geração de empregos [4.2, 4.3, 6.5, 7.7, 11.3, 11.8].
- A energia renovável comumente tem um efeito positivo na segurança energética, na geração de empregos e na qualidade do ar. Tendo em vista os custos relativos a outras opções de oferta, a eletricidade renovável, que respondeu por 18% da oferta de energia em 2005, pode ter uma participação de 30 a 35% na oferta total de eletricidade em 2030 com preços do carbono de até 50 US\$/tCO<sub>2</sub>-eq [4.3, 4.4, 11.3, 11.6, 11.8].
- Quanto mais altos forem os preços de mercado dos combustíveis fósseis, mais competitivas serão as alternativas com baixo uso de carbono, embora a volatilidade dos preços seja um desincentivo para os investidores. Contudo, os recursos convencionais do petróleo, de preços mais elevados, podem ser substituídos por alternativas com alto uso de carbono, como as oriundas de areias betuminosas, xisto, óleos pesados e combustíveis sintéticos a base de carvão mineral e gás, acarretando um aumento das emissões de gases de efeito estufa, a menos que as usinas sejam equipadas com captação e armazenamento de carbono [4.2, 4.3, 4.4, 4.5].
- Dados os custos relativos a outras opções de oferta, a energia nuclear, que respondeu por 16% da oferta de eletricidade em 2005, pode ter uma participação de 18% da oferta total de eletricidade em 2030, com preços do carbono de até 50 US\$/tCO<sub>2</sub>-eq, mas as questões de segurança, proliferação de armas e resíduos continuam impondo restrições [4.2, 4.3, 4.4]<sup>27</sup>.
- A captação e o armazenamento de carbono em formações geológicas subterrâneas constituem uma nova tecnologia com o potencial de dar uma importante contribuição para a mitigação da mudança do clima até 2030. Avanços técnicos, econômicos e de regulamentação afetarão a contribuição real [4.3, 4.4, 7.3].

---

<sup>26</sup> 20 trilhões = 20000 bilhões =  $20 \times 10^{12}$ .

<sup>27</sup> A Áustria não concordou com essa afirmação.

**11. Há múltiplas opções de mitigação no setor de transporte<sup>28</sup>, mas o efeito delas pode ser anulado pelo crescimento do setor. As opções de mitigação enfrentam muitas barreiras, como as preferências do consumidor e a falta de quadros políticos (concordância média, evidências médias).**

- As medidas de melhoria da eficiência dos veículos, que geram economia de combustível, podem, em muitos casos, trazer benefícios líquidos (pelo menos para os veículos leves), mas o potencial de mercado é muito mais baixo do que o potencial econômico em razão da influência de outras considerações dos consumidores, como o desempenho e o modelo. Não há informações suficientes para avaliar o potencial de mitigação dos veículos leves. Não se espera, portanto, que as forças de mercado sozinhas, entre elas o aumento dos custos dos combustíveis, promovam reduções significativas de emissões [5.3, 5.4].
- Os biocombustíveis podem desempenhar um papel importante no tratamento das emissões de gases de efeito estufa no setor de transporte, dependendo da sua via de produção. Projeta-se que os biocombustíveis usados como aditivos/substitutos à gasolina e ao diesel aumentem para 3% sua participação na demanda total de energia para o transporte na linha de base em 2030. Isso poderia aumentar para cerca de 5 a 10%, dependendo dos futuros preços do petróleo e do carbono, das melhorias na eficiência dos veículos e do êxito das tecnologias no uso de biomassa da celulose [5.3, 5.4].
- Mudanças do transporte rodoviário para o ferroviário e fluvial e do transporte<sup>29</sup> de passageiros de baixa capacidade para alta capacidade, bem como o uso da terra, planejamento urbano e transporte não-motorizado, oferecem oportunidades de mitigação dos gases de efeito estufa, dependendo das condições e políticas locais [5.3, 5.5].
- O potencial de mitigação em médio prazo das emissões de CO<sub>2</sub> do setor de aviação pode advir da melhoria da eficiência dos combustíveis, o que pode ser obtido de várias formas, entre elas, tecnologia, operações e gestão do tráfego aéreo. Contudo, essas melhorias devem compensar apenas parcialmente o aumento das emissões da aviação. O potencial total de mitigação no setor também precisaria contabilizar os impactos no clima das emissões não-CO<sub>2</sub> decorrentes da aviação [5.3, 5.4].
- As reduções de emissões no setor de transporte são, com frequência, um co-benefício de se tratar o congestionamento do tráfego, a qualidade do ar e a segurança energética [5.5].

**12. As opções de eficiência energética para as edificações novas e as já existentes poderiam reduzir de forma considerável as emissões de CO<sub>2</sub>, com benefícios econômicos líquidos. Existem muitas barreiras ao uso desse potencial, mas também há grandes co-benefícios (ampla concordância, muitas evidências).**

<sup>28</sup> Ver a Tabela SFP.1 e a Figura SFP.6.

<sup>29</sup> Inclusive o transporte de massa (ferroviário, rodoviário e marítimo) e o transporte solidário (*carpooling*).

- Até 2030, cerca de 30% das emissões projetadas de gases de efeito estufa no setor de edificações podem ser evitadas com benefícios econômicos líquidos [6.4, 6.5].
- As edificações eficientes do ponto de vista energético, ao mesmo tempo em que limitam o aumento das emissões de CO<sub>2</sub> também podem melhorar a qualidade do ar dentro dos ambientes e ao ar livre, melhorar o bem-estar social e aumentar a segurança energética [6.6, 6.7].
- Há oportunidades para realizar reduções de gases de efeito estufa no setor de edificações no mundo inteiro. Contudo, várias barreiras dificultam o uso desse potencial. Entre elas estão a disponibilidade de tecnologias, financiamento, a pobreza, custos mais elevados das informações confiáveis, limitações inerentes aos projetos das edificações e um portfólio adequado de políticas e programas [6.7, 6.8].
- A magnitude das barreiras acima é maior nos países em desenvolvimento, o que torna mais difícil para eles alcançar o potencial de redução de gases de efeito estufa do setor de edificações [6.7].

**13. O potencial econômico do setor industrial está localizado predominantemente nas indústrias que fazem uso intensivo de energia. O uso pleno das opções de mitigação disponíveis não está sendo feito nas nações industrializadas nem nas em desenvolvimento (ampla concordância, muitas evidências).**

- Muitas indústrias nos países em desenvolvimento são novas e fazem uso da tecnologia mais recente, com emissões específicas mais baixas. Entretanto, muitas indústrias mais velhas e ineficientes ainda existem tanto nos países industrializados quanto nos países em desenvolvimento. A modernização dessas indústrias pode promover reduções significativas de emissões [7.1, 7.3, 7.4].
- A taxa de giro baixa do capital social, a falta de recursos financeiros e técnicos e limitações na capacidade das firmas, especialmente as de pequeno e médio porte, de ter acesso e absorver informações tecnológicas são barreiras importantes ao uso pleno das opções de mitigação disponíveis [7.6].

