

CAPÍTULO 2

TEMAS ESTRUTURANTES

Autores Coordenadores: Martha Macedo de Lima Barata (FIOCRUZ), Eurídice Mamede (UFRJ), Maria Sílvia Muylaert de Araújo (UFRJ), Ricardo Abramovay (USP), Edson Domingues (UFMG)

Autores Principais: Martha Macedo de Lima Barata (FIOCRUZ), Eurídice Mamede (UFRJ), Gleide Borges Lacerda (UFRJ), Maria Sílvia Muylaert de Araújo (UFRJ), Ricardo Abramovay (USP), Edson Domingues (UFMG), Donald Sawyer (UnB)

Autores colaboradores: Rodrigo Pacheco Ribas (UFRJ), André Felipe Simões (USP), Petterson Molina Vale (London School of Economics), Aline Souza Magalhães (UFMG)

Revisores: Ronaldo Seroa da Motta (IPEA), Marcel Bursztyn (UNB)

ÍNDICE

2.1 RISCOS E INCERTEZAS DAS POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO À MUDANÇA CLIMÁTICA	29
2.1.1 RISCO E INCERTEZA	30
2.1.2 RISCOS E INCERTEZAS NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	31
2.1.3 PERCEPÇÃO E COMUNICAÇÃO DO RISCO E DA INCERTEZA NA MUDANÇA DO CLIMA	34
2.1.4 PRÉFERÊNCIAS SOCIAIS E COMPORTAMENTO DE INDIVÍDUOS E NAÇÕES	36
2.1.5 MODELANDO AS INCERTEZAS	37
2.2 DESENVOLVIMENTO E EQUIDADE: DESAFIOS DAS POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO	38
2.2.1 ÉTICA, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E EQUIDADE	38
2.2.2 ASPECTOS DETERMINANTES, INDICADORES DE DIREÇÃO E RESPECTIVAS BARREIRAS	41
2.2.2.1 CONCEITOS E LINHAS TEÓRICAS ENVOLVENDO EQUIDADE	41
2.2.2.2 INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	44
2.2.2.3 EQUIDADE E DIVISÃO DE RESPONSABILIDADES RELATIVAS A MUDANÇAS CLIMÁTICAS	46
2.2.3 DESAFIOS DAS POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO	49
2.2.3.1 MAGNITUDE, ESPAÇO E ORÇAMENTO	51
2.2.3.2 O LONGÍNQUO HORIZONTE DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS	56
2.2.3.3 INTENSIDADE ENERGÉTICA E PADRÕES DE CONSUMO	59
2.3 FORÇAS MOTRIZES, TENDÊNCIAS E MITIGAÇÃO	60
2.3.1 INTRODUÇÃO	60
2.3.2 FORÇAS MOTRIZES, TENDÊNCIAS E MITIGAÇÃO	62
2.3.2.1 MUDANÇAS NO USO DE SOLO E FLORESTAS	62
2.3.2.2 ATIVIDADES PRODUTIVAS	70
2.3.2.3 ENERGIA	72
2.3.2.4 TRANSPORTES	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

2.1 RISCOS E INCERTEZAS DAS POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO À MUDANÇA CLIMÁTICA

O refinamento e a divulgação de informações científicas consistentes e úteis na orientação de políticas de longo prazo para o País é relevante e desafiador. Nesse sentido, cientistas empenham-se em explicar a leigos no tema, quais são os riscos e as incertezas da mudança climática a longo prazo (IPCC, 2007a). O IPCC foi estabelecido pela Organização Mundial de Meteorologia (WMO, no acrônimo inglês) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) para reunir e avaliar informações relevantes que permitam entender a mudança do clima, seu impacto potencial e, ainda, a identificação das opções de mitigação e adaptação a tal processo.

O IPCC reúne cientistas no âmbito mundial que revisam a literatura especializada no que tange aos resultados de estudos sobre o tema e, após criteriosa avaliação, os consolida a cada cinco anos em Relatórios de Avaliação – os *Assessment Report* ou AR. Esses textos são elaborados para subsidiar os trabalhos da Convenção-Quadro das Nações Unidas para Mudança do Clima (sigla em inglês UNFCCC) e apoiar as negociações para que se venha a estabilizar, em níveis seguros, a concentração dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera (Budescu *et al.*, 2009; IPCC, 2010; Barata, 2011).

Reconhece-se a gravidade da mudança do clima para a economia global (Stern, 2007) e, em especial, para a economia de países em desenvolvimento que têm dificuldades de responder adequadamente a eventos climáticos extremos e cuja população se encontra, em grande parte, exposta a riscos associados a tal processo de modificação ambiental (IPCC, 2012).

Os efeitos da mudança do clima e suas possíveis soluções são frequentemente debatidos nos meios de comunicação. Políticos e sociedade civil procuram soluções para este problema global de impacto local (Brekke Johansson-Stenman, 2008). Entretanto, a adoção e a manutenção de políticas e ações de mitigação de GEE têm sido insuficientes. Evidências empíricas mostram que a comunicação científica sobre os riscos da mudança do clima não tem sido suficientemente eficaz para ajudar na adoção dos acordos e estratégias necessários à redução do risco climático.

Após vinte anos, as negociações no âmbito da UNFCCC para a mitigação de emissões de GEE e a consequente redução do risco de mudança do clima, permanecem sem avanços em termos de alcançar resultados. Tais dificuldades podem ser explicadas, em parte, pelos seguintes fatos:

- i) é relativamente fácil para aqueles que não são cientistas, mesmo que em minoria, lançarem controvérsias em torno do tema, justificando o atraso e a inação por meio da ampliação das incertezas (Pidgeon e Fischhoff, 2011);
- ii) há confusão no entendimento dos resultados e incertezas informadas nos relatórios do IPCC (Budescu *et al.*, 2009; 2012); e,
- iii) há dificuldade em lidar com escolhas direcionadas para longo prazo, que embutem risco e incerteza (Brekke e Johansson-Stenman, 2008).

Não obstante, têm sido implantados acordos multilaterais e iniciativas independentes de mitigação de emissões por países. No campo das ciências econômicas, observa-se crescente interesse do segmento da economia comportamental para apoiar a melhoria da informação para a mitigação do risco climático (Brekke e Johansson-Stenman, 2008).

Este subcapítulo relaciona a percepção e a comunicação de risco e incerteza de mudanças climáticas. Trata-se de um tema relevante para o Brasil, onde se ampliam a identificação, a avaliação e a adoção de políticas e ações destinadas a mitigar os determinantes do aquecimento global de forma consistente com o desenvolvimento sustentável.

Observa-se a mobilização nacional e a articulação entre as diferentes esferas de governo – a federal, a estadual e a municipal –, a sociedade civil e os setores acadêmicos e empresariais em busca de iniciativas que possibilitem o avanço concreto em torno da Agenda do Clima no País. Destaca-se também, a nova moldura político-institucional adotada pelo Brasil para o enfrentamento das alterações climáticas, especialmente consubstanciada nos seguintes aspectos: a aprovação da Política Nacional de Mudanças Climáticas por meio da lei nº 12.187 – promulgada em 29 de dezembro de 2009 –, a adoção voluntária de metas de redução de GEE, o estabelecimento de novos instrumentos financeiros de gestão que apoiem ações de mitigação do efeito desses gases e o incentivo dado por órgãos de fomento à pesquisa acerca deste tema (La Rovere, 2009; BNDES, 2012).

2.1.1 RISCO E INCERTEZA

A distinção fundamental entre risco e incerteza foi introduzida pelo economista Frank Knight (1921 - 2002)¹, que apresenta o risco como sendo a probabilidade de se obter resultados que possam ser verificados por meio de teorias bem estabelecidas e se utiliza de informações confiáveis e completas. Por outro lado, a incerteza é aquilo que se refere a situações em que as informações podem estar fragmentadas ou não disponíveis (Halsnaes *et al.*, 2007).

O interessado em conhecer e gerenciar o risco entende que este é função da probabilidade de ocorrência de eventos e da respectiva magnitude do impacto (ISO, 2002).

A incerteza ocorre quando há desconhecimento da probabilidade ou da magnitude da consequência. E/ou ainda pouco entendimento em relação à confiabilidade da informação. Isto conduz ao desconhecimento do valor esperado das perdas ou ganhos, relacionados ao evento em análise e tem, em geral, como resultado, a inação para preveni-los ou adotá-los. Indivíduos em condições de incerteza não conhecem a probabilidade de ocorrência de determinados eventos e, por isso, não podem fazer escolhas racionais (Pope e Schweitzer, 2011). De forma geral, tal situação representa a ausência do conhecimento necessário – ou como tal, considerado – para a formação de um julgamento acertado acerca de algo (Palludeto e Ribeiro, 2011). A estruturação de modelos que considerem a opinião de especialistas contribui para a redução das incertezas e, em consequência, apoia a melhoria da percepção e da gestão do risco (Cooke, 2008).

A literatura científica relacionada ao tema das mudanças climáticas apresenta incertezas cujas características são, em geral, assim categorizadas: aleatoriedade, possibilidade, risco knightiano – ou incerteza profunda – estrutural e imprecisão – em inglês, fuzzyness (Halsnaes *et al.*, 2007). Cada um desses tipos está descrito no Quadro 2.1.

¹Referenciado no quarto relatório do IPCC (2007) do grupo de trabalho III – WIII – sob o título Mitigação à mudança do clima, à página 131. A obra original foi publicada em 1921 e republicada em 2002 pela Beard Books (Knight, F. H., 2002. Risk, uncertainty and profit. Washington, D.C.: Beard Books).

Quadro 2.1 Classes de risco e incertezas.

- **Aleatoriedade:** a incerteza pode ser apresentada numa fundamentada distribuição de probabilidade. Assim, por exemplo, assumindo que o clima não muda, o potencial suprimento de vento, sol e precipitação em uma área específica pode ser estatisticamente conhecido. Em casos de incerteza aleatória, a maximização da utilidade esperada é o modelo padrão para a tomada de decisão.
- **Possibilidade:** o grau de “não-implausibilidade” de um futuro pode ser definido rigorosamente usando a noção de exceções aceitáveis (Halsnaes *et al.*, 2007, apud De Finetti, 1937; e Shackle, 1949). Exemplificando, verifica-se que, a despeito da controvérsia científica sobre a atribuição de uma distribuição de probabilidade precisa do futuro distante para variáveis influenciadas por escolhas sociais como, por exemplo, a temperatura global em 2100, conclui-se que alguns resultados são menos possíveis de ocorrer que outros.
- **Knighian risk ou incerteza profunda:** estudo publicado por Knight em 1921 descreve situações em que a lista de possíveis resultados é conhecida, mas as probabilidades de ocorrência são imprecisas. A ausência de informações no momento em que as decisões devem ser tomadas implica incerteza quanto ao curso futuro dos eventos (Palludeto e Ribeiro, 2011). O relato de séries de resultados possíveis, mesmo que em situação de profunda incerteza, pode permitir que precauções sejam adotadas para prevenir o risco climático.
- **Incerteza estrutural:** é caracterizada pelo “desconhecimento do desconhecido”. Nas palavras de Palludeto e Ribeiro (2011), parte das informações está oculta por, simplesmente, não existir ainda; ou seja, a realidade manifesta a natureza *sui generis* da incerteza fundamental. Assim, não existe um modelo que inclua todas as variáveis e associações (conexões) possíveis de ocorrerem. A incerteza estrutural é atenuada quando resultados convergentes são obtidos através de modelos diferentes e métodos de análise, bem como de observação.
- **Fuzziness ou imprecisão:** descreve a natureza de variáveis e/ou resultados difusos.

Fonte: Adaptado de Halsnaes *et al.*, 2007

2.1.2 RISCOS E INCERTEZAS NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Cientistas do clima ainda se deparam com incertezas, mesmo sendo esta uma ciência conhecida e bastante investigada (Oppenheimer *et al.*, 2007). A complexidade do clima torna extremamente difícil se estabelecer qualquer projeção precisa da relação entre uma concentração específica de GEE e mudanças na temperatura global (IPCC 2007a; Trenberth, 2011). O sistema climático envolve interações entre várias partes em movimento, com incertezas aparecendo tanto na estruturação dos modelos climáticos, como na avaliação de seus parâmetros e conexões (NRC – *National Research Council* – 2010; Trenberth, 2011). O volume I do Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas aborda essas questões com mais detalhes. A Figura 2.1 representa abaixo, de modo sucinto, a cadeia de fatores que podem ser percebidos como fontes de incertezas à ciência do clima (Stern, 2007).