**14. Em conjunto, as práticas agrícolas podem dar uma contribuição significativa de baixo custo ao aumento dos sumidouros de carbono no solo, às reduções das emissões de gases de efeito estufa, além de contribuir com matérias-primas de biomassa para uso energético (concordância média, evidências médias).**

- Uma grande parcela do potencial de mitigação da agricultura (excetuando-se a bioenergia) decorre do seqüestro de carbono do solo, o qual tem muitas sinergias com a agricultura sustentável e geralmente reduz a vulnerabilidade à mudança do clima [8.4, 8.5, 8.8].
- O carbono armazenado no solo pode ser vulnerável à perda por meio tanto da mudança no manejo da terra quanto da mudança do clima [8.10].

- Um potencial de mitigação considerável também existe nas reduções das emissões de metano e óxido nitroso em alguns sistemas agrícolas [8.4, 8.5].
- Não há uma lista de práticas de mitigação que possa ser aplicada universalmente; as práticas precisam ser avaliadas para cada sistema agrícola e suas características [8.4].
- A biomassa dos resíduos agrícolas e culturas exclusivas para fins energéticos podem ser uma matéria-prima bioenergética importante, mas sua contribuição à mitigação depende da demanda de bioenergia por parte do transporte e da oferta de energia, da disponibilidade de água e das necessidades de terra para a produção de alimentos e fibras. O uso generalizado de terras agrícolas para a produção de biomassa com fins energéticos pode competir com outros usos da terra e pode ter impactos ambientais positivos e negativos e implicações para a segurança alimentar [8.4, 8.8].

**15. As atividades de mitigação relacionadas com as florestas podem reduzir de forma considerável as emissões por fontes e aumentar as remoções de CO<sub>2</sub> por sumidouros com custos baixos e podem ser planejadas para criar sinergias com a adaptação e o desenvolvimento sustentável (*ampla concordância, muitas evidências*)<sup>30</sup>.**

- Cerca de 65% do potencial total de mitigação (até 100 US\$/tCO<sub>2</sub>-eq) está localizado nos trópicos e cerca de 50% do total poderia ser alcançado reduzindo-se as emissões do desflorestamento [9.4].
- A mudança do clima pode afetar o potencial de mitigação do setor florestal (ou seja, nas florestas nativas e plantadas) e deve ser distinta entre as diferentes regiões e sub-regiões, tanto em magnitude quanto em direção [9.5].
- As opções de mitigação relacionadas com as florestas podem ser planejadas e implementadas de forma compatível com a adaptação e podem ter co-benefícios substanciais em termos de geração de empregos, geração de renda, biodiversidade e conservação das bacias hidrográficas, oferta de energia renovável e redução da pobreza [9.5, 9.6, 9.7].

**16. Os resíduos pós-consumo<sup>31</sup> dão uma pequena contribuição às emissões globais de gases de efeito estufa<sup>32</sup> (<5%), mas o setor de resíduos pode contribuir positivamente com a mitigação dos gases de efeito estufa com custos baixos, promovendo o desenvolvimento sustentável (*ampla concordância, muitas evidências*).**

- As práticas existentes de manejo de resíduos podem propiciar a mitigação eficaz das emissões de gases de efeito estufa desse setor: uma vasta gama

---

<sup>30</sup> Tuvalu manifestou dificuldades com a referência a “baixo custo”, quando se menciona, no Capítulo 9, página 15, do relatório do Grupo de Trabalho III, que: “o custo dos projetos florestais de mitigação aumenta significativamente quando são levados em conta os custos de oportunidade da terra”.

<sup>31</sup> Os resíduos industriais são tratados no setor industrial.

<sup>32</sup> Os gases de efeito estufa provenientes dos resíduos abrangem o metano de aterros sanitários e de águas residuárias, o N<sub>2</sub>O das águas residuárias e o CO<sub>2</sub> da incineração de carbono fóssil.

de tecnologias maduras e eficazes do ponto de vista ambiental está disponível comercialmente para mitigar as emissões e fornecer co-benefícios para a melhoria da segurança e saúde públicas, proteção do solo e prevenção da poluição, e oferta local de energia [10.3, 10.4, 10.5].

- A minimização dos resíduos e a reciclagem fornecem benefícios indiretos importantes da mitigação por meio da conservação de energia e materiais [10.4].
- A falta de capital local é uma limitação importante para o manejo de resíduos e águas residuárias nos países em desenvolvimento e nos países com economias em transição. A falta de especialistas em tecnologia sustentável também é uma barreira importante [10.6].

**17. As opções de geoengenharia, como a fertilização oceânica para remover CO<sub>2</sub> diretamente da atmosfera ou bloquear a luz do sol, trazendo material para a atmosfera superior, ainda são objeto de muita especulação e poucas provas, além de apresentarem risco de efeitos colaterais não conhecidos. Não há publicações de estimativas de custo confiáveis para essas opções (concordância média, evidências limitadas) [11.2].**

#### **D. Mitigação em longo prazo (após 2030)**

**18. A fim de estabilizar a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, as emissões precisariam atingir um pico e cair a partir de então. Quanto mais baixo o nível de estabilização, mais rápido esse pico e queda precisariam ocorrer. Os esforços de mitigação nas próximas duas a três décadas terão um grande impacto nas oportunidades de se atingirem níveis mais baixos de estabilização<sup>33</sup> (ver a Tabela SFP.5 e a Figura SFP.8) (ampla concordância, muitas evidências).**

- Estudos recentes com o uso da redução de vários gases exploraram níveis mais baixos de estabilização do que os relatados no Terceiro Relatório de Avaliação.
- Os estudos avaliados contêm uma faixa de perfis de emissões para se alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa<sup>34</sup>. A maior parte desses estudos usou uma abordagem de menor custo e contém reduções antecipadas e tardias de emissões (Figura SFP.7) [Quadro SFP.2]. A Tabela SFP.5 sintetiza os níveis de emissões necessários para diferentes grupos de concentrações de estabilização e o respectivo aumento<sup>35</sup> da temperatura global média de equilíbrio, usando-se a “melhor estimativa” da sensibilidade climática (ver também a Figura SFP.8 para a faixa provável de incerteza)<sup>36</sup>. A estabilização com

<sup>33</sup> O parágrafo 2A trata das emissões históricas de gases de efeito estufa desde a época pré-industrial.

<sup>34</sup> Os estudos variam em termos do momento no tempo em que a estabilização é alcançada; geralmente, isso ocorre em torno de 2100 ou depois.

<sup>35</sup> As informações sobre a temperatura global média constam do Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho I, capítulo 10.8. Essas temperaturas são atingidas bem depois da estabilização das concentrações.

<sup>36</sup> A sensibilidade climática de equilíbrio é uma medida da resposta do sistema climático ao forçamento radiativo sustentado. Não é uma projeção, mas é definida como o aquecimento global médio da

concentração e respectivos níveis da temperatura de equilíbrio mais baixos adianta a data em que as emissões precisam atingir um pico e requer maiores reduções de emissões até 2050.

---

superfície que se segue à duplicação das concentrações de dióxido de carbono [Sumário para os Formuladores de Políticas do Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho I].