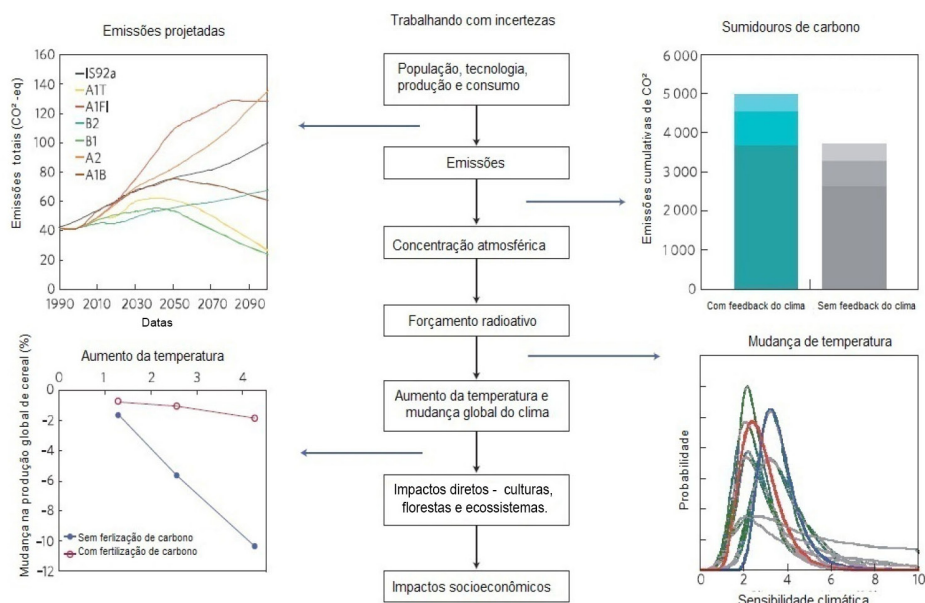


Figura 2.1 Incertezas sobre os impactos das mudanças climáticas.
Fonte: Adaptado de Stern, 2007

Margulis *et al.* (2011) identificara alguns dos fatores de incerteza incluídos na Figura 2.1, a saber:

- **Emissões de gases de efeito estufa:** projetadas em função de diferentes pressupostos socioeconômicos tais como, a evolução esperada do crescimento populacional, a inovação tecnológica e o padrão de produção e consumo ao longo do tempo. Há grande incerteza na projeção de cada um destes pressupostos a médio e longo prazos.
- **Concentração atmosférica e sumidouro de carbono:** a permanência de gases de efeito estufa na atmosfera depende da taxa em que os sumidouros de carbono, tais como os oceanos e a vegetação, absorvem o elemento da atmosfera, bem como dos respectivos e complexos mecanismos de retorno – feedback – a que estes processos estão submetidos.
- **Forçamento radiativo:** O forçamento radiativo é uma medida da influência de um fator externo na alteração do equilíbrio energético do sistema Terra–Atmosfera–Equilíbrio, dado pela energia que dele entra e sai. Essa medida é expressa em watts por metro quadrado $-W/m^2$ (IPCC, 2007a).
- **Modelos e sensibilidade climática:** os modelos climáticos pretendem replicar as relações causais físicas que definem, no longo prazo, as condições atmosféricas. Entretanto, eles ainda apresentam incertezas relacionadas à especificação, por exemplo, de seus parâmetros principais e da forma das funções que o compõem. Assim, o parâmetro da sensibilidade climática, aqui exibido na Figura 2.1, que relaciona o aumento da concentração dos gases de efeito estufa com a mudança da temperatura e determina resultados climáticos, ainda é representado com probabilidades variadas.

Margulis *et al.* (2011) apontaram também, para os riscos associados aos pouco conhecidos processos de descontinuidade, irreversibilidade e inércia no sistema climático. É o caso da anomalia climática que pode contribuir para a descontinuidade de atividades portuárias ou agrícolas em determinadas regiões ou causar dano irreversível a uma atividade econômica e/ou a um ecossistema, tal como a extinção permanente de uma espécie biológica ou a incapacidade de se reproduzir um tipo de cultura.

No sistema climático, inércia se refere tanto à inércia dos fenômenos quanto à de decisões no presente. A primeira está relacionada ao fato de que, mesmo que se conseguisse eliminar em curto prazo todas as emissões de GEE, subsistiria a inércia do efeito dos gases acumulados na atmosfera

e, portanto, ainda assim, estes provocariam aquecimento global. Já o efeito de inércia das decisões tomadas no presente é o que se configuraria mesmo se, em dado momento, todos os países optassem por emitir menos GEE. Isto porque a adoção imediata e eficaz das medidas necessárias para controlar as emissões seria impossível, demandando tempo e investimento tecnológico para surtir alterações nos processos produtivo, logístico e de oferta de serviços.

Pidgeon e Fischhof (2011) demonstraram que o sistema, por envolver fatores determinantes e impactos decorrentes de mudanças climáticas é complexo e, para quem não é cientista, pouco familiar. Intuitivamente, pode-se perceber que há uma relação não linear entre as emissões e a concentração de gases de efeito estufa, assim como entre a mudança de temperatura média global e os impactos regionais causados pela mesma. Há também, o entendimento de que transformações tecnológicas e de estilo de vida podem influenciar a possível anomalia climática futura além da resiliência ambiental e social (NRC, 2010).

Percebe-se, ainda, que os estudos da economia do clima precisam buscar respostas para lidar com todas as incertezas sobre os possíveis riscos ambientais, econômicos e sociais que a mudança climática pode apresentar a prazo longo nos âmbitos regional e local (Stern, 2007). Os estudos destinados a oferecer respostas têm sido intensificados, mas na medida em que se amplia o conhecimento sobre o tema, novas e maiores fontes de incerteza são identificadas a respeito. Mesmo assim, isso não invalida o uso de seus resultados para apoiar decisões (Trenberth, 2011).

O artigo 3 – Princípios – da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), firmada em 1992, dispõe que as partes – os países-membros – necessitam adotar medidas de precaução para antecipar, prevenir ou minimizar as causas de mudanças climáticas e seus efeitos adversos. As incertezas relativas a esses impactos não justificam o adiamento de soluções que visem mitigar as emissões de GEE (Halsnaes *et al.*, 2007).

O debate social e a inserção do tema nas agendas políticas e do setor produtivo (Brek e Johansson-Stenman, 2008) têm se ampliado. Entretanto, a decisão pela prevenção do risco e da incerteza climática não é trivial, principalmente em países como o Brasil, onde os eventuais investimentos em mitigação do efeito estufa de gases emitidos competem com aqueles em infraestrutura e serviços essenciais, tais como saúde e educação, indispensáveis ao desenvolvimento do País.

A identificação de alternativas que contribuam conjuntamente para reduzir as emissões de GEE e os determinantes da pobreza no País é relevante e desafiadora. Cientistas do setor de saúde têm identificado e avaliado alguns possíveis benefícios colaterais à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – ver Quadro 2.2 – para a qualidade de saúde humana e a segurança alimentar, provenientes da mitigação da mudança do clima (WHO, 2011; Haines *et al.*, 2006).

Quadro 2.2 Potencial benefício colateral para o setor de saúde decorrente da mitigação da mudança do clima.

O desenvolvimento econômico e social de um País está vinculado ao crescimento da renda nacional, associado ao bem-estar social equitativo de sua população, à redução dos riscos ambientais e à manutenção dos respectivos serviços ecossistêmicos. O bem-estar social não pode estar dissociado da qualidade da saúde humana da população.

A adoção imediata de políticas, programas e tecnologias de mitigação à mudança do clima podem contribuir, também, para a redução concomitante dos danos à saúde humana, caracterizando-se, assim, como benefício social (WHO, 2011).

No Brasil, alguns estudos realizados já mostram que a adoção de políticas de mitigação na redução dos GEE, mediante a implantação preventiva de programas de energias limpa e eficiente, resulta em benefícios colaterais para as populações urbanas. Evento realizado em São Paulo, anterior a um encontro dos prefeitos das grandes cidades – São Paulo C40 Large Cities Climate Summit, 2011 – resultou em publicação dos possíveis benefícios para a saúde humana de medidas que mitigam os efeitos da mudança do clima (Rede C40, 2011).

Pode-se citar três exemplos de políticas de baixo carbono para a cidade de São Paulo em vários setores. A saber:

- Transporte público: A diminuição do tempo de deslocamento através do sistema metroviário, em 2010, permitiu um ganho de mais de 575 milhões de horas e a redução de treze mil acidentes de trânsito, com economia de R\$ 138 milhões nos gastos com saúde pública (Metrô de São Paulo, 2010);
- Saneamento: um estudo estimou que, se a mesma cobertura da coleta de esgotos das dez maiores cidades fosse estendida para o conjunto das 81 cidades brasileiras com população acima de 300 mil habitantes, haveria uma redução de aproximadamente metade das internações hospitalares por diarreia e uma economia da ordem de R\$ 11 milhões em custos de internação (Kronenberger e Junior, 2010); e,
- Energia: estudo realizado na cidade de São Paulo estimou que a troca do combustível – diesel para etanol – nos ônibus do transporte público municipal possibilitaria redução de internações hospitalares – à razão de 8.002 casos por ano – e da mortalidade – 130 casos por ano (Saldiva, 2010).

A intensificação de eventos climáticos, com seus consequentes impactos sociais e econômicos ocorridos ao longo desta década, evidencia a necessidade de, a despeito das incertezas, agir-se preventivamente a fim de evitar os riscos associados à mudança do clima.

Portanto, os benefícios da prevenção podem viabilizar a manutenção do bem estar social e a sustentabilidade do sistema econômico do País, trazendo segurança, não só para a população, mas também para as organizações dos diferentes segmentos.

2.1.3 PERCEPÇÃO E COMUNICAÇÃO DO RISCO E DA INCERTEZA NA MUDANÇA DO CLIMA

Todo indivíduo, sociedade ou organização se expõe a uma variedade de riscos. Na escala dos riscos enfrentados pelas organizações há, na realidade, quatro respostas possíveis, conforme estudos realizados pelo Programa de Iniciativas Financeiras das Nações Unidas para o Ambiente (UNEPFI): evitá-lo, mitigá-lo, retê-lo ou transferi-lo.

No gerenciamento desses riscos, as primeiras duas respostas – evitar a ameaça e mitigar seu efeito – podem ser categorizadas como ações de controle, assim como as duas últimas – as de reter e transferir – remetem a financiamento (Andrade e Lacerda, 2009). Assim, conforme sustenta a organização citada, nem todos os riscos empresariais podem ser transferidos. Já quanto àqueles que dizem respeito à saúde humana ou ambiental, não se pode fazer mais do que evitar ou mitigar

(Andrade e Lacerda, 2009).

○ conhecimento e a comunicação dos riscos e incertezas climáticos são relevantes para o desenho de mecanismos eficientes que evitem a mudança do clima. Mas, como apresentado no item 2.1.2 deste subcapítulo, se trata de um campo do conhecimento em que ainda há grandes incertezas. É necessário lidar com o desafio de avaliá-las e comunicá-las assim como aos riscos econômicos e políticos, relacionados às mudanças climáticas e à eficácia das ações propostas para mitigá-las.

○ estudo de Stern (2007) realçou as dificuldades com a avaliação e a comunicação dos perigos incertos da mudança do clima (Stern, 2007; Haurie *et al.*, 2011). Políticos e empresários, mesmo em condições de incerteza, procuram tomar decisões valendo-se de informações claras e objetivas, bem como da consistência da comunicação e das evidências do fato incerto apresentado (Budescu, 2009; Pidgeon e Fischhoff, 2011). Assim, lidar com a comunicação do risco e da incerteza, de modo efetivo, é um objetivo importante para a avaliação e a definição de políticas ambientais de longo prazo (Halsnaes *et al.*, 2007).

A “ciência” se esforça para obter informações empíricas com o objetivo de testar a teoria e os modelos. Mas, ao mesmo tempo “a ciência para a política” deve ser reconhecida como diferente da “ciência” em si, já que a ciência para a política implica ser sensível às necessidades dos formuladores de políticas, dadas as informações disponíveis no momento, mesmo que essas decisões envolvam um considerável grau de subjetividade (Moss e Schneider, 2000).

Pidgeon e Fischhoff (2011) ressaltaram que cientistas do clima ainda encontram dificuldade na comunicação de perigos e incertezas climáticos que induzam à mudança de atitude da sociedade. Os primeiros relatórios do IPCC procuraram não falar em incertezas, enquanto o quarto recomendou que elas fossem apresentadas em termos qualitativos para indicar os seus intervalos. Entretanto, a informação apresentada qualitativamente é pouco clara para todo os usuários dos documentos do IPCC (Budescu *et al.*, 2009; 2012).

Os pesquisadores das ciências sociais e comportamentais identificaram lições relevantes para a comunicação no âmbito da ciência do clima. Dentre elas, destacam-se as descritas a seguir:

- ○ risco pode ser definido de diferentes formas por especialistas e não especialistas, dependendo de como eles aquilatam os resultados em jogo (Pidgeon e Fischhoff, 2011). Caso a informação não esteja adequadamente direcionada ao seu usuário, pode ser desconsiderada.
- ○ entendimento do risco requer mais que o mero conhecimento de suas estimativas. As pessoas precisam elaborar modelos mentais ou representações cognitivas do processo gerador e de controle do risco que conduzem às incertezas (Pidgeon e Fischhoff, 2011). Exemplificando: um estudo realizado entre habitantes do município de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul, mostrou que há maior percepção por parte da população rural sobre os fatores determinantes da variação do clima do que da urbana. Em consequência, a primeira é muito mais consciente do tema (Sartori, 2007).
- A emoção é parte integrante da percepção e do comportamento humano e social. Ela pode ser essencial para a avaliação da informação e o estabelecimento de decisões adequadas (Pidgeon e Fischhoff, 2011).
- ○ processo social pode atenuar ou amplificar o risco. Isto é, o conhecimento do risco por partes interessadas pode contribuir para o adequado entendimento e/ou para que haja progressos no seu controle e apoio social para evitá-lo, independente das incertezas envolvidas (Pidgeon e Fischhoff, 2011).
- A inação pode não estar relacionada apenas à falta de informação sobre o ecossistema global, mas pode ser influenciada por aspectos sociais, psicológicos e estratégicos na tomada de decisão (Halsnaes *et al.*, 2007).

Os desafios enfrentados por cientistas do clima para informar ao público não especializado acerca do fenômeno assemelham-se aos inerentes a qualquer comunicado técnico, acrescidos das incertezas. Budescu *et al.* (2009) recomendaram que os relatórios do IPCC sejam comunicados de modo a atender ao seu objetivo: contribuir para que os assim chamados tomadores de decisão tenham as mais precisas informações possíveis. Para tanto, esse autor propõe que:

- haja distinção entre as ambiguidades do conhecimento e as de eventos esperados, mesmo que acompanhados de incertezas; bem como,
- que sejam informados os diferentes tipos, a natureza e a magnitude de incerteza implícitos nos eventos esperados; e,
- que a informação qualitativa seja acompanhada de informação quantitativa, sempre que possível.