---

**Tabela SFP.5: Características dos cenários de estabilização pós-Terceiro Relatório de Avaliação [Tabela ST 2, 3.10]<sup>37</sup>**

Categoria	Forçamento Radiativo (W/m <sup>2</sup> )	Concentração de CO <sub>2</sub> <sup>39</sup> (ppm)	Concentração de CO <sub>2</sub> -eq (ppm)	Aumento da temperatura global média acima dos níveis pré-industriais em equilíbrio, com o uso da “melhor estimativa” da sensibilidade climática <sup>38,39</sup> (°C)	Ano de pico das emissões de CO <sub>2</sub> <sup>40</sup> (ano)	Mudança nas emissões globais de CO <sub>2</sub> em 2050 (% das emissões de 2000) <sup>40</sup> (%)	Número de cenários avaliados
AA	2,5 – 3,0	350 – 400	445 – 490	2,0 – 2,4	2000 – 2015	-85 a -50	6
AB	3,0 – 3,5	400 – 440	490 – 535	2,4 – 2,8	2000 – 2020	-60 a -30	18
B	3,5 – 4,0	440 – 485	535 – 590	2,8 – 3,2	2010 – 2030	-30 a +5	21
C	4,0 – 5,0	485 – 570	590 – 710	3,2 – 4,0	2020 – 2060	+10 a +60	118
D	5,0 – 6,0	570 – 660	710 – 855	4,0 – 4,9	2050 – 2080	+25 a +85	9
E	6,0 – 7,5	660 – 790	855 – 1130	4,9 – 6,1	2060 – 2090	+90 a +140	5
Total							177

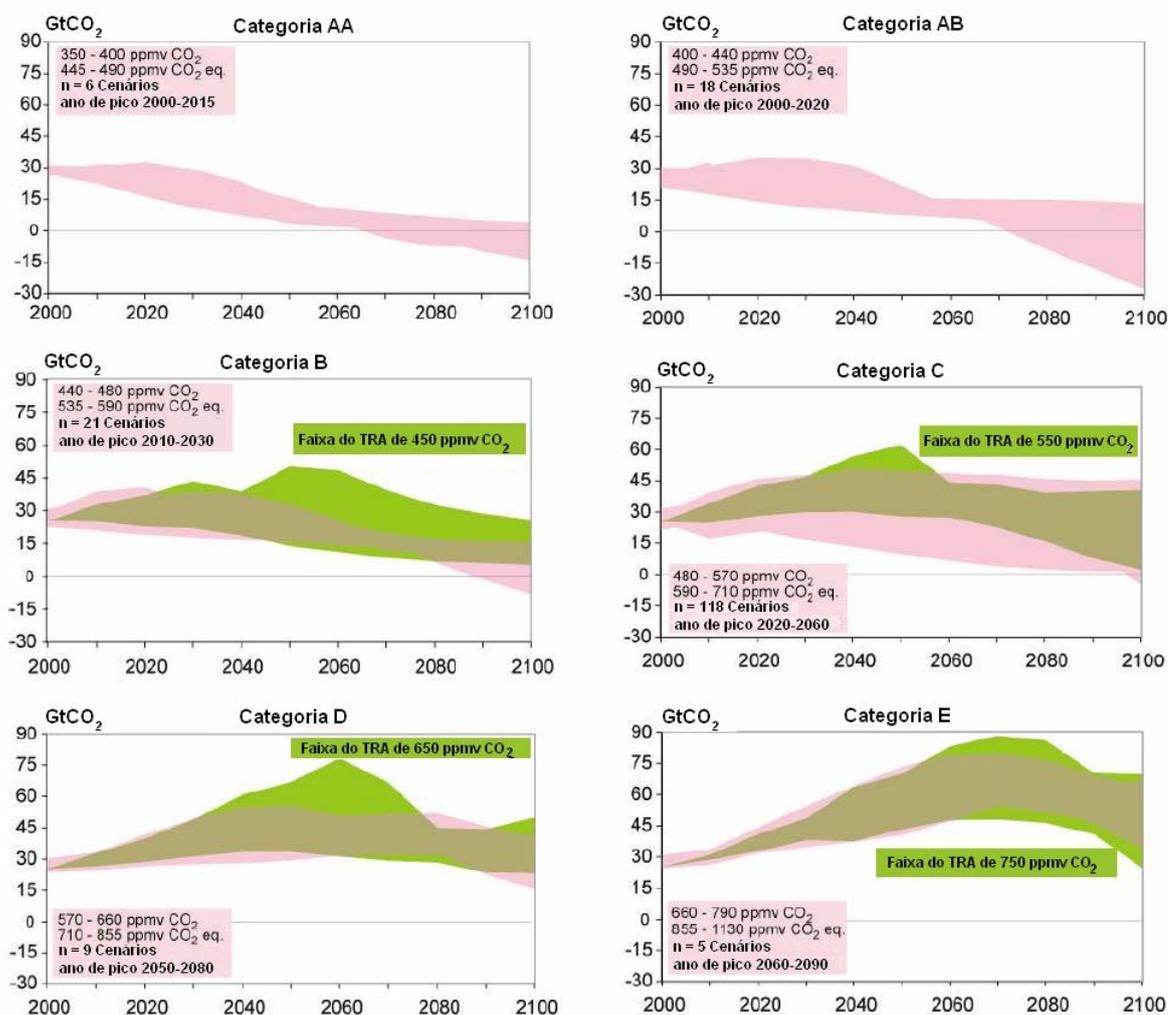
**[Nota Editorial: Na coluna intitulada “Categoria”, AA, AB, B... serão trocados por numerais romanos (I, II, III...)]**

<sup>37</sup> O entendimento da resposta do sistema climático ao forçamento radiativo, bem como das realimentações (*feedbacks*), é avaliado em detalhe no Relatório do Grupo de Trabalho I para o Quarto Relatório de Avaliação. As realimentações entre o ciclo do carbono e a mudança do clima afetam a mitigação necessária para um determinado nível de estabilização da concentração atmosférica de dióxido de carbono. Essas realimentações devem aumentar a fração de emissões antrópicas que permanece na atmosfera à medida que o sistema climático se aquece. Portanto, as reduções de emissões necessárias para que se atinja um determinado nível de estabilização relatado nos estudos de mitigação avaliados aqui podem ser subestimadas.

<sup>38</sup> A melhor estimativa da sensibilidade climática é 3°C [Sumário para os Formuladores de Políticas do Grupo de Trabalho I].