Assim, os relatórios devem usar as linguagens, verbal e numérica para comunicar a incerteza e ajustar a amplitude dos intervalos entre os números, a fim de que esta última coincida com aquela subjacente ao evento informado ou com a meta proposta.

2.1.4 PREFERÊNCIAS SOCIAIS E COMPORTAMENTO DE INDIVÍDUOS E NAÇÕES

O clima é um exemplo típico de bem público², sobre o qual a mitigação do efeito estufa das emissões de gases será percebida por todos os indivíduos ou nações, independentemente de eles terem ou não contribuído para o aquecimento global. Isso favorece o comportamento denominado por Mancur Olson (1999, apud Fonseca e Bursztyn, 2007) de *free-rider* ou caroneiro.

O free-rider é aquele que desfruta do bem coletivo sem que tenha pago custo algum por sua obtenção. Seja porque a relação custo/benefício desestimula o ator a agir em prol de seus interesses ou por ser impossível excluir o ator que não contribui com a ação do grupo dos beneficiários (Fonseca e Bursztyn, 2007, p.179).

Esta característica do clima explica em parte porque nações e agentes produtivos permanecem emitindo GEE e realizando investimentos – que se apresentam com melhor relação de custo-oportunidade no presente –, esperando que outros agentes ou nações tomem a iniciativa de mitigar o efeito estufa das emissões de gases (Stern, 2007). Neste contexto, iniciativas para que sejam estabelecidos acordos globais ainda não conseguiram apresentar os resultados necessários para a redução do risco climático.

Observa-se, atualmente, uma tendência a acordos multilaterais em prol da prevenção da mudança do clima (Brekke e Johansson-Stenman, 2008; Helm, 2008). As cooperações para alcance de objetivos são mais eficazes quando realizadas por meio de interações intergrupais. Elas contribuem para que haja motivação e se evite o sentimento de culpa em relação à tomada de decisão que tenha reflexos sobre o bem-estar de terceiros, bem como ao exercício de controle e pressão social quanto ao atendimento de normas e/ou regulamentos (Gong *et al.*, 2009).

O estudo coordenado por Stern (2007) concluiu que ações imediatas para a estabilidade das emissões de GEE devem ser adotadas, pois o benefício de se mitigar a mudança do clima superaria seu custo. Esses resultados visam contribuir para a orientação de tomadores de decisão sobre o custo-benefício da política para a mitigação dos efeitos da mudança do clima (Weitzman, 2007).

Em face das múltiplas dimensões do risco e da incerteza no âmbito da mudança climática, sua governança deve ser estabelecida com base em três pilares: precaução, prevenção e gestão do risco (Halsnaes *et al.*, 2007).

²Bem público é aquele cujo consumo não é rival nem excludente, isto é, além do seu consumo por um agente econômico não inviabilizar que outro também o consuma, não se pode evitar que outro agente o faça.

O resultado do estudo de Stern (2007) derivou, em parte, de duas premissas relevantes adotadas: a taxa de desconto aplicada e o argumento de que é relevante evitar o risco quando há grande incerteza sobre os impactos esperados (Stern, 2007). Baixa, a primeira embutiu prêmio de risco pelos custos associados aos possíveis impactos mais relevantes decorrentes da mudança climática (Margulis *et al.*, 2011).

Assim, independente dos resultados apresentados, o estudo coordenado por Stern (2007) contribuiu para apresentar, no âmbito dos tomadores de decisão, a relevância dos impactos econômicos da mudança do clima (Weitzman, 2007), além de realçar as incertezas subjacentes ao conhecimento dos riscos e do comportamento econômico futuro frente ao fenômeno (Nordhaus, 2007; Weitzman, 2007).

Usuais entre cientistas, os questionamentos em torno das incertezas da mudança do clima podem ser, no entanto, mal interpretados pela comunidade em geral (Pidgeon e Fischhoff, 2011) e dificultar negociações entre nações.

A economia comportamental enfatiza a noção de que as pessoas têm limitações cognitivas e buscam aprovação social em suas decisões, de modo que, muitas vezes, adotam posturas irracionais. Entender como pessoas e nações fazem suas escolhas sob a incerteza e o risco, ao longo do tempo, é crucial. Na literatura científica – como em Brekke e Johanson-Stenman (2008) sobre o uso da teoria dos jogos nas negociações transnacionais em prol da redução da poluição –, observa-se que estas são realizadas inúmeras vezes, tendo-se em conta que as partes envolvidas:

- i) são assimétricas – ou seja, os países exibem diferentes níveis de desenvolvimento, econômico e cultural – e, muitas vezes, interagem estrategicamente entre si; além de
- ii) estarem sujeitas a mudanças de orientações, ao longo do tempo, em virtude de alternância de governo ou ocorrência de eventos marcantes – como aliás, se deu no acidente nuclear em Fukushima, no Japão, acarretando a revisão do programa alemão para esse tipo de energia. Assim, a otimização simultânea dos resultados alcançados não é um processo simples e pode desencadear conflito entre partes. O consenso entre estudiosos do tema é o de que nas negociações, os países – ou unidades – levarão em conta aquilo que beneficia a si próprios, de modo similar àquele com o qual se estuda na microeconomia convencional, tópicos como comportamento e tomada de decisão individual.

As preferências sociais também são pautadas na decisão entre benefícios sociais futuros e presentes. A taxa de desconto usada no modelo econômico para mostrar a relação entre custo e benefício de se mitigar, no presente, as emissões de GEE em contrapartida a se postergar tal ação (Stern, 2007), foi avaliada e questionada (Nordhaus, 2007; Weitzman, 2009). Isto trouxe à tona o questionamento, ainda atual, que dificulta acordos, relativo à preferência social por se atuar no presente para amenizar riscos futuros, deixando de fazer outros investimentos ou, ainda, a possibilidade de se trilhar justamente o caminho oposto. Este é um debate ainda inconcluso e que realça a necessidade de se mostrar com clareza à sociedade, parâmetros, premissas e avaliações que estão sendo consideradas por cada estudo que é divulgado.

Há necessidade de se apresentar a incerteza futura de modo claro, acompanhada das análises técnicas, de modo a evitar que as decisões sejam adotadas de modo simplista (Krupnick *et al.*, 2000).

2.1.5 MODELANDO AS INCERTEZAS

A ampliação de estudos que contribuem para a análise econômica das mudanças climáticas apoia a comunicação entre cientistas e formuladores de políticas públicas.

Observa-se progresso no refinamento dos modelos integrados de avaliação – em inglês,

conhecidos pela sigla IAM – que integram as variáveis relevantes e possíveis de serem usadas – energia, ambiente e economia –, de modo a permitir analisar as múltiplas dimensões e incertezas da mudança do clima (NRC, 2010). Esses modelos contribuem para o planejamento de políticas, estudos e ações setoriais adequadas à mitigação de emissão de GEE.

A avaliação de estudos recentes de modelagem das incertezas na economia do clima, usando os IAM, concluiu que alguns fatores são prioritários para a pesquisa. A saber: o entendimento dos desenhos tecnológicos das opções de mitigação e as perspectivas e oportunidades para implementação e melhoria; bem como a, incorporação das incertezas nos modelos de clima a fim de melhorar a percepção para se lidar com questões não resolvidas enquanto partilha de encargos, segurança energética e instrumento eficaz de política climática (Haurie *et al.*, 2011).

A ampliação do diálogo e da colaboração entre os cientistas do clima e os dedicados às ciências sociais pode permitir o aprimoramento da modelagem e a compreensão da incerteza neste campo (Haurie *et al.*, 2011). Uma equipe interdisciplinar de pesquisadores das principais instituições científicas brasileiras iniciou, em 2007, a partir de proposta apresentada pela Embaixada da Grã Bretanha no Brasil, um estudo intitulado Economia da Mudança do Clima no Brasil (Margulis *et al.*, 2011). Nele, os modelos computacionais que produzem projeções sobre o comportamento futuro do clima no território nacional – fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – alimentaram outros, que simularam para algumas áreas estratégicas da economia do País, os impactos econômicos esperados em cada setor, considerando-se duas trajetórias de emissões futuras desenvolvidas pelo IPCC em 2000.

A despeito das incertezas envolvidas nesta modelagem, este estudo contribuiu para o aprimoramento de políticas públicas associadas à mitigação de emissão de GEE. Seus resultados mostram que as duas regiões de menor produto interno bruto (PIB) do Brasil – Norte e Nordeste –, seriam as mais afetadas pela mudança do clima. Este estudo contribuiu também, para a ampliação da massa crítica e da pesquisa sobre o tema, permitindo se observar com maior clareza os instrumentos capazes de reduzir as incertezas e aprimorar os modelos de economia do clima no País.

Percebe-se também, no Brasil, o crescimento do diálogo e da colaboração entre cientistas do clima e sociais para a construção de modelos integrados de avaliação do risco climático, o que tem contribuído para reduzir as incertezas relativas às mudanças climáticas e, assim, melhorar sua governança no País.

2.2 DESENVOLVIMENTO E EQUIDADE: DESAFIOS DAS POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO

2.2.1 ÉTICA, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E EQUIDADE

O conceito de equidade no âmbito do tema de mudanças do clima apresenta características específicas e envolve aspectos presentes e atinentes a várias gerações. Há referências à equidade nos documentos da UNFCCC e do IPCC. O artigo 3 da referida convenção, por exemplo, refere-se ao tema de modo bastante subjetivo, indicando que:

(...) as Partes devem proteger o sistema climático em benefício das gerações presentes e futuras da humanidade com base na equidade e em conformidade com suas responsabilidades comuns, mas diferenciadas, e respectivas capacidades. Em decorrência, as Partes Países Desenvolvidos devem tomar a iniciativa no combate à mudança do clima e a seus efeitos.

Há um enorme esforço em definir de forma mais concreta o conceito de equidade no debate. Esse esforço tem o papel de tentar amenizar as dificuldades de enfrentamento das consequências das resoluções da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, conhecida

como Convenção do Clima³, em termos do que se pode considerar razoavelmente justo (UNFCCC, 1992; Munasinghe e Swart, 1999).

Diversas abordagens sobre equidade surgiram nesse debate, criando muitos indicadores para o conceito. Responsabilidades presentes ou passadas quanto aos problemas do clima, disposição a pagar danos causados pelas mudanças climáticas, igualdade de emissão per capita de gases para a atmosfera, áreas dos territórios nacionais, além de critérios *ad hoc*, são alguns exemplos. Eles expressam a diversidade de abordagens relacionadas ao conceito de equidade, geralmente baseadas em argumentos que buscam respaldo em algum preceito do domínio da Ética.

Existe ceticismo quanto ao interesse na aplicação de áreas do conhecimento como Ética e Moral. Evocações públicas de princípios morais estão frequentemente legitimando políticas cujas decisões foram tomadas em diferentes bases (Engel, 1990).

Entretanto, é possível apontar algumas razões de ordem prática que explicam um recente novo interesse, por parte de pessoas de todas as áreas de reflexão, quanto a ambos os aspectos. Uma delas é a ênfase dada à necessidade de tomada de consciência sobre a importância do papel daquilo que se tem mencionado como valores e do conceito de cultura nas atividades humanas.

Outra razão estaria no papel que a Ética teria em esclarecer conceitos vagos, tais como democracia, equidade e respeito à natureza. Essa disciplina do conhecimento, conforme aqui entendida, pode ajudar na compreensão não do que é certo e errado, mas daquilo que estrutura os diversos comportamentos.

Da mesma forma, o conceito de desenvolvimento sustentável envolve aspectos controversos e subjetivos. Se a noção de sustentabilidade há até pouco tempo era quase que universalmente considerada como algo positivo (Jamieson e Luce, 1999), atualmente ela provoca tensões associadas à sua compreensão que põem em dúvida o próprio termo.

Uma das principais críticas a esse conceito se refere à amplitude da definição de sua ideia central, sem clareza e objetividade para delimitar que necessidades são aquelas descritas originalmente no relatório Brundtland – Nosso Futuro Comum (1987) –, ou ainda, qual o modo pelo qual a própria sustentabilidade seria alcançada (Castro, 2004; Redclift, 2006).

Assim, tal conceito nos remete à manutenção da existência, assim como ao passado, ao presente e ao futuro (Redclift, 1987; Daly, 1995), mas pode ser utilizado sob muitas perspectivas e para ações diversificadas, eventualmente excludentes, insustentáveis e inócuas à medida que, de fato, não desafiam o status quo (Lélé, 1991; Redclift, 2006).

Tal como a UNFCCC, o IPCC também tem dedicado atenção aos conceitos de desenvolvimento sustentável e equidade desde seu primeiro relatório, elaborado em 1990. Nos documentos preparatórios do Grupo III (WT3) para o IPCC/*Fifth Assessment Report 5*, ficou evidente o tratamento necessariamente imbricado entre os dois conceitos, principalmente no que diz respeito às análises de médio e longo prazos, inerentes ao assunto das mudanças climáticas (IPCC, 2012).

Até a edição do IPCC/*Fourth Assessment Report* (IPCC-AR4, 2007a, b e c), foram utilizados os seis cenários representativos de emissão de gases de efeito estufa do SRES – o *Special Report Emission Scenarios* –, desenvolvidos pelos grupos de trabalho I e II do Painel. Eles revelaram resultados de longo prazo para concentração desses gases na atmosfera, forçante radiativa, aumento da temperatura na Terra e elevação do nível do mar. Já as próprias emissões de GEE, nos moldes em que foram consideradas nos SRES, baseavam-se em três indicadores: população, PIB e tecnologia.

³Mais precisamente, as resoluções do Protocolo de Quioto, de 1997.

No estágio atual, os grupos I, II e III do IPCC estão discutindo novos modelos de cenários com base em trajetórias para forçante radiativa que foram batizados de RCP – sigla, em inglês, para o título *Representative Concentration Pathways*. Entretanto, os SRES continuam a ser utilizados pelo IPCC, uma vez que alguns de seus cenários são perfeitamente iguais ao comportamento das curvas dos novos modelos, como representado na Figura 2.2.

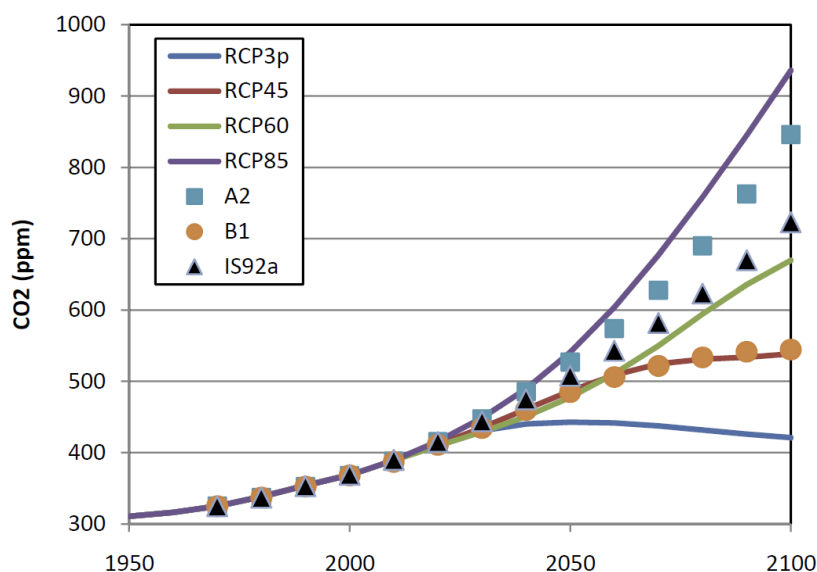


Figura 2.2 Concentração histórica e projetada de CO₂ em partes por milhão.

OBS.: Comparação entre cenários: RCPs e alguns dos cenários [IS92a, A2 e B1] utilizados pelo IPCC em relatórios anteriores.

Fonte: Prather, M., 2011

A análise das projeções desses três indicadores – PIB, população e tecnologia – continua a ser utilizada para a avaliação do desenvolvimento das emissões de GEE ao longo do tempo. Convém, portanto, discuti-los à luz de um novo olhar – o da sustentabilidade global evocada pela questão climática.

O Sistema de Contas Nacionais (SCN), utilizado pela Organização das Nações Unidas (ONU) e outras instituições multilaterais para comparar medidas agregadas da atividade econômica dos países é centrado no conceito de fronteira de produção. Ele não contabiliza perdas de capital natural enquanto atividade produtiva. Surgiram algumas propostas para se modificar tais critérios de cálculo e considerar a variável ambiental como sendo um deles.

O escritório de estatísticas da própria Nações Unidas – o *United Nations Statistics Office* –, propôs o Sistema Integrado de Contas Econômicas e Ambientais (SICEA), cuja matriz de contas nacionais incluiria as contas ambientais. Essa matriz, conhecida em inglês pela sigla NAMEA, foi criada pelo *Centraal Bureau voor de Statistiek* – o instituto de estatísticas holandês – em trabalho piloto de 1993 e, posteriormente, adotada pelo Eurostat, o escritório estatístico da União Europeia (Silva, 2003; Young, 2003).

Portanto, todos esses institutos de pesquisa e estatística propõem, desde a década de 1990, a contabilização das perdas de capital natural nas contas nacionais, considerando-as não mais como fatores externos – ou, no jargão do ramo, como externalidades –, mas sim, como ativos econômicos. Para a contabilização ambiental em contas econômicas nacionais, o primeiro passo é a elaboração de inventários em unidades físicas, o que viabiliza a posterior valoração econômica da degradação dos recursos ambientais.

No Brasil, diversas publicações recentes abordaram o tema do desenvolvimento sustentável

e da equidade social, econômica e ambiental, tais como Mudança do Clima no Brasil (Seroa da Motta *et al.*, 2011), Economia da Mudança do Clima no Brasil (Margulis *et al.*, 2010) e Mudanças Climáticas, Pobreza e Desigualdades (COEP, 2011).

Cabe destacar na primeira dessas publicações, a discussão crítica sobre a qualidade de vida e o aumento de emissões de GEE (Morello *et al.*, 2011). Esses autores mostraram que, em alguns casos, a melhoria do padrão de consumo pode reduzir o lançamento desses gases à atmosfera, o que é exemplificado ao se trocar a lenha usada em domicílios de populações pobres. Como combustível não renovável, a substituição desse recurso natural por alternativa energética passível de renovação acarretaria um menor volume emissor de CO₂ por conta da implícita redução do desmatamento de áreas virgens, podendo assim, resultar em progressos locais em termos de saúde e meio ambiente.

Esse mesmo livro abordou a questão da justiça climática sob a perspectiva de desigualdade e vulnerabilidade sociais para a adaptação a impactos provocados pela mudança do clima. Populações atingidas por desastres recentes – que podem futuramente vir a ser relacionados a eventos estudados como causadores de mudanças globais do clima – estiveram entre os temas em discussão (Milanez e Fonseca, 2011).

Já os objetivos do texto Economia da Mudança do Clima no Brasil (Margulis *et al.*, 2010) foram os de apresentar oportunidades de mitigação no Brasil e calcular seus respectivos custos. Pretendeu-se, também, comparar estes últimos, quando relativos à prevenção de mudanças climáticas, com os resultantes da inação no presente.

Por sua vez, o estudo publicado pelo Comitê de Entidades no Combate à Fome e pela Vida (COEP) em 2001 – Mudanças Climáticas, Pobreza e Desigualdades – investigou a vulnerabilidade das populações mais pobres frente às mudanças climáticas, o acirramento das desigualdades sociais, a mobilização popular junto a instituições de ensino, empresas, comunidades e redes sociais, além da construção de habilidades para se lidar com os efeitos das modificações do clima.

2.2.2 ASPECTOS DETERMINANTES, INDICADORES DE DIREÇÃO E RESPECTIVAS BARREIRAS

2.2.2.1 CONCEITOS E LINHAS TEÓRICAS ENVOLVENDO EQUIDADE

A origem da palavra equidade remete a Aristóteles – séc. V a.C. – e tem assumido, ao longo dos anos, diferentes significados. Tal conceito foi utilizado nos acordos internacionais relativos a mudanças climáticas, mais precisamente no seu sentido de equidade entre gerações, presente e futuras, conforme se lê, por exemplo, no Protocolo de Quioto.

Neste capítulo, equidade é conceito que deve ser entendido sob três aspectos: espacial, temporal e social. O primeiro – também conhecido como intergeracional – envolve a escolha de uma taxa de desconto apropriada para se calcular os impactos das mudanças climáticas nas gerações futuras.

É, porém, problemática, uma vez que a incorporação dos valores ambientais presentes já tem se mostrado bastante complexa em termos econômicos e tende a se tornar ainda mais difícil quando se trata de quantificar impactos sociais futuros.

Quanto à equidade no presente, alguns autores (Munasinghe e Swart, 1999) priorizaram a maior vulnerabilidade da população pobre do planeta às mudanças climáticas. Assim, a pobreza deveria ser analisada não apenas em termos de necessidades básicas ou nível de renda, mas também, da capacidade dos pobres participarem dos discursos sociais que envolvem sua própria vida.

Para Sen (1999a), o desenvolvimento deve ser visto como um processo de expansão das liberdades substantivas das pessoas. Como meta principal a ser atingida, o autor preconizou a capacidade humana de levar uma vida mais livre e digna de ser vivida.

Mas, como o conceito de liberdade é complexo por demais e, nele, se poderia enquadrar a liberdade individualista, cabe assinalar que, entre três dos argumentos éticos bastante usados na defesa de decisões – os de igualdade de renda, utilitarismo clássico concentrado na medida do prazer e da felicidade e qualidade de vida –, Sen defendeu o terceiro. Isto porque, privilegiar uma medida tomada com base em uma análise de qualidade de vida leva os benefícios de uma liberdade mais ampla até um número maior de pessoas.

Ao discorrer sobre os fundamentos éticos da economia do bem-estar, Sen (1999b) criticou a hipótese de que o comportamento humano possa ser previsto com base na maximização do interesse próprio.

A equidade, portanto, não é um conceito acabado e, sim, a ser construído em cada contexto. No âmbito das mudanças climáticas, ele provoca debates calorosos. Tem se apresentado completamente vulnerável em função da ausência de clareza acerca da responsabilidade pelo dano – a equidade no que tange a emissões de GEE – e em sanar seus efeitos – a equidade quanto à capacidade de enfrentar os impactos.

Alguns pensadores (Perelman, 1999) qualificaram o termo como muleta usada pela Justiça, ou melhor, como uma adaptação da Justiça quando esta se manifesta de modo injusto diante de certos casos. Apela-se para a equidade em tais situações, quando não se tem instrumentos de Direito bem definidos para se avaliar determinado caso. Conforme Kant (1984), a equidade não se presta à reivindicação jurídica e, sim, ao tribunal da consciência.

Nicola Abbagnano (1960), p. 321, escreveu sobre o assunto, conforme o transcrito abaixo:

(...) o apelo à justiça enquanto voltado à correção da lei em que se exprime a justiça. Esse é o conceito clássico de equidade tal qual foi esclarecido por Aristóteles e reconhecido pelos juristas romanos. Diz Aristóteles: 'A própria natureza da equidade é a retificação da lei onde esta se revela insuficiente pelo seu caráter universal'. A lei tem necessariamente caráter geral; por isso, revela-se, às vezes, de aplicação imperfeita ou difícil em casos particulares. Nesses casos, a equidade intervém para julgar, não na base da lei, mas na base daquela justiça que a mesma lei deve realizar. Portanto, nota Aristóteles, o justo e o equitativo são a mesma coisa; o equitativo é superior, não ao justo em si, mas ao justo formulado em uma lei que, em virtude da sua universalidade, está sujeita ao erro. Fundamentando-se em um conceito análogo, Kant (1984), conforme dito acima, considerava todavia, que a equidade não se prestasse a uma autêntica reivindicação jurídica e que, portanto, coubesse não aos tribunais, mas ao tribunal da consciência (Abbagnano, 1960, p. 321).

Perelman é um autor que vem desenvolvendo discussões sobre teoria da argumentação em Direito. Ele pesquisou a justiça formal como o princípio de ação segundo o qual os seres de uma mesma categoria essencial devem ser tratados da mesma forma. Isso suporia uma classificação – ou uma ordenação dos seres – de acordo com a característica essencial que lhes serve de base. Como exemplo, utilizou o universo do discurso formado por todos os chefes de família de uma cidade – os que têm e os que não têm profissão –, formando duas categorias essenciais. Entretanto, mostrou o especialista que, infelizmente, a realidade é muito mais complicada e o nosso sentimento de justiça leva em conta, simultaneamente, várias categorias essenciais, nem sempre concordantes entre si.

Segundo Perelman:

(...) quando aparecem as antinomias da justiça e quando a aplicação da justiça nos força a transgredir a justiça formal, recorremos à equidade. Esta é complemento indispensável da justiça formal, todas as vezes que a aplicação desta se mostra impossível. Consiste ela, numa tendência a não tratar de forma por demais desigual os seres que fazem parte de uma mesma categoria essencial (1999, pp.36-37).

Contrariamente à justiça formal, cujas exigências são bem precisas, a equidade consistiria apenas numa tendência oposta a todo formalismo, ao qual ela deve ser complementar. Intervém sempre que dois formalismos entram em choque: para desempenhar seu papel de equidade, ela própria só pode ser, pois, informal.

A vida social apresentaria uma contínua oscilação entre a justiça e a equidade. Recorre-se a esta última, todas as vezes que, na elaboração de uma lei ou de uma regulamentação, não se teve a menor consideração por certas características essenciais, às quais importantes camadas da população – a chamada opinião pública – atribuem relevância.

Vê-se, imediatamente, que o apelo à equidade, condicionado pela introdução de novas categorias essenciais, será mais frequente nas épocas de transição, em que certa escala de valores está sendo substituída por outra. Seria mais comum o apelo à equidade nas épocas de conturbações econômica e monetária, nas quais as condições que existiram no momento da fixação das regras se modificaram a ponto de se perceber diferença grande demais entre aquelas anteriormente adotadas e as que se admitiria no presente. Em tal eventualidade, o conflito não se dá entre fórmulas diferentes de justiça, mas entre as normas que delas se deduz hoje e aquelas que teriam sido deduzidas anteriormente, em vista de um estado de coisas profundamente modificado.

Em relação às mudanças climáticas, não havia na justiça internacional formal nenhuma regra capaz de dar conta dessa questão global. O resultado foi um acordo assinado pela UNFCCC em 1992 baseado na equidade: responsabilidades comuns, porém diferenciadas, por falta de conceito mais apropriado para o tema. Sua complexidade tem merecido novos aportes conceituais.

Para concluir, apela-se ao conceito de equidade, toda vez que a aplicação simultânea de mais de uma fórmula da justiça concreta – ou a aplicação da mesma fórmula em circunstâncias diferentes – conduz à inconformidade com exigências da justiça formal. Para que se possa dispensar a equidade, é fundamental aplicar uma única fórmula da justiça concreta, sem que se deva levar em conta mudanças que alterações imprevistas da situação são capazes de determinar. Isto só é possível, se nossa concepção de justiça for muito estreita ou se a fórmula utilizada for suficientemente complexa para levar em conta todas as características consideradas essenciais.