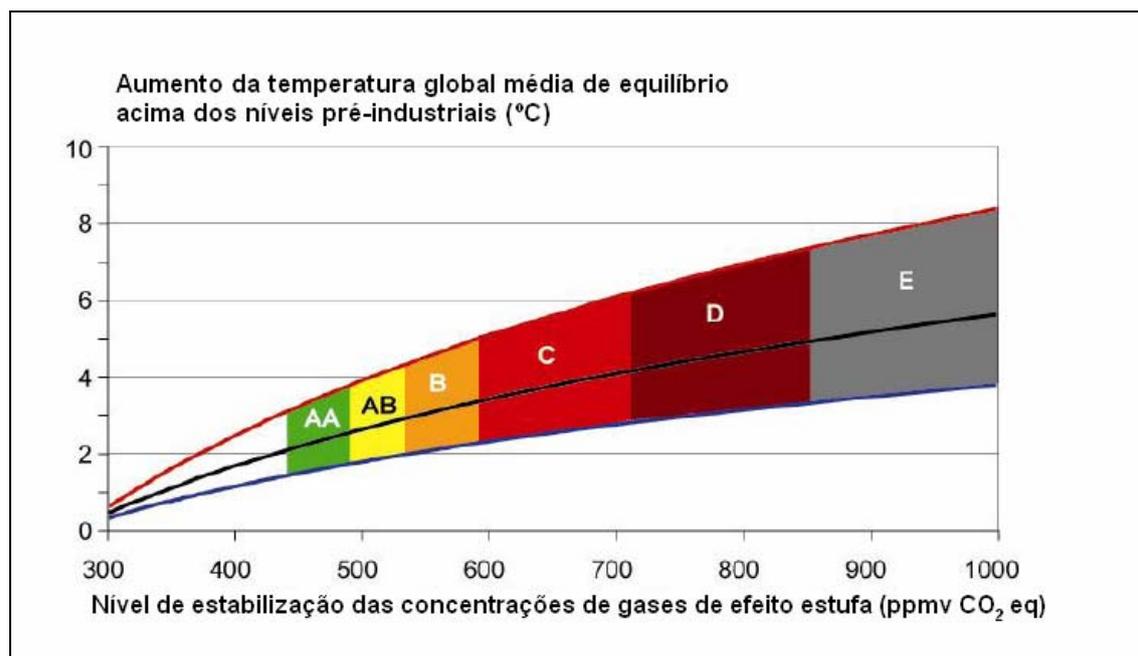
<sup>39</sup> Observe-se que a temperatura global média em equilíbrio é diferente da temperatura global média esperada na época da estabilização das concentrações de gases de efeito estufa em razão da inércia do sistema climático. Para a maioria dos cenários avaliados, a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa ocorre entre 2100 e 2150.

<sup>40</sup> As faixas correspondem ao 15º e 85º percentis da distribuição dos cenários pós-Terceiro Relatório de Avaliação. As emissões de CO<sub>2</sub> são indicadas para que os cenários com vários gases sejam comparados com os cenários com apenas CO<sub>2</sub>.



*[As categorias serão alteradas para I a VI; ppmv será substituído por ppm; GtCO<sub>2</sub> precisa ser GtCO<sub>2</sub>/ano]*

**Figura SFP.7:** Trajetórias de emissões dos cenários de mitigação para categorias alternativas de níveis de estabilização (Categorias I a VI, como definido no quadro de cada painel). As trajetórias são apenas para as emissões de CO<sub>2</sub>. As áreas (escuras) com sombreamento cor-de-rosa apresentam as emissões de CO<sub>2</sub> para os cenários de emissões pós-TRA. As áreas (claras) com sombreamento verde ilustram a faixa de mais de 80 cenários de estabilização do TRA. As emissões do ano base podem divergir entre os modelos em razão de diferenças na cobertura do setor e da indústria. Para atingir os níveis de estabilização mais baixos, alguns cenários empregam a remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera (emissões negativas) com o uso de tecnologias como a produção de energia a partir de biomassa, usando-se captação e armazenamento de carbono. [Figura 3.17]



[As letras maiúsculas serão mudadas de AA, AB, etc. para I a VI; ppmv (eixo x) será mudado para ppm]

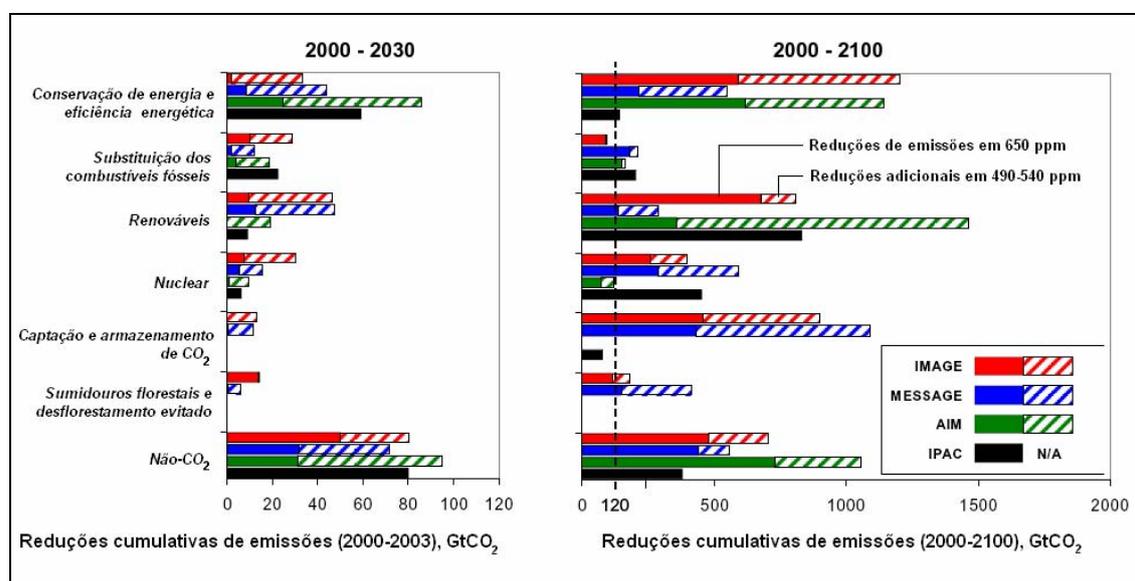
**Figura SFP.8:** As categorias de cenários de estabilização, como relatadas na Figura SFP.7 (faixas coloridas), e sua relação com a mudança da temperatura global média de equilíbrio acima dos níveis pré-industriais, usando-se (i) “a melhor estimativa” da sensibilidade climática de 3°C (linha preta no meio da área sombreada), (ii) o limite superior da faixa provável de sensibilidade climática de 4,5°C (linha vermelha no topo da área sombreada), (iii) o limite inferior da faixa provável de sensibilidade climática de 2°C (linha azul na parte inferior da área sombreada). Os sombreamentos coloridos indicam as faixas de concentração de estabilização dos gases de efeito estufa na atmosfera correspondentes às categorias I a VI dos cenários de estabilização, como indicado na Figura SFP.7. Os dados foram obtidos do Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho I, capítulo 10.8.

**19. A faixa dos níveis de estabilização avaliados pode ser alcançada com o emprego de um portfólio de tecnologias que existem atualmente e de tecnologias que devem ser comercializadas nas próximas décadas. Supõe-se que incentivos adequados e eficazes existam para o desenvolvimento, aquisição, emprego e difusão de tecnologias e para tratar das barreiras relacionadas (ampla concordância, muitas evidências).**

- A contribuição de diferentes tecnologias para as reduções de emissões necessárias para a estabilização irá variar de acordo com o tempo, região e nível de estabilização.
  - A eficiência energética desempenha um papel essencial em muitos cenários para a maioria das regiões e escalas de tempo.
  - Para níveis de estabilização mais baixos, os cenários colocam mais ênfase no uso de fontes energéticas com baixo uso de carbono, como a energia renovável e a energia nuclear, e o uso

de captação e armazenamento de carbono. Nesses cenários, as melhorias da intensidade de carbono da oferta de energia e a economia inteira precisam ser muito mais rápidas do que no passado.

- A inclusão das opções de mitigação com gases não-CO<sub>2</sub> e com o CO<sub>2</sub> do uso da terra proporciona maior flexibilidade e redução de custos para se alcançar a estabilização. A bioenergia moderna poderia contribuir de forma substancial com a parcela de energia renovável no portfólio de mitigação.
- Exemplos ilustrativos de portfólios de opções de mitigação são apresentados na Figura SFP.9 [3.3, 3.4].
- Investimentos e emprego no mundo todo de tecnologias com baixas emissões de gases de efeito estufa, bem como melhorias tecnológicas por meio de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (PD&D), seriam necessários para alcançar metas de estabilização, bem como redução de custos. Quanto mais baixos os níveis de estabilização, especialmente os de 550 ppm CO<sub>2</sub>-eq ou menos, maior a necessidade de medidas mais eficientes de PD&D e de investimento em novas tecnologias durante as próximas décadas.
- Incentivos adequados poderiam tratar dessas barreiras e ajudar a atingir as metas em um amplo portfólio de tecnologias. Isso requer que as barreiras ao desenvolvimento, aquisição, emprego e difusão de tecnologias sejam tratadas de forma eficaz. [2.7, 3.3, 3.4, 3.6, 4.3, 4.4, 4.6]



[Na figura, “e desflorestamento evitado” será removido]

**Figura SFP.9:** Reduções cumulativas de emissões para medidas alternativas de mitigação para 2000 a 2030 (painel à esquerda) e 2000 a 2100 (painel à direita). A figura mostra cenários ilustrativos de quatro modelos (AIM, IMAGE, IPAC e MESSAGE) visando a estabilização em níveis de 490-540 ppm CO<sub>2</sub>-eq e 650 ppm

*CO<sub>2</sub>-eq, respectivamente. As barras escuras denotam reduções para uma meta de 650 ppm CO<sub>2</sub>-eq e as barras claras, as reduções adicionais para que se atinja o nível de 450-540 ppm CO<sub>2</sub>-eq. Observe-se que alguns modelos não consideram a mitigação por meio do aumento dos sumidouros florestais (AIM e IPAC) ou da captação e armazenamento de carbono (AIM) e que a participação das opções de energia com baixo consumo de carvão na oferta total de energia também é determinada por meio da inclusão dessas opções na linha de base. A captação e o armazenamento de carbono abrangem a captação e o armazenamento a partir da biomassa. Os sumidouros florestais incluem as reduções de emissões do desflorestamento. [Figura 3.23]*

- 20. Em 2050<sup>41</sup>, os custos macroeconômicos globais médios para a mitigação de vários gases visando a estabilização entre 710 e 445 ppm CO<sub>2</sub>-eq estão entre um ganho de 1% e uma redução de 5,5% do PIB global (ver a Tabela SFP.6). Para países e setores específicos, os custos variam consideravelmente da média global. (Ver, no Quadro SFP.3, as metodologias e suposições e, no parágrafo 5<sup>o</sup>, a explicação de custos negativos) (ampla concordância, evidências médias)**

*Tabela SFP.6: Custos macroeconômicos globais estimados em 2050 em relação à linha de base para trajetórias de menor custo visando diferentes metas de estabilização em longo prazo<sup>42</sup> [3.3, 13.3]*

Níveis de estabilização (ppm CO <sub>2</sub> -eq)	Redução média do PIB <sup>43</sup> (%)	Faixa de redução do PIB <sup>43,44</sup> (%)	Redução das taxas anuais médias de crescimento do PIB <sup>43,45</sup> (pontos percentuais)
590-710	0,5	-1 – 2	< 0,05
535-590	1,3	levemente negativa – 4	< 0,1
445-535 <sup>46</sup>	não disponível	< 5,5	< 0,12

- 21. A tomada de decisão sobre o nível adequado de mitigação global ao longo do tempo envolve um processo de gestão de risco iterativo que envolva mitigação e adaptação, levando-se em conta os danos reais e evitados da mudança do clima, co-benefícios, sustentabilidade, equidade e atitudes ao risco. Para escolher a escala e o tempo da mitigação dos gases de efeito estufa, é preciso equilibrar os custos econômicos de reduções mais rápidas de emissões no presente com os correspondentes riscos climáticos de médio e longo prazos decorrentes da demora [ampla concordância, muitas evidências].**

<sup>41</sup> As estimativas de custo para 2030 são apresentadas no parágrafo 5<sup>o</sup>.

<sup>42</sup> Corresponde a toda a literatura sobre cenários de linhas de base e mitigação que fornecem números do PIB.

<sup>43</sup> São taxas de câmbio do mercado baseadas no PIB global.

<sup>44</sup> São apresentadas as faixas média e do 10<sup>o</sup> e 90<sup>o</sup> percentis dos dados analisados.

<sup>45</sup> O cálculo da redução da taxa de crescimento anual baseia-se na redução média durante o período até 2050 que acarretaria a redução indicada do PIB em 2050.

<sup>46</sup> O número de estudos é relativamente pequeno e eles comumente usam linhas de base baixas. As linhas de base com altas emissões geram, normalmente, custos mais elevados.

- Os resultados analíticos iniciais e limitados de análises integradas dos custos e benefícios da mitigação indicam que esses custos e benefícios são amplamente comparáveis em magnitude, mas ainda não permitem uma determinação não-ambígua de uma trajetória de emissões ou nível de estabilização em que os benefícios superem os custos [3.5].
- A avaliação integrada dos custos e benefícios econômicos de diferentes trajetórias de mitigação mostra que o momento economicamente ótimo e o nível de mitigação dependem da forma e caráter incertos da curva adotada de custo dos danos da mudança do clima. Para ilustrar essa dependência:
  - Se a curva de custo dos danos da mudança do clima crescer lenta e regularmente e houver uma boa previsão (que aumenta o potencial de adaptação no momento certo), uma mitigação posterior e menos rigorosa será economicamente justificável;
  - Alternativamente, se a curva de custo dos danos aumentar bruscamente ou contiver não-linearidades (por exemplo, patamares de vulnerabilidade ou mesmo pequenas probabilidades de eventos catastróficos), uma mitigação mais cedo e mais rigorosa será economicamente justificável [3.6].
- A sensibilidade climática é uma incerteza crucial para os cenários de mitigação que visem alcançar um nível específico de temperatura. Os estudos mostram que se a sensibilidade climática for alta, o momento da mitigação será mais cedo e o nível da mitigação, mais rigoroso do que quando ela é baixa [3.5, 3.6].
- O atraso nas reduções de emissões gera investimentos que encerram infraestrutura e trajetórias de desenvolvimento mais intensivas em emissões. Isso restringe de forma significativa as oportunidades de se alcançarem níveis de estabilização mais baixos (como mostra a Tabela SFP.5) e aumenta o risco de impactos mais severos da mudança do clima [3.4, 3.1, 3.5, 3.6].