Alguns comentários podem ser feitos sobre a relação entre ética e justiça no trabalho de Perelman (1999). De acordo com Estrada-Oyuela (2000), o estudo do primeiro usou o conceito de equidade como forma de evitar o de igualdade. O argumento aí é o de que os princípios de igualdade formulados em 1972, na Declaração do Meio Ambiente Humano – concebida e adotada em Estocolmo, na Suécia e cujo princípio 1 se referia à igualdade entre os seres humanos –, foram substituídos pelo conceito de equidade. Essa substituição se deu 20 anos mais tarde, durante a realização no Brasil da II Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano – a Rio 92, cujo princípio 3 se referiu à equidade entre gerações presentes e futuras –, e também, na mesma ocasião, pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – UNFCCC. Dessa forma, a crítica desse autor concluiu que equidade tem diferentes significados em diferentes contextos, enquanto que igualdade teria apenas um.

A título de exemplo, cita Estrada-Oyuela (2000) que o que teria levado o grupo III do IPCC-AR3 a utilizar o princípio de equidade em lugar de igualdade, teria sido a dificuldade em se lidar com os múltiplos interesses específicos que envolvem a questão. Interesses já então fortes

o suficiente para serem acomodados sob a ótica da equidade, mas sem qualquer perspectiva de progresso sob aquela da equidade.

Diversas considerações sobre equidade podem ser ressaltadas no debate do clima mundial. De início, ela emerge como um princípio segundo o qual o sistema climático deve ser protegido em benefício das gerações humanas presente e futuras, em conformidade com suas responsabilidades comuns e capacidades diferenciadas.

Por sua vez, é através do princípio de responsabilidades comuns, porém diferenciadas que os países mais desenvolvidos, considerando-se suas responsabilidades históricas e seus respectivos passivos ambientais, devem adotar iniciativas em prol da conservação, proteção e restauração da saúde e da integridade dos ecossistemas no combate à mudança do clima e a seus efeitos negativos, ao levarem em conta as necessidades específicas e as circunstâncias especiais das nações menos desenvolvidas.

Segundo Rose (1992), os critérios de equidade associados a bases de referência sobre as quais ocorrem as negociações são:⁴

- **Equidade horizontal:** a alocação dos direitos de emissão de forma a igualar o resultado final contabilizado das mudanças líquidas de bem estar, resultando em uma razão constante entre o custo líquido de redução das emissões e o PIB de cada país.
- **Equidade vertical:** a distribuição progressiva dos direitos de emissão, correlacionada de maneira inversa ao PIB per capita.
- **Soberania:** a alocação de direitos de emissão proporcionalmente às emissões.
- **Justiça de mercado:** o leilão dos direitos de emissão a quem pagar mais.
- **Consenso:** distribuição dos direitos de emissão de forma que nenhum país sofra perda líquida de bem-estar.
- **Maximin de John Rawls:** distribuição de uma parcela maior dos direitos de emissão aos países mais pobres.
- **Igualitária:** alocação de direitos de emissão proporcionalmente à população.

Nos critérios de equidade apontados por Rose, percebe-se a diferenciação entre os conceitos de equidade, sempre baseada em princípios econômicos. É a análise de um leque de opções preexistentes. Para cada uma delas, existem cálculos associados quantificando as responsabilidades de cada nação, fundamentais para os acordos sobre redução de emissões de gases de efeito estufa, mas que não revelam os pressupostos impossíveis de serem mensurados e embutidos em cada uma das alternativas consideradas.

2.2.2.2 INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Desde a reunião da Comissão Brundtland – que concebeu e aprovou o documento Nosso Futuro Comum, (1987)–, realizada na década de 1980, diversos estudos sobre desenvolvimento sustentável foram elaborados por instituições públicas, tais como o dos indicadores do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, que são calculados desde 2002 e envolvem quatro dimensões: ambiental, social, econômica e institucional (IBGE, 2004). Ou ainda, os confeccionados por instituições privadas, como é o caso do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) medido pela BM&F Bovespa – a bolsa de valores brasileira –, baseado em eficiência econômica, equilíbrio ambiental, justiça social e governança corporativa (Marcondes e Bacarji, 2010).

Em 2000, a ONU lançou o documento Metas do Milênio (UN, 2000) de modo a estabelecer oito grandes blocos de procedimentos a serem seguidos por toda a sociedade, com indicadores quantitativos e datas específicas a serem cumpridos. Foi uma tentativa de aliar mais praticidade à subjetividade que envolvia o tema.

⁴Gutierrez, 1998.

Atualmente, está em negociação um Acordo Internacional para o Desenvolvimento Sustentável que leva em conta metas pós-2015, batizadas de Objetivos de Desenvolvimento Milênio (ODM), e a discussão iniciada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), também conhecida como Rio+20, sobre Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Esse acordo prevê novos indicadores de desenvolvimento, cujas diretrizes visam utilizar métrica para o desenvolvimento que considere, além do PIB, impactos sociais, custos dos ativos e de serviços ambientais comprometidos na produção de bens e serviços, nível de renda nacional e acesso da população a serviços públicos – tais como saneamento, saúde, educação, mobilidade e cultura (CDES, 2011).

Um novo estudo foi apresentado no contexto do encontro internacional Rio+20, intitulado Metas de Consumo do Milênio – ou MCG, na sigla em inglês –, apresentou importante perspectiva de foco nos consumidores e não apenas nos setores produtivos da sociedade. Como o ato de consumir pode ser considerado a principal força motriz das economias modernas, as MCGs buscam auxiliar no estabelecimento de um futuro mais aderente a princípios e conceitos intrínsecos ao tão propagado termo desenvolvimento sustentável.

Trata-se de algo que pode vir a ocorrer através de uma visualização mais explícita dos padrões insustentáveis de consumo, produção e exploração dos recursos naturais do planeta, que conduziram a crises múltiplas e, por ameaçarem a sobrevivência da humanidade, precisam ser reavaliados. Afinal, problemas como pobreza, dificuldade no acesso à água potável, fome, escassez de energia – ou insegurança energética –, epidemias e conflitos podem se intensificar no contexto de uma provável aceleração das mudanças climáticas globais – ou mesmo, de seu mais proeminente fenômeno, o aquecimento global.

Ou seja, a manutenção do cenário *business as usual*, no que tange, em especial, ao elevado padrão de consumo de combustíveis fósseis, passível de ser associada ao agravamento das emissões de GEE previstas para o futuro (IPCC, 2007a), pode intensificar uma série de problemas para a vida de milhões de seres humanos provavelmente de pessoas integrantes de grupos sociais menos favorecidos sob a perspectiva socioeconômica, em um primeiro momento. As MCG buscam explicitar o quão insustentáveis são os estilos de vida de 1,4 bilhão de pessoas – cerca de 20% da população mundial – mais ricas. Elas consomem mais do que 80% de produção global – incluindo-se nesse cálculo, todos os possíveis itens gerados pelas diversas atividades econômicas que caracterizam a economia global –, ou 60 vezes mais do que o contingente de 1,4 bilhão de pessoas mais pobres do mundo.

Nesse contexto, cabe frisar que as MCG não surgem no sentido de taxar as parcelas mais ricas das sociedades como principais culpadas pelo agravamento dos problemas anteriormente mencionados. O que se pretende é que os ricos passem a consumir de modo sustentável, com a observância, por exemplo, dos frágeis ciclos naturais de reprodução da natureza.

As MCG complementam as Metas de Desenvolvimento do Milênio – *Millennium Development Goals* (MDG) – que a ONU adotou em, 2000 e foram planejadas para auxiliar no processo necessário de atendimento às necessidades básicas de milhões de pessoas à margem das benesses do atual estilo hegemônico de desenvolvimento econômico. Ou seja, a concepção das MDG se relaciona com a intenção de mitigar problemas do mundo pobre.

As MCG não são objetivos compulsórios, mas sim um conjunto de pontos de referência a ser alcançado através de uma combinação de ações voluntárias realizadas por produtores e consumidores sustentáveis e apoiadas por programas ou ações governamentais.

Já a Iniciativa das Metas de Consumo do Milênio – do inglês *Millennium Consumption Goals Initiative* (MCGI) – foi lançada para alavancar sistematicamente a ideia das MCG. Alicerçada

por uma ampla coalizão de *stakeholders* – termo que engloba todo tipo de agente diretamente envolvido no objeto da iniciativa –, foi batizada de MCG Network (MCGN).

Cabe mencionar que, no plano da definição das MCG, as metas estão sendo escolhidas pela MCGN de modo difuso – ou seja, não há, até o momento, objetivos definidos. A despeito disso, seu foco tende a recair sobre emissões de carbono e padrões de consumo de água e energia.

2.2.2.3 EQUIDADE E DIVISÃO DE RESPONSABILIDADES RELATIVAS A MUDANÇAS CLIMÁTICAS

No debate sobre mudanças climáticas, podemos identificar o uso da equidade – conforme definida pelos diversos autores supracitados – como própria de períodos transitórios, durante os quais a justiça não ofereça instrumentos fortes e definitivos para apontar soluções. A teoria da argumentação de Perelman (1999) também pode ser útil para a compreensão de formulações de acordos internacionais envolvendo o debate sobre o clima mundial.

É muito presente a força da retórica dos blocos dos países ao procurarem definir as regras a serem seguidas, assim como na definição de conceitos – como é o caso do que se deve entender por equidade. O maior exemplo disso são os dois grandes blocos de países definidos como partes da Convenção do Clima: as dos países integrantes do Anexo I a tal documento, envolvendo tanto os países desenvolvidos como aqueles cuja economia se encontra em transição, e as dos países em desenvolvimento, todos eles ausentes do referido rol.

O dimensionamento das responsabilidades dos diferentes países é o ponto mais importante a ser explorado nesta seção, que discute qual a melhor forma de se gerenciar essas emissões mundiais de modo equitativo – seja através da análise de renda e emissões de GEE per capita das demandas do desenvolvimento econômico envolvendo crescimento populacional ou dos respectivos produtos interno bruto.

Apesar dos países do Anexo I terem tido, historicamente, um número maior de representantes no IPCC –, mais de 70% (Miguez *et al.*, 2009), que influenciam diretamente a Convenção do Clima –, cabe observar que a proposta brasileira para esta última, datada de 30 de maio de 1997 (UNFCCC, 1997), causou bastante impacto sob dois aspectos: o da contabilização das emissões de gases de efeito estufa no passado pelos diversos países, que incorpora uma componente histórica dos modelos de crescimento dos mesmos; e o da imposição de uma pena, por meio da criação de um fundo alimentado por multas, às nações que descumpram metas futuras de redução para seu desempenho como emissoras.

Todos os participantes da Convenção do Clima consideraram a proposta brasileira inovadora, embora tenha chegado um tanto atrasada nas negociações (Goldemberg *et al.*, 2004). Alguns países, ainda hoje, utilizam as emissões pregressas de gases de efeito estufa como argumento para apontar as responsabilidades pelas mudanças climáticas em curso.

A proposta brasileira levava em consideração a responsabilidade histórica das emissões de GEE pelos países desde o início da Revolução Industrial. Teve como premissa, o fato de que as mudanças climáticas não são determinadas pelo que se está emitindo hoje, mas sim, pelo efeito acumulado da concentração daquilo que foi lançado na alta atmosfera ao longo dos últimos 150 anos aproximadamente. Incorporava aspectos científicos e metodológicos complexos, que foram estudados pelo *Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice* da UNFCCC (SBSTA) e, também, por um grupo *ad hoc*, batizado de *Modelling and assessment of contributyions to climate change* (MATCH), no quinquênio até 2007, com recursos dos governos alemão e inglês coordenados pelo ECOFYS – grupo holandês especializado em consultoria sobre energia renovável.

Mesmo entre os países integrantes do Anexo I, existem blocos disputando poder nas negociações atinentes à questão do clima, à semelhança do que se pode observar, por exemplo, nas

discussões para acordos internacionais de comércio exterior. Percebe-se aí, dois blocos principais de poder: o da Comunidade Europeia e o liderado pelos Estados Unidos. Já no rol das nações que não integram tal anexo, há um grupo identificado como grande emissor de gases de efeito estufa, formado por China, Brasil e Índia, que vem sendo pressionado pelos Estados Unidos para que se comprometa com metas de redução de emissões.

Outra forma de equidade é a que se refere à adaptação à mudança do clima. Para alguns países, como os Países Baixos e as ilhas oceânicas – aquelas que se encontram em pleno oceano, distantes do litoral –, as consequências de mudanças climáticas naquilo que diz respeito à elevação dos mares são de enfrentamento mais difícil do que para outros. Por exemplo, é iníqua a dimensão da vulnerabilidade à transformação do clima por parte de nações que emitem comparativamente pouco volume de GEE, como é o caso das ilhas citadas.

Responsabilidade histórica é outra forma importante para análise da equidade entre gerações com respeito à mudança climática. Combatê-la, se justifica com base no argumento da justiça diacrônica.

O fato de que as gerações futuras não poderão defender seus interesses perante a sociedade atual imbuí a atual da responsabilidade moral de lhes entregar um mundo com, ao menos, tanto bem-estar quanto aquele hoje existente. Seria injusta, a subtração de qualidade de vida a um grupo de pessoas que não pode se defender, independentemente de que elas venham, no futuro, a assumir posturas completamente diferentes da exibida hoje por seus antecessores, seja em relação a este tema ou a qualquer outro. Tal é o princípio da justiça diacrônica: ele indica que se tenha a obrigação moral de preservar os interesses dos que virão.

Igualmente, o princípio moral que se aplica ao futuro deve ser estendido ao passado. As gerações que nos antecederam foram responsáveis pelo problema que estamos enfrentando hoje, na medida em que emitiram a maior parte dos GEE que estão na atmosfera. Em seu tempo, ignorava-se o fato de que isso causaria danos ambientais. Ainda assim, a geração presente deve internalizar essas consequências, pois conforme acima discutido, não é moralmente aceitável empurrá-las para os tempos que virão. Sendo assim, há que definir quem, na geração atual, pagará mais e menos por aquilo que foi provocado por seus antepassados.