**Quadro SFP.4:** *Mudança tecnológica induzida pela modelagem*

As publicações pertinentes sugerem que as políticas e medidas podem induzir mudança tecnológica. Avanços notáveis foram obtidos na aplicação, em estudos de estabilização, de abordagens baseadas em mudança tecnológica induzida; contudo, questões conceituais ainda permanecem em aberto. Nos modelos que adotam essas abordagens, os custos projetados para um determinado nível de estabilização são reduzidos; as reduções são maiores em níveis de estabilização mais baixos.

## **E. Políticas, medidas e instrumentos para mitigar a mudança do clima**

- 22. Há uma ampla variedade de políticas e instrumentos nacionais para que os governos criem incentivos para as medidas de mitigação. Sua aplicabilidade depende das circunstâncias nacionais e de uma compreensão das suas interações, mas a experiência adquirida com a implementação em vários países e setores mostra que há vantagens e**

**desvantagens para qualquer instrumento** (*ampla concordância, muitas evidências*).

- Quatro critérios principais são usados para avaliar as políticas e instrumentos: a eficácia ambiental, a eficácia em relação aos custos, os efeitos de distribuição, inclusive a equidade, e a viabilidade institucional [13.2].
- Todos os instrumentos podem ser planejados de forma satisfatória ou precária e ser rigorosos ou não. Além disso, o monitoramento visando melhorar a implementação é uma questão importante para todos os instrumentos. As descobertas gerais sobre o desempenho das políticas são: [7.9, 12.2, 13.2]
  - *A integração das políticas climáticas com políticas mais abrangentes de desenvolvimento* facilita a implementação e a superação das barreiras.
  - *As regulamentações e os padrões* geralmente fornecem um pouco de certeza sobre os níveis de emissões. Podem ser preferíveis a outros instrumentos quando as informações ou outras barreiras impedirem os produtores e consumidores de responder aos sinais dos preços. Contudo, podem não induzir inovações e tecnologias mais avançadas.
  - *Os impostos e taxas* podem determinar um preço para o carbono, mas não podem garantir um determinado nível de emissões. As publicações identificam os impostos como uma forma eficiente de internalizar os custos das emissões de gases de efeito estufa.
  - *As licenças negociáveis* estabelecerão um preço do carbono. O volume de emissões permitidas determina sua eficácia ambiental, enquanto que a alocação de licenças tem consequências de distribuição. A flutuação do preço do carbono dificulta a estimativa do custo total do cumprimento das licenças de emissões.
  - *Os incentivos financeiros* (subsídios e créditos fiscais) são usados com frequência pelos governos para estimular o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias. Enquanto os custos econômicos são, em geral, mais elevados do que para os instrumentos listados acima, são frequentemente essenciais para superar as barreiras.
  - *Os acordos voluntários* entre a indústria e os governos são politicamente atrativos, aumentam a conscientização entre as partes interessadas e tiveram participação na evolução de muitas políticas nacionais. A maioria dos acordos não alcançou reduções de emissões significativas além das tendenciais. Contudo, alguns acordos recentes, em alguns países, aceleraram a aplicação da melhor tecnologia disponível e promoveram reduções de emissões mensuráveis.
  - *Os instrumentos informativos* (por exemplo, campanhas de conscientização) podem afetar positivamente a qualidade ambiental, promovendo escolhas embasadas e possivelmente

contribuindo para a mudança de comportamento; contudo seu impacto nas emissões ainda não foi medido.

- A *PD&D* pode estimular os avanços tecnológicos, reduzir custos e promover progressos em direção à estabilização.
- Algumas corporações, autoridades locais e regionais, ONGs e grupos civis estão adotando uma ampla variedade de medidas voluntárias. Essas medidas voluntárias podem limitar as emissões de gases de efeito estufa, estimular políticas inovadoras e incentivar o emprego de novas tecnologias. Isoladamente, elas costumam ter pouco impacto nas emissões em nível nacional ou regional [13.4].
- As lições aprendidas com a aplicação de políticas e instrumentos nacionais específicos de um setor são mostradas na Tabela SFP.7.

**23. As políticas que fornecem um preço real ou implícito do carbono poderiam criar incentivos para que os produtores e consumidores investissem de forma significativa em produtos, tecnologias e processos com baixas emissões de gases de efeito estufa. Essas políticas poderiam abranger instrumentos econômicos, financiamento do governo e regulamentação (*ampla concordância, muitas evidências*).**

- Um sinal efetivo do preço do carbono poderia promover um potencial significativo de mitigação em todos os setores [11.3, 13.2].
- Os estudos de modelagem (ver o Quadro SFP.3) mostram que os preços do carbono que sobem para 20 a 80 US\$/tCO<sub>2</sub>-eq até 2030 e 30 a 155 US\$/tCO<sub>2</sub>-eq até 2050 são condizentes com a estabilização em cerca de 550 ppm CO<sub>2</sub>-eq até 2100. Para o mesmo nível de estabilização, os estudos feitos desde o Terceiro Relatório de Avaliação que levam em conta a mudança tecnológica induzida reduzem essas faixas de preço para 5 a 65 US\$/tCO<sub>2</sub>-eq em 2030 e 15 a 130 US\$/tCO<sub>2</sub>-eq em 2050 [3.3, 11.4, 11.5].
- A maioria das avaliações *top-down*, bem como algumas avaliações *bottom-up* de 2050, sugere que preços do carbono reais ou implícitos de 20 a 50 US\$/tCO<sub>2</sub>-eq, sustentados ou com aumento ao longo das décadas, poderiam promover um setor de geração elétrica com baixas emissões de gases de efeito estufa até 2050 e tornar atrativas muitas opções de mitigação nos setores de uso final [4.4, 11.6].
- São várias as barreiras à implementação das opções de mitigação, variando por país e setor. Podem estar relacionadas com aspectos financeiros, tecnológicos, institucionais, de informação e comportamento [4.5, 5.5, 6.7, 7.6, 8.6, 9.6, 10.5].

**Tabela SFP.7:** Seleção de políticas, medidas e instrumentos setoriais que se mostraram ambientalmente eficazes no respectivo setor em pelo menos vários casos nacionais.