Ao se considerar que os habitantes de determinados países emitiram a maior parte dos GEE, conforme representado na Figura 2.3, segue-se que seus descendentes devem ser responsabilizados por parte correspondente do ônus. Caso contrário, estar-se-á cometendo uma injustiça diacrônica com relação ao passado em nome da mitigação de outra, relativa ao futuro.

As figuras 2.4 e 2.5 evidenciam as diferenças entre países quanto às emissões acumuladas de CO₂ – mesmo as provenientes de mudanças no uso de solo e florestas –, bem como suas responsabilidades históricas. Por já terem alterado o modo de ocupação da maior parcela de seus territórios – se não a sua quase totalidade –, sobretudo por via de desmatamento, os países desenvolvidos apresentam evolução recente inversa quando comparados, neste aspecto, aos países em desenvolvimento, como evidenciado na Figura 2.5.

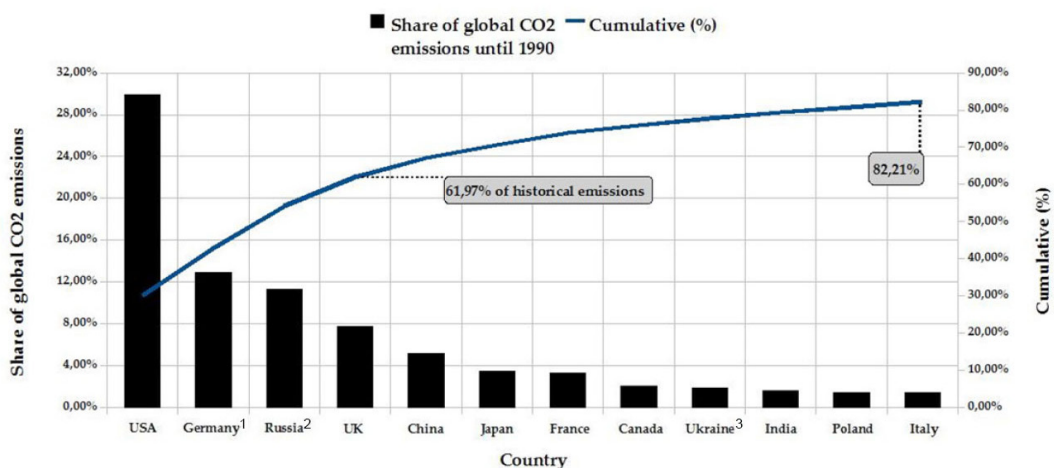


Figura 2.3 Volumes estimados de CO₂ lançados à atmosfera até 1990 pelos doze maiores emissores históricos entre todos os países.

OBS.: As datas iniciais se baseiam no período em que o carvão passou a ser utilizado em larga escala: EUA (1800), Alemanha (1792), Rússia (1830), Reino Unido (1750), China (1899), Japão (1868), França (1802), Canadá (1785), Ucrânia (1830), Índia (1858), Polônia (1800) e Itália (1860). Dados do Carbon Information Analysis Center (CDIAC).

Notas: ¹Inclui a República Democrática Alemã e a República Federal da Alemanha, existentes de 1949 a 1990. ²Inclui 85,74% das emissões pela União Soviética (1922 a 1991), igual à participação dos antigos estados soviéticos – exceto a Ucrânia – nas emissões de 2004 pela Comunidade dos Estados Independentes, em inglês Commonwealth of Independent States (CIS). ³Inclui 14,26% das emissões da União Soviética – participação da Ucrânia nas emissões de 2004 pela CIS – Commonwealth of Independent States.

Fonte: Veiga e Vale, 2009

Figura 2.4 Emissões acumuladas de CO₂, comparação entre os períodos de 1850 a 2000 e 1990 a 2000.

Fonte: Baumert *et al.*, 2005

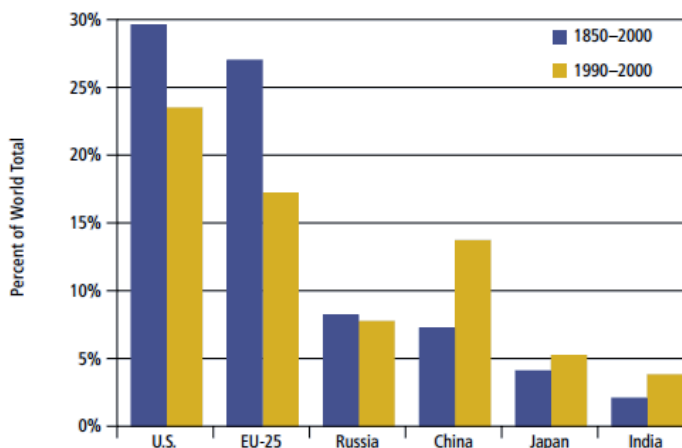
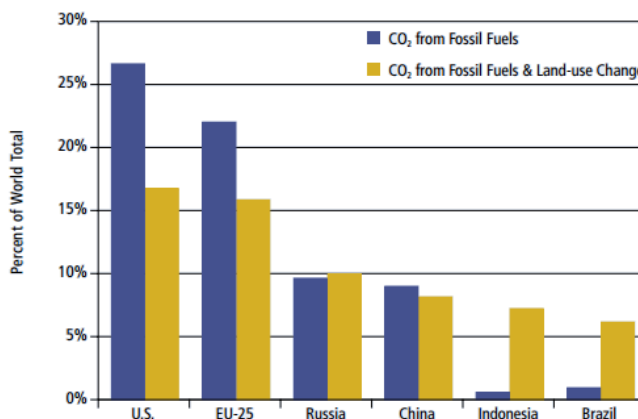


Figura 2.5 Emissões acumuladas de CO₂, com e sem mudanças no uso de solo e florestas de 1950 a 2000.

Fonte: Baumert *et al.*, 2005



A alternativa é responsabilizar igualmente, tanto os descendentes dos que poluíram a atmosfera, quanto os daqueles que não o fizeram. Trata-se de uma opção menos equânime à medida que, enquanto os primeiros colhem hoje, a maior parte dos resultados positivos daquela poluição, os últimos são triplamente prejudicados. Sem acesso à maior parte das riquezas geradas em decorrência dos processos produtivos que provocaram a emissão dos gases à atmosfera, os cidadãos dos países não emissores se veem obrigados a encontrar uma nova maneira de gerar sua própria riqueza, pois já não poderão fazê-lo pelos mesmos métodos poluidores e habitam as regiões que serão mais afetadas pelas mudanças climáticas.

Deriva daí, o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas. Além da consideração explícita da responsabilidade histórica que – como mostram as figuras 2.3, 2.4 e 2.5 –, se restringe a uma dúzia de países, pode-se levar em conta uma série de outros critérios, entre os quais estão a capacidade de ação no presente e a contribuição de cada país para as metas comuns de redução das emissões no futuro.

2.2.3 DESAFIOS DAS POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO

A busca pela compreensão das mudanças climáticas é constante, sendo interessante se obter soluções que reduzam drasticamente a dependência atual do sistema econômico global com relação à emissão de GEE (Holdren, 2003) e, ao mesmo tempo, permitam o acesso de bilhões de pessoas aos bens e serviços necessários ao processo de desenvolvimento (Pachauri, 2010). Uma busca que sintetiza o mais importante desafio coletivo já enfrentado pela espécie humana e que pode ser desdobrada em outras três, que representam as principais dimensões do esforço para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

O pano de fundo em torno das três questões que oferecem o quadro conceitual e metodológico para o estudo da mitigação é que, comparado a qualquer outro desafio já colocado ao longo da História, as mudanças climáticas são mais incertas, mais globais e se dão a prazo mais longo (Wagner e Zeckhauser, 2011). No mesmo sentido, Kevin *et al.* (2009) mostraram que são temas complexos, pois envolvem a interação entre sistemas sociais e naturais. Suas políticas podem produzir consequências imprevisíveis e até, perversas e, seus resultados, cumulativos, têm ampliada a incerteza em sua abordagem.

A primeira questão – e é nela que se concentra este capítulo – consiste em avaliar a magnitude do desafio que as políticas de mitigação têm pela frente. Esta avaliação se apoia sobre duas noções fundamentais e ausentes na elaboração do Protocolo de Quioto: espaço carbono⁵ e orçamento carbono⁶ (Pan e Chen, 2010; Kanitkar *et al.*, 2010; WBGU - German Advisory Council on Global Change, 2009; Meinshausen *et al.*, 2009). Como já afirmado pelo IPCC, é verdade que:

Definir o que é interferência antrópica perigosa ao sistema climático e, conseqüentemente, os limites a serem estabelecidos pelas propostas de políticas, é uma tarefa complexa que pode parcialmente se apoiar na ciência, uma vez que tais definições envolvem necessariamente julgamentos normativos⁷ (IPCC, 2007a, p.97).

Mas, uma vez que a ciência mostra um aumento na probabilidade de eventos catastróficos capazes de comprometer o processo de desenvolvimento caso a temperatura vá além de certo patamar⁸, é importante que se saiba qual é ele e quais são as chances de não ultrapassá-lo.

⁵Espaço carbono é a disponibilidade de absorção de gases de efeito estufa pela atmosfera, considerando-se a capacidade de captação por parte de florestas, oceanos e meios artificialmente elaborados com esta finalidade.

⁶Orçamento carbono é a quantidade de gases de efeito estufa que podem ser emitidos – dada a capacidade de absorção do espaço carbono – para que a temperatura global média da Terra não ultrapasse determinado patamar.

⁷Tradução livre de (...) *defining what is dangerous anthropogenic interference with the climate system and, consequently, the limits to be set for policy purposes are complex tasks that can only be partially based on science, as such definitions inherently involve normative judgements.*

⁸Dados recentes sobre a redução da espessura da camada de gelo no Oceano Ártico foram apresentados por

O volume um do Primeiro Relatório de Avaliação Nacional discute a modelagem de algumas informações e cenários, sendo importante para a compreensão das possíveis alterações no parâmetro temperatura, por exemplo.

Subjacente à magnitude da mitigação está o duplo caráter das emissões de gases de efeito estufa, especialmente do dióxido de carbono. Por um lado, elas são a causa do aquecimento global e, portanto, é fundamental que sejam drasticamente reduzidas. Por outro, estas emissões estão relacionada ao aumento na oferta de bens e serviços necessários ao processo de desenvolvimento de muitos países (Kanitkar *et al.*, 2010; IPCC, 2007b). A partilha da carga da mitigação entre diferentes países e setores sociais reflete esse aspecto duplo: o de como se reduzir as emissões de um sistema econômico ainda tão dependente dos combustíveis fósseis e, ao mesmo tempo, compreender quem tem o direito de ocupar o espaço carbono remanescente.

Assim, tal questão se torna ainda mais complexa diante do fato de que o crescimento econômico dos países em desenvolvimento responde, hoje, pela maior parte do aumento dos gases de efeito estufa lançados à atmosfera. Se no Brasil, o desmatamento é o principal emissor, tal não é o caso na China e na Índia, onde a oferta de energia está baseada, até aqui, em fontes fósseis.

É interessante pensar em outra forma de se reduzir emissões. Nessa direção, é importante analisar a possibilidade de substituição dos combustíveis fósseis – que respondem pela maior parte dos GEE emitidos globalmente –, por fontes alternativas. Mas, esta segunda questão decisiva também se desdobra em outras duas.

Por um lado, se trata de identificar tecnicamente as possibilidades de substituição e nesse sentido, os mais importantes estudos compilados pelo IPCC (2011) mostram um quadro promissor. Por outro, é necessário saber-se qual a probabilidade de esta substituição ser feita em um ritmo compatível com os limites que a manutenção dos serviços ecossistêmicos fundamentais impõe.

Tais perspectivas, contudo, são bem menos animadoras do que quando se examina o tema a partir dos potenciais de cada fonte de energia alternativa aos combustíveis fósseis (Homer-Dixon, 2006; Martenson, 2011; Luderer *et al.*, 2011).

A terceira pergunta traz à tona a questão da maneira como se usa a energia, independentemente de sua fonte ser ou não derivada de combustíveis fósseis. Aqui, o ponto de partida está no reconhecimento da necessária redução da intensidade material e energética das economias contemporâneas, naquilo que diversos autores chamam de descasamento – ou *decoupling*, no termo original inglês (UNEP – *United Nations Environment Programme*, 2011a; UNEP 2011b; Ayres e Ayres, 2011). Mas, mesmo se reduzindo, em termos relativos – por unidade de produto –, o consumo de materiais e energia, tal eficiência seria fortemente contrabalançada pelo aumento de população e de renda e, sobretudo, por um nível de desigualdade no uso dos recursos cuja manutenção é incompatível com a adequação entre o sistema econômico e os limites dos ecossistemas (Fischer-Kowalski, 2008; Herring e Sorrel, 2009).

Mitigação e adaptação são processos com objetivos diferentes, mas é importante se sublinhar (Moser, 2011) sua forte interdependência. Podem ser complementares. Por exemplo, a restauração de mangues em áreas costeiras amplia o armazenamento de carbono – mitigação – e, ao mesmo tempo, serve de proteção contra tempestades, funcionando como habitat e berçário de espécies marinhas – adaptação. Mas, pode também existir contradições entre as duas dimensões. O uso do ar condicionado – por exemplo – é uma forma de adaptação que prejudica o esforço de mitigação (Cox, 2010).

Stroeve *et al.* (2011). Já o estudo dos efeitos da elevação da temperatura em 26 diferentes regiões (May, 2011) mostrou que o Saara, o Norte e o Sul da Austrália e a Amazônia foram, potencialmente, as mais atingidas – ver May (2011) em Referências bibliográficas, ao final deste capítulo. Diffenbaugh e Scherer (2011) projetaram alterações nos regimes climáticos para o século XXI e concluíram que, não só nas áreas de alta latitude, mas nas regiões tropicais, sobretudo, é que estão as maiores chances de emergência de um regime climático quente no horizonte das duas próximas décadas.

2.2.3.1 MAGNITUDE, ESPAÇO E ORÇAMENTO

Entre 2009 e 2010, apareceram três documentos importantes baseados na ideia de orçamento carbono.

No início de 2010, um grupo de pesquisadores da Academia Chinesa de Ciências Sociais, liderado pelo economista Jiahua Pan, publicou artigo em uma coletânea organizada pelo economista e engenheiro industrial R. K. Pachauri, desde 2002 dirigindo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Pan e Chen, 2010).

Em julho de 2010, o primeiro ministro da Índia, Manmohan Singh, organizou um seminário sobre o tema em termos globais e acerca questão da equidade, intitulado *Global Carbon Budget and Equity in Climate Change*, cujos anais circularam durante a Conferência das Partes da UNFCCC (COP16), realizada em 2008, na mexicana Cancún, (Kanitkar et al., 2010).

Um ano antes, o conselho consultivo alemão sobre mudanças climáticas – o WBGU (2009) – já elaborara para a COP15, reunida em Copenhague, na Dinamarca, um relatório especial que recebeu apoio explícito não só da primeira-ministra da Alemanha, Angela Merkel, como também de Singh, seu colega indiano. Do ponto de vista conceitual e metodológico vale a pena ressaltar alguns pontos comuns a esses três documentos:

i) O orçamento carbono deve ser definido em função dos limites do espaço carbono, para o qual os autores do trabalho desenvolvido na Índia empregaram a expressão global *atmospheric commons* (Sanwal, 2010). Dado o caráter finito deste espaço atmosférico global comum, o preceito – ético e político – de se limitar emissões, exige a definição de um período a partir do qual elas passem a ser fortemente declinantes, para que se chegue em 2050 – o horizonte adotado pelos três trabalhos – a um patamar que não comprometa de forma irreversível o equilíbrio climático. Segundo o WBGU (2009), para que a elevação da temperatura tenha 67% de probabilidade de se manter abaixo de dois graus centígrados, seria necessário limitar as emissões até tal data a, no máximo, 750 bilhões de toneladas métricas anuais – 750 Gt CO₂. Caso se decida ampliar tal chance até 75%, as emissões lançadas na atmosfera deverão cair a 600 Gt CO₂.

Nos três documentos, advoga-se que este movimento declinante deveria ter início entre 2015 e 2020, sob o risco de que o objetivo mais geral não possa ser alcançado. O estudo de Luderer et al. (2011, p.23) – baseado em diversos modelos dos efeitos de políticas climáticas de longo prazo – chegou a resultados semelhantes, como se lê a seguir:

Postergar a política climática tem forte efeito sobre a economia da mitigação. Todos os modelos apontam que a meta de 450 partes por milhão se tornará inatingível se o mundo seguir a trajetória de referência até 2030.⁹

O quarto relatório do IPCC já mostrava que o ritmo de crescimento das emissões se havia intensificado de 1,16 ao ano entre 1970 e 1984 para 1,9% ao ano entre 1990 e 2004. O exame feito pouco antes da COP15, realizada em Copenhague, por Rogelj et al. (2009), acerca dos impactos potenciais dos planos de redução de emissões de GEE no capítulo 3 da contribuição do WGIII ao AR-IV do IPCC, tal horizonte de redução é caracterizado como forte em contraposição aos intermediários e menos ambiciosos. Sua concretização exigiria uma redução de nada menos que 80% do volume de emissões globais previstas até 2050.

Quanto mais tardio este momento de reversão, maior será a dificuldade de se promover a descarbonização da economia mundial. Se o pico das emissões fosse atingido em 2011, o ritmo do declínio teria que ser de 3,7% ao ano para que se chegasse a uma situação sem ameaças em 2050. Se o início desse esforço se desse em 2015, este ritmo saltaria para 5,3% ao ano. Adiado

⁹Tradução livre de: *A delay in climate policy has a strong effect on the economics of mitigation. All models find that the 450 ppm target becomes unattainable if the world follows the baseline trajectory until 2030.*

para 2020, a velocidade do declínio teria que atingir 9% ao ano (WBGU, 2009).

O alarmante é que, a se manterem os níveis atuais de emissões, este patamar de 750 Gt CO₂ anuais seria atingido já em 2035, tornando muito mais difícil sua reversão. Este horizonte é fortemente corroborado por trabalhos recentes, como o de New (2011), que examinaram as consequências de um nível de elevação de temperatura quatro ou mais graus centígrados.

O IPCC (2007b) já mostrava que o ritmo de expansão das emissões havia se intensificado desde o período de 1970 a 1984, quando cresceu 1,16% nos cem países, e ofereceu um resultado desolador, como se pode ler a seguir.

Integralmente, para o grupo de países do Anexo I, em 2020, os gases de efeito estufa provenientes de fontes industriais – ou seja, todas as fontes com exceção do uso de solo e de florestas – estarão em uma faixa entre 8 e 14% abaixo dos níveis de 1990, se os compromissos assumidos atualmente continuarem sendo seguidos. Isto é muito menos do que os 25 a 40% de redução exigida para este grupo de países para o mesmo período, gases e fontes, caso o limite de aquecimento for definido em torno de 2 °C (Rogelj et al., 2009, p.82).¹⁰

Mas, mesmo entre as nações em desenvolvimento, o panorama não inspira mais otimismo, como informaram Rogelj e seus coautores em 2009:

Os compromissos coletivos para os países não Anexo I seriam reduzir as suas emissões em torno de 4% abaixo do cenário business as usual de emissões esperadas para 2020. Estas reduções também são substancialmente menores do que o necessário para atingir uma meta de emissão consistente com os limites de aquecimento de 2°C, o que requereria 15-30% menos do que o business as usual até 2020¹¹ (Rogelj et al., 2009, p.82).

ii) É interessante se descobrir de quem é o direito de ocupar o espaço carbono remanescente. O princípio das responsabilidades comuns – mas diferenciadas – está na origem do Protocolo de Quioto. Os três trabalhos aqui em destaque (Pan e Chen, 2010; Kanitkar et al., 2010 e WBGU, 2010) reconhecem a necessidade de se considerar as emissões ocorridas no passado, mesmo que indiquem momentos iniciais para este cálculo bem diferentes uns dos outros.

É igualmente interessante se observar, em Kanitkar et al. (2010), a menção ao fato de que, no mínimo desde 1970, a comunidade científica já tinha conhecimento do processo de aquecimento global, tema já incluído na pauta da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente de 1972, em Estocolmo.¹² Mais que isso: segundo Sanwal (2010), dois terços das emissões cumulativas dos países desenvolvidos foram lançados na atmosfera após 1970. Ainda, Kanitkar et al. (2010) mostraram que as emissões de dióxido de carbono provenientes do uso de combustíveis fósseis foram de 332 gigatoneladas entre 1850 e 2009: desse total, 109 Gt CO₂ correspondiam ao período compreendido entre 1850 e 1970.

Pan e Chen (2010) propuseram que se tomasse por base o ano de 1900 e o WBGU (2010), mesmo admitindo que 1990 devesse ser a data de início do cálculo – em função do relatório do IPCC – propôs, por uma questão de realismo, que se partisse de 2010. A distância entre as emissões

¹⁰Tradução livre de: *Overall, for the Annex I countries as a group, greenhouse gas emissions from industrial sources — that is, all sources except land-use change and forestry — would be in the range of 8–14 per cent below 1990 levels by 2020 if current commitments were followed through. This is far less than the 25–40 per cent reductions required from this group of countries for the same period, gases and sources if warming is to be limited to around 2 °C.*

¹¹Tradução livre de: *The collective commitments of non-Annex I countries would reduce their emissions to about 4 per cent below anticipated BAU emissions for 2020. These reductions are also substantially less than those needed to get on a global emissions pathway consistent with limiting warming to about 2 °C, which would require 15–30 per cent below BAU by 2020.*

¹²Kanitkar et al. (2010, p.42) mostraram que, em 1968, durante uma conferência organizada pela American Association for the Advancement of Science – preparatória à conferência de Estocolmo –, pesquisadores norte-americanos já mostravam evidências do aquecimento global.

dos países é tão grande que os resultados das diferentes formas de se contabilizar o volume de GEE lançado no passado são menos importantes do que a convergência decorrente do objetivo de se reduzir o fosso na ocupação do espaço carbono. O problema vai além: mesmo quando se parte da situação verificada em 2010 – e não em 1970 ou 1900 – o esforço de convergência para reduzir as desigualdades é gigantesco.

É também importante assinalar que, embora a proposta alemã tenha sido a de se transitar em direção à convergência a partir de 2010, ela envolveu, o pagamento da ocupação do espaço carbono pelos países que maior volume de GEE emitiu no período entre 1990 e 2010 (WGBU, 2009 p.2).

Em suma, nos três documentos a ênfase está não apenas nas necessidades de se reduzir as emissões e de se descarbonizar a economia mundial, mas também na maneira como o espaço carbono remanescente será partilhado entre os diferentes países – ou *burden-sharing in mitigation*, conforme a expressão encontrada à página 7 da obra de Kanitkar *et al.* (2010).

iii) O terceiro ponto de convergência entre os três documentos é que, tanto a responsabilidade histórica como o direito a ocupar o espaço carbono remanescente deve ser objeto de um cálculo per capita. Cada país dispõe de um capital atmosférico (WBGU, 2009), estimado em função de suas emissões e população, que pode ser negociado – inclusive por mecanismos de mercado – para favorecer o processo de transição. Mas aqui, há uma diferença crucial nas abordagens examinadas.

Pan e Chen (2010, p.15) preconizaram que a base deste cálculo fosse o consumo:

(...) a abordagem das necessidades básicas, tal como desenvolvida pelos pesquisadores chineses, volta sua atenção aos requerimentos de emissão derivados do lado do consumo, tendo em vista a preocupação com a equidade interpessoal.

Já o trabalho alemão levou em conta não o consumo de seus habitantes, mas as emissões de seu sistema produtivo. A diferença é que, em WGBU (2010), países em desenvolvimento exportadores de petróleo tais como Venezuela, Arábia Saudita e Kuwait, estão entre os de maior emissão per capita, junto com os que integram o Anexo 1. Já no cálculo feito com base no consumo, a China seria nitidamente favorecida, uma vez que nada menos do que um terço de suas emissões corresponde a exportações, segundo informação do CICERO *Senter for klimaforskning*, instituição internacional de pesquisas sobre clima e meio ambiente sediada em Oslo, na Noruega (Clark, 2009).¹³

De qualquer maneira, o objetivo do cálculo per capita é duplo: em primeiro lugar, trata-se de reduzir as desigualdades implícitas no cenário das emissões de GEE. A atual média mundial é de 2,7 toneladas de carbono per capita – considerando-se somente o que é lançado na atmosfera pelo uso de combustível fóssil. Mas os maiores emissores acusam patamar superior a 12 toneladas – nos EUA e na Austrália, esse nível chega quase a 20 –, enquanto que as nações mais pobres contabilizam volume em torno de uma tonelada. Em 1996, a China emitiu 2,5 toneladas per capita e, em 2006, havia dobrado suas emissões, chegando a cinco toneladas. Nesse período, mesmo tendo ampliado em 55% o volume de GEE que lançou à atmosfera, a Índia alcançou em 2006, pouco mais de uma tonelada per capita e o Brasil, duas.¹⁴

Em segundo lugar, tão importante quanto a redução da desigualdade, é o declínio geral

¹³Matéria do jornal britânico The Guardian mostra que o tema é extremamente polêmico: Dieter Helm, professor de Economia na Universidade de Oxford, declarou que “focar no consumo, em vez de na produção, é a única solução intelectual e eticamente sadia. Nós simplesmente terceirizamos nossa produção”. Já Jonathon Porritt, na época diretor da Comissão de Desenvolvimento Sustentável da Grã-Bretanha rejeitou este método de cálculo, sob o argumento de que ele introduziria uma dupla contagem incompatível com qualquer acordo internacional.

¹⁴Estas informações estão abertas no site do The Guardian: Disponível em <http://www.guardian.co.uk/environment/datablog/2009/sep/02/carbon-emissions-per-person-capita> Acessado em 30 de setembro de 2012

nas emissões, que devem chegar, em 2050, a uma tonelada anual por habitante, considerando-se apenas o volume gerado por combustíveis fósseis. Trata-se de um ponto sobre o qual o documento alemão insiste com especial ênfase, mas que está também presente na posição indiana e, de forma bem menos nítida, no estudo chinês.

Os três trabalhos só levam em conta as emissões decorrentes da queima de combustíveis fósseis. O trinômio conhecido em inglês como *Land Use, Land Use Change and Forestry* (LULUCF), ou seja, uso da terra, alteração do uso da terra e das florestas, não é considerado. Isso explica a posição relativamente confortável em que se encontra o Brasil na comparação internacional.