Setor	Políticas <sup>47</sup> , medidas e instrumentos que se mostraram ambientalmente eficazes	Principais restrições ou oportunidades
Oferta de energia [4.5]	Redução dos subsídios aos combustíveis fósseis	A resistência decorrente do capital investido pode dificultar a implementação
	Impostos ou taxas do carbono sobre os combustíveis fósseis	
	Tarifas por unidade para as tecnologias de energia renovável	Podem ser adequados para criar mercados para tecnologias com baixas emissões
	Obrigações de energia renovável	
	Subsídios aos produtores	
Transporte [5.5]	Economia de combustível obrigatória, mistura de biocombustível e padrões de CO <sub>2</sub> para o transporte rodoviário	A cobertura parcial da frota de veículos pode limitar a eficácia
	Impostos sobre a compra, registro, uso de veículos e combustíveis automotivos, rodovias e preços de estacionamento	A eficácia pode cair com receitas mais altas
	Influência nas necessidades de mobilidade por meio de regulamentações do uso da terra e planejamento da infra-estrutura	Especialmente adequados para países que estejam construindo seus sistemas de transporte
	Investimento em instalações de transporte público atrativas e formas não motorizadas de transporte	
Edificações [6.8]	Padrões e selos de aparelhos	Revisão periódica dos padrões necessários
	Códigos e certificação de edificações	Atrativos para novas edificações. Pode ser difícil garantir o cumprimento.
	Programas de manejo do lado da demanda	Necessidades de regulamentações para que as concessionárias possam ter lucro
	Programas de liderança do setor público, inclusive aquisições	As compras do governo podem expandir a demanda por produtos eficientes do ponto de vista energético
	Incentivos para empresas que prestam serviços de energia	Fator de êxito: acesso a financiamento de terceiros

<sup>47</sup> Investimentos públicos de PD&D em tecnologias com baixas emissões mostraram-se eficazes em todos os setores.

<b>Setor</b>	<b>Políticas<sup>48</sup>, medidas e instrumentos que se mostraram ambientalmente eficazes</b>	<b>Principais restrições ou oportunidades</b>
Indústria [7.9]	Fornecimento de informações de referência ( <i>benchmark</i> )	Podem ser adequados para estimular a adoção de tecnologias. A estabilidade da política nacional é importante em vista da competitividade internacional
	Padrões de desempenho	
	Subsídios, créditos fiscais	Mecanismos de alocação previsíveis e sinais estáveis de preços são importantes para os investimentos
	Licenças negociáveis	Entre os fatores de êxito estão: metas claras, um cenário de linha de base, envolvimento de terceiros no planejamento e na revisão e disposições formais de monitoramento, íntima cooperação entre o governo e a indústria
Acordos voluntários		
Agricultura [8.6, 8.7, 8.8]	Incentivos financeiros e regulamentações para a melhoria do manejo da terra, manutenção do teor de carbono no solo, uso eficiente de fertilizantes e irrigação	Podem incentivar a sinergia com o desenvolvimento sustentável e a redução da vulnerabilidade à mudança do clima, superando, assim, as barreiras à implementação
Florestamento/ Florestas [9.6]	Incentivos financeiros (nacionais e internacionais) para aumentar a área florestal, reduzir o desflorestamento e promover a manutenção e o manejo florestal	Entre as limitações estão a falta de capital de investimento e questões de posse da terra. Podem ajudar a reduzir a pobreza
	Regulamentação do uso da terra, garantindo-se o seu cumprimento	
Manejo de resíduos [10.5]	Incentivos financeiros para a melhoria do manejo dos resíduos e das águas residuárias	Podem estimular a difusão de tecnologias
	Incentivos à energia renovável ou obrigação de uso de energia renovável	Disponibilidade local de combustível de baixo custo
	Regulamentações do manejo de resíduos	Aplicadas de forma mais eficaz em âmbito nacional, com estratégias de garantia do cumprimento

<sup>48</sup> Investimentos públicos de PD&D em tecnologias com baixas emissões mostraram-se eficazes em todos os setores.

**24. O apoio do governo, por meio de contribuições financeiras, créditos fiscais, estabelecimento de padrões e criação de mercado, é importante para o desenvolvimento, inovação e emprego eficazes de tecnologias. A transferência de tecnologias para os países em desenvolvimento depende de condições propícias e de financiamento (*ampla concordância, muitas evidências*).**

- Os benefícios públicos dos investimentos em PD&D são maiores do que os benefícios obtidos pelo setor privado, o que justifica o apoio do governo às ações de PD&D.
- O financiamento do governo, em termos absolutos reais para a maior parte dos programas de pesquisa energética, tem sido fixo ou tem diminuído durante quase duas décadas (mesmo após a entrada em vigor da CQNUMC) e agora representa cerca da metade do nível de 1980 [2.7, 3.4, 4.5, 11.5, 13.2].
- Os governos têm um papel fundamental de apoio à promoção de um ambiente propício, em âmbitos institucional, político, legal e de regulamentações<sup>49</sup>, para sustentar os fluxos de investimento e para a transferência eficaz de tecnologias – sem os quais pode ser difícil alcançar as reduções de emissões em escala significativa. É importante mobilizar o financiamento dos custos incrementais das tecnologias com baixo uso de carbono. Acordos tecnológicos internacionais poderiam fortalecer a infraestrutura do conhecimento [13.3].
- O efeito benéfico potencial da transferência de tecnologia aos países em desenvolvimento mediante ações dos países do Anexo I pode ser substancial, mas não há estimativas confiáveis [11.7].
- Os fluxos financeiros para os países em desenvolvimento por meio dos projetos do MDL têm o potencial de alcançar níveis da ordem de vários bilhões de dólares norte-americanos por ano<sup>50</sup>, superando os fluxos mediados pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF) e comparáveis aos fluxos de assistência ao desenvolvimento voltados para a área de energia, mas com uma ordem de magnitude inferior aos fluxos totais de investimento estrangeiro direto. Os fluxos financeiros por meio do MDL, GEF e assistência ao desenvolvimento para a transferência de tecnologia têm sido limitados até agora e distribuídos geograficamente de forma desigual [12.3, 13.3].

**25. Conquistas notáveis da CQNUMC e do Protocolo de Quioto são o estabelecimento de uma resposta global ao problema do clima, o estímulo à implementação de uma série de políticas nacionais, a criação de um mercado internacional do carbono e o estabelecimento de novos mecanismos institucionais que podem lançar a base para futuros esforços de mitigação (*ampla concordância, muitas evidências*).**

---

<sup>49</sup> Ver o Relatório Especial do IPCC sobre Questões Metodológicas e Tecnológicas em Transferência de Tecnologia.

<sup>50</sup> Depende fortemente do preço de mercado que flutuou entre 4 e 26 US\$/tCO<sub>2</sub>-eq e com base em aproximadamente 1000 projetos propostos de MDL e projetos registrados com probabilidade de gerar mais de 1,3 bilhões de créditos de redução de emissões antes de 2012.

- Projeta-se que o impacto do primeiro período de compromisso do Protocolo em relação às emissões globais seja limitado. Projeta-se que seus impactos econômicos nos países do Anexo B sejam menores do que os apresentados no Terceiro Relatório de Avaliação, que mostrou um PIB 0,2-2% menor em 2012 sem o comércio de emissões, e um PIB 0,1-1,1% menor com o comércio de emissões entre os países do Anexo B [1.4, 11.4, 13.3].

**26. As publicações identificam muitas opções para alcançar reduções das emissões globais de gases de efeito estufa em âmbito internacional por meio da cooperação. Também sugerem que acordos bem-sucedidos são ambientalmente eficazes, econômicos, incorporam considerações de distribuição e equidade e são institucionalmente viáveis (*ampla concordância, muitas evidências*).**

- Maiores esforços de cooperação para reduzir as emissões ajudarão a diminuir os custos globais para se alcançar um determinado nível de mitigação ou irão melhorar a eficácia ambiental [13.3].
- A melhoria ou expansão do escopo dos mecanismos de mercado (como o comércio de emissões, implementação conjunta e MDL) poderia reduzir os custos totais de mitigação [13.3].
- Os esforços para tratar da mudança do clima podem abranger diversos elementos, como metas de emissões; ações setoriais, locais, subnacionais e regionais; programas de PD&D; adoção de políticas comuns; implementação de ações voltadas para o desenvolvimento; ou expansão dos instrumentos de financiamento. Esses elementos podem ser implementados de modo integrado, mas comparar quantitativamente os esforços feitos por diferentes países seria complexo, além de exigir muitos recursos [13.3].
- As ações que poderiam ser feitas pelos países participantes podem ser diferenciadas tanto em termos de quando essa ação é realizada, quem participa dela e qual será a ação. As ações podem ser vinculantes ou não, conter metas fixas ou dinâmicas e a participação pode ser estática ou variar com o tempo [13.3].

## **F. Desenvolvimento sustentável e mitigação da mudança do clima**

**27. Tornar o desenvolvimento mais sustentável por meio da mudança das trajetórias de desenvolvimento pode contribuir bastante para a mitigação da mudança do clima, mas a implementação pode exigir recursos para superar as múltiplas barreiras. Há um entendimento crescente das possibilidades de escolha e implementação das opções de mitigação em vários setores a fim de realizar sinergias e evitar conflitos com outras dimensões do desenvolvimento sustentável (*ampla concordância, muitas evidências*).**

- Seja qual for a escala das medidas de mitigação, são necessárias medidas de adaptação [1.2].

- Tratar da mudança do clima pode ser considerado um elemento das políticas de desenvolvimento sustentável. As circunstâncias nacionais e as forças das instituições determinam como as políticas de desenvolvimento afetam as emissões de gases de efeito estufa. Mudanças nas trajetórias de desenvolvimento surgem das interações entre os processos decisórios públicos e privados envolvendo o governo, as empresas e a sociedade civil, muitos dos quais não são considerados tradicionalmente como política climática. Esse processo é mais eficaz quando os atores participam de forma equitativa e os processos descentralizados de tomada de decisão são coordenados [2.2, 3.3, 12.2].
- Costuma haver sinergia entre as políticas de mudança do clima e outras políticas de desenvolvimento sustentável, mas nem sempre isso ocorre. Há evidências crescentes de que as decisões sobre política macroeconômica, política agrícola, empréstimos bancários para o desenvolvimento multilateral, práticas de seguros, reforma do mercado de eletricidade, segurança energética e conservação florestal, por exemplo, que são sempre tratadas como questões à parte da política climática, podem reduzir de forma significativa as emissões. Entretanto, as decisões sobre melhorar o acesso às fontes modernas de energia na área rural, por exemplo, podem não ter muita influência nas emissões globais de gases de efeito estufa [12.2].
- As políticas de mudança do clima relacionadas com a eficiência energética e a energia renovável são com frequência benéficas do ponto de vista econômico, melhoram a segurança energética e reduzem as emissões de poluentes locais. Outras opções de mitigação na área da oferta de energia podem ser planejadas para também alcançar benefícios de desenvolvimento sustentável, como evitar o deslocamento de populações locais, criação de empregos e benefícios para a saúde [4.5, 12.3].
- A redução tanto da perda de habitat natural quanto do desflorestamento pode trazer benefícios significativos para a conservação da biodiversidade, do solo e da água e pode ser executada de forma social e economicamente sustentável. O florestamento e as plantações para bioenergia podem promover a recuperação de terras degradadas, o manejo do escoamento superficial da água, reter o carbono do solo e favorecer as economias rurais, mas podem competir com o uso da terra para a produção de alimentos e ser negativas para a biodiversidade caso não sejam planejadas de forma adequada [9.7, 12.3].
- Também há boas possibilidades de fortalecer o desenvolvimento sustentável por meio de medidas de mitigação nos setores de manejo de resíduos, transporte e edificações [5.4, 6.6, 10.5, 12.3].
- Tornar o desenvolvimento mais sustentável pode melhorar tanto a capacidade de mitigação quanto de adaptação e reduzir as emissões e a vulnerabilidade à mudança do clima. Podem existir sinergias entre a mitigação e a adaptação, por exemplo, a produção de biomassa planejada de forma adequada, formação de áreas protegidas, manejo da terra, uso de energia em edificações e silvicultura. Em outras situações, pode haver contrapartidas, como o aumento das emissões de gases de efeito estufa em

razão do aumento do consumo de energia relacionado com as respostas de adaptação [2.5, 3.5, 4.5, 6.9, 7.8, 8.5, 9.5, 11.9, 12.1].

## **G. Lacunas no conhecimento**

- 28. Ainda há lacunas importantes no conhecimento existente atualmente sobre alguns aspectos da mitigação da mudança do clima, em especial nos países em desenvolvimento. A realização de mais pesquisas para tratar dessas lacunas reduziria as incertezas, facilitando a tomada de decisões relativa à mitigação da mudança do clima [ST.14].**

### Quadro 1: Representação da incerteza

A incerteza é uma característica inerente a qualquer avaliação. O quarto relatório de avaliação esclarece as incertezas associadas com as declarações essenciais.

As diferenças fundamentais entre as ciências subjacentes dos três relatórios dos Grupos de Trabalho tornam impraticável uma abordagem comum. A abordagem da “probabilidade” aplicada no relatório “Mudança do Clima 2007 - a base das ciências físicas” e as abordagens de “confiança” e “probabilidade” usadas no relatório “Mudança do Clima 2007 - impactos, adaptação e vulnerabilidade” foram consideradas inadequadas para tratar das incertezas específicas envolvidas neste relatório de mitigação, uma vez que aqui as escolhas humanas são consideradas.

Neste relatório, uma escala bidimensional é usada para tratar da incerteza. A escala baseia-se na análise dos especialistas, autores do Grupo de Trabalho III, sobre o nível de convergência nas publicações sobre uma determinada informação (nível de concordância) e o número e a qualidade das fontes independentes, que cumprem as regras do IPCC, nas quais a informação se baseia (quantidade de evidência<sup>51</sup>) (ver a Tabela SFP.E.1). Essa abordagem não é quantitativa, da qual possam ser derivadas probabilidades relativas à incerteza.

*Tabela SFP.E.1: Definição qualitativa da incerteza*

 Nível de concordância (sobre uma determinada informação)	Ampla concordância, evidências limitadas	Ampla concordância, evidências médias	Ampla concordância, muitas evidências
	Concordância média, evidências limitadas	Concordância média, evidências médias	Concordância média, muitas evidências
	Pouca concordância, evidências limitadas	Pouca concordância, evidências médias	Pouca concordância, muitas evidências

Quantidade de evidências<sup>50</sup> (número e qualidade de fontes independentes)



Como o futuro é inerentemente incerto, os cenários, ou seja, imagens internamente coerentes de diferentes futuros – não previsões do futuro – foram bastante usadas neste relatório.

<sup>51</sup> “Evidência”, neste relatório, é definida como: as informações ou sinais que indicam se uma crença ou proposição é verdadeira ou válida. Ver o Glossário.