Há duas razões para isso: em primeiro lugar, trata-se de voltar ao âmago do funcionamento do sistema econômico mundial e da sua dependência em relação a combustíveis fósseis – aspecto em que será mais difícil o esforço para se diminuir as emissões de carbono. Isso quer dizer, em última análise, que é perfeitamente possível prover os bens e serviços necessários para se ampliar o acesso às necessidades humanas básicas, sem devastação florestal. Nesta decisão metodológica, entretanto, não estão incluídas agricultura e pecuária nem a emissão de gás metano decorrente de tais atividades. Em segundo lugar, a exclusão do LULUCF reflete o temor de que o financiamento da manutenção da integridade das florestas tropicais seja levado adiante por meio de compensações que atrasem o processo de transformação tecnológica necessário à descarbonização das economias altamente dependentes de energia de origem fóssil.

iv) Os três documentos estimam o montante de carbono que ainda pode ser emitido por cada país no período considerado, tendo por base o respeito à decisão de se reduzir a ameaça de catástrofe climática e um cálculo de emissões per capita. Segundo o trabalho alemão, se fosse levado em conta o período entre 1990 e 2050, este total seria de 1,1 Mt CO₂ anuais. A se considerar o período de 2010 a 2050, o volume máximo total emitido capaz de evitar uma situação catastrófica seria de 750 Gt CO₂ anuais, conforme já assinalado anteriormente.

Assim, os números variam em cada documento segundo a data considerada ponto de partida para os cálculos. Mas, nos três casos, o importante é a partilha das emissões remanescentes sobre uma base per capita – quer se leve ou não em conta as responsabilidades históricas.

A Tabela 2.1, mostra a diferença entre uma partilha equitativa e a situação atual – seja tendo por base o ano de 1850 ou o de 1970. Os Estados Unidos, por exemplo, com apenas 5% da população mundial, já teriam ocupado, até 2009, nada menos que 29% do espaço carbono, se o cálculo começar em 1850. Mas, mesmo que a contagem parta de 1970, é enorme o contraste entre a partilha equitativa e a atual – da ordem de 5% e 25%, respectivamente.

Tabela 2.1 Partilhas equitativa e real do espaço carbono.

Países/regiões	Partilha equitativa	Partilha atual	Partilha atual
	% sobre a população em 2009	% sobre a população em 1850	% sobre a população em 1970
EUA	5	29	24
Outros países integrantes do Anexo I	14	45	41
China	20	10	13
Índia	17	3	3
Outros países emergentes	15	9	12
Restante do mundo	29	4	5

Fonte: Kanitkar et al., 2010

A tabela 2.2 mostra a diferença entre os direitos de emissão de GEE no período entre 1970 e 2050 – *total entitlements*, na terminologia do documento em inglês –, com base na população atual e tendo em vista o objetivo de se evitar uma situação de catástrofe, e as reais emissões de cada país ou bloco de nações. O resultado é que, aqueles que integram o Anexo I, exibem um grande déficit – de 100,38 GtC – ou seja, ocupam muito mais do que aquilo a que teriam direito sobre uma base de cálculo per capita.

Tabela 2.2 Direitos totais, emissões reais com base em 1970.

Ano-base: 1970	Direitos totais no período de 1970 a 2050 baseados na população de 2009 e orçamento estimado de 300 gigatoneladas de carbono (GtC) entre 2010 e 2050.	Participação real na formação do estoque histórico de carbono de 1970 a 2009.	Direitos totais – total entitlements – de 2009 em diante.
	Em GtC	Em GtC	Em GtC
Países integrantes do Anexo I	117,99	218,37	- 100,38
China	123,69	44,72	78,97
Índia	110,00	10,83	99,17
Resto do mundo	280,32	58,08	222,24

Fonte: Kanitkar *et al.*, 2010

Um cálculo semelhante foi feito por Pan e Chen (2010), mostrando igualmente o déficit no orçamento carbono dos países integrantes do Anexo I. Os números são diferentes dos apresentados pelo estudo dos autores indianos, mas o raciocínio é basicamente o mesmo: as nações que fazem parte do Anexo I – sobretudo os Estados Unidos e a maior parte dos países europeus – já usaram seu espaço carbono por conta de suas emissões acumuladas, mesmo que sejam feitos ajustes de cálculo sobre suas necessidades básicas per capita considerando, por exemplo, o fato de que em um clima frio, há maior necessidade de aquecimento e, portanto, de emissões correspondentes.

O estudo do WGBU (2009) mostra o tempo remanescente para que o espaço carbono seja ocupado com base em dois cenários: um deles, nutrido por dados de 1990 a 2050, e o outro, do período iniciado em 2010. No primeiro, com as emissões de 2008 se mantendo constantes até 2050, isso significaria que, em 2007 e em 1999, respectivamente, a Alemanha e os Estados Unidos já teriam ultrapassado seus respectivos orçamentos carbono. Burkina Faso, em contrapartida, ainda teria 2.810 anos para alcançá-lo, mantido o mesmo nível de suas emissões em 2008; a Índia, 103; o Brasil, 55 – mas a China, apenas 23.

Se o cálculo se iniciar em 2010, como propôs o WBGU, a realidade será apenas um pouco menos drástica para os países mais ricos do mundo: os Estados Unidos teriam seis anos para dar início a uma rápida queda em suas emissões e, a Alemanha, uma década. O horizonte em que, mantidos os níveis atuais de emissões, a China rapidamente se transformaria de superavitária em deficitária, está também no cálculo feito por Pan e Chen (2010), com a diferença de que, para esses pesquisadores, tal reversão seria alcançada em apenas dez anos.

A Tabela 2.3 informa que a China, apesar de seu superávit histórico, já emitia, ao final da primeira década do milênio, muito mais do que seu orçamento carbono anual lhe permitiria e, portanto, deveria ingressar rapidamente em rota de declínio. Em contrapartida, por este critério de cálculo, Índia e Burkina Faso, por exemplo, ainda deteriam direitos de emitir gases por períodos bastante longos, respectivamente de 88 e mais de 2.000 anos. É uma situação bem diferente da brasileira, cujas emissões atuais – contando apenas as derivadas da queima de combustíveis fósseis – são menores do que aquelas a que o País teria direito em uma divisão equitativa com base no

critério alemão (WBGU, 2009).

Tabela 2.3 Orçamento carbono de países selecionados de 2010 a 2050.

População e emissões relativas a 2008. Manutenção da elevação da temperatura em menos de 2° C até 2050.

	% da população mundial em 2010	Orçamento carbono equivalente em gigatoneladas de CO ₂ de 2010 a 2050		Emissões equivalentes estimadas, em gigatoneladas de CO ₂ e baseadas no volume de 2008	Anos até se esgotar o orçamento carbono com base nas emissões de 2008
		No período integral	Ao ano		
Alemanha	1,2	9	0,22	0,91	10
Estados Unidos	4,6	35	0,85	6,1	6
China	20	148	3,6	6,2	24
Brasil	2,8	21	0,52	0,46	46
Burkina Faso	0,24	1,8	0,043	0,00062	2892
Japão	1,8	14	0,34	1,3	11
Rússia	2,0	15	0,37	1,6	9
México	1,6	12	0,29	0,46	26
Indonésia	3,4	25	0,62	0,38	67
Índia	18	133	2,3	1,5	88
Maldivas	0,0058	0,043	0,0011	0,00071	61
União Europeia	7,2	54	1,3	4,5	12
Mundo	100	750	18	30	25

Fonte: WBGU, 2009

2.2.3.2 O LONGÍNQUO HORIZONTE DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS

É imprudente a maneira como a imprensa internacional veiculou os resultados do *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* (SRREN) do IPCC (2011), lançado em Abu Dabi, nos Emirados Árabes. Na verdade, a notícia de que 80% da energia mundial poderiam advir de fontes alternativas em 2050 corresponde a uma possibilidade técnica – e também, claro, a uma exigência ética e política de se evitar os piores cenários –, mas não a uma estimativa sobre os meios econômicos de concretizá-la.

O SRREN do IPCC (2011) revisou mais de 70 cenários para fontes renováveis de energia, indicando diversas trajetórias possíveis para a descarbonização da economia mundial e antevendo a possibilidade de que 80% da matriz energética global, em 2050, fosse constituída por fontes renováveis. Mas existe uma distância grande entre tal possibilidade virtual e as reais tendências da relação entre essas duas procedências energéticas.

É verdade que não se pode subestimar as conquistas que foram obtidas nessa direção, expressas em números citados no documento do IPCC (2011), tais como o fato de que 47% do aumento na capacidade de geração de energia elétrica no mundo, em 2008 e em 2009, teve origem em fontes não fósseis e de que os países em desenvolvimento responderam por mais da metade desta elevação. Ou ainda, como a informação de que, em 2009, a energia eólica se expandiu em 32% e a originária de células fotovoltaicas, em 53%. No mesmo exercício, a participação de biocombustíveis na matriz energética mundial dos transportes cresceu de 2%, em 2008, para 3%. Também, ampliou-se de maneira considerável, o uso de energias renováveis descentralizadas,

sobretudo em regiões rurais.

A curva de aprendizagem das energias renováveis tem levado à redução de seus preços: o valor do silício – presente nas células fotovoltaicas – caiu de US\$ 65, em 1976, para US\$ 1,4 em 2010. O custo da produção elétrica eólica nos Estados Unidos diminuiu de US\$ 4,3 por watt, em 1984, para US\$ 1,9 em 2009.

Apesar desses inegáveis avanços, não se pode dizer que seja alta a probabilidade de que o sistema mundial se emancipe de sua dependência de energia fóssil nos próximos 40 anos. O ponto de partida das energias renováveis é muito baixo e isso mascara as altas taxas de crescimento.

A cifra de quase 13% da matriz mundial, na verdade, corresponde nos países pobres majoritariamente à biomassa para cocção e, em menor proporção, para aquecimento. As energias mais promissoras partem de um patamar quase irrisório: 0,1% no caso da solar e da geotérmica; 0,2% no da eólica; e, 2,3% no da hidrelétrica, cujos limites de crescimento são conhecidos. Quanto à moderna bioenergia, até aqui, somente o etanol de cana-de-açúcar oferece eficiência energética e econômica, apesar do otimismo que cerca o celulósico.

Esta é a razão pela qual, longe da convergência em torno de uma suposta independência das energias fósseis em 2050, anunciada com certo alarde na imprensa mundial, os cenários estudados pelo IPCC são, na verdade, bem menos otimistas. Mais da metade deles consideram que em 2030, as energias renováveis comporão 17% da matriz total, chegando a 27% em 2050. Apenas poucos apontam para perspectivas de 43% em 2030 e 77% em 2050.

No eixo da transição para fontes energéticas alternativas encontra-se, também, a questão da desigualdade. Deve-se compreender sobre quais fontes de energia serão construídos os serviços e a infraestrutura necessária para que se alcance a satisfação de necessidades básicas das sociedades, cujos indicadores de desenvolvimento são atualmente precários. Assim, segundo Purkayastha e Mandal (2010, pp.20), participantes do seminário em torno da proposta indiana de orçamento carbono:

(...) a questão que a Índia enfrenta consiste em saber se é possível reduzir a intensidade energética da economia antes de atingir um nível mínimo de desenvolvimento.

Esses autores verificaram que, é necessário um mínimo de consumo de energia per capita para se alcançar certo patamar de desenvolvimento. E que, para atingir, por exemplo, o consumo energético per capita de Portugal em 2005, a Índia teria que elevar sua oferta a uma velocidade de 9,1% ao ano até, pelo menos, 2038. A essa altura, eles questionaram quais seriam as chances de se chegar a tais metas a partir de um caminho produtivo com uso baixo de carbono. Encontraram a resposta na energia nuclear ou solar, já que o potencial eólico do País é relativamente acanhado e que as matérias-primas necessárias à bioenergia possuem usos alternativos inibidores de seu emprego. A Índia prevê que, em 2020, produzirá 40 mil MW de energia nuclear, além de outros 20 mil, de solar.

O custo do MW nuclear varia de US\$ 5 milhões – quando produzido por equipamentos importados da Finlândia – a US\$ 7,5 milhões – se a importação for junto aos Estados Unidos. Já a energia solar custaria US\$ 4,5 milhões por MW, cinco vezes mais do que a produzida por uma usina de carvão. E, como o fator de utilização – ou *plant load factor*, para o termo em inglês – da energia solar é de 25% contra 80% das usinas a carvão, a diferença de custo por watt gerado é ainda maior. É evidente que não é possível conceber a construção da infraestrutura e dos serviços básicos para o desenvolvimento sobre uma base energética tão dispendiosa.

Ao mesmo tempo, a descarbonização tardia das economias dos grandes países em desenvolvimento – sobretudo, China e Índia – traz custos globais capazes de comprometer as metas de redução de emissões no longo prazo. Os resultados da síntese de Luderer *et al.* (2011)

são transcritos a seguir.

(...) estudo do *Stanford Energy Modelling Forum*, baseado em um trabalho coordenado de dez modelos integrados de avaliação, mostrou que um atraso nas ações de mitigação das grandes economias emergentes até 2030 e de outros países não integrantes do Anexo I até 2050, faz com que a ambição de atingir o objetivo de 445 ppm de CO₂-eq seja virtualmente impossível de ser alcançado, e aumenta de forma significativa os custos para se atingir a meta intermediária de 550 ppm CO₂-eq¹⁵ (Luderer et al. 2011, p.16).

O cenário de base do qual partem os modelos sintetizados no estudo de Luderer et al. (2011) mostrou o claro predomínio de combustíveis fósseis até 2100, como se vê na Figura 2.6. Nela, as três projeções variam em função da oferta de energia alternativa aos fósseis – um modelo global multirregiões apresentado por Leimbach et al. (2009), o ReMIND-R baseline, – e em função da redução da intensidade energética das economias – o modelo regional WITCH baseline, desenvolvido pelo grupo de mudança climática da italiana *Fondazione Eni Enrico Mattei* (Bosetti et al., 2006; Bosetti et al., 2007), no qual a natureza não cooperativa das relações internacionais é explicitamente levada em conta.

Representadas nos gráficos, as projeções não são previsões, apenas objetivam evidenciar o impressionante abismo entre as necessidades de mudanças nas fontes e modos de uso da energia para que haja chances de se manter a temperatura no limite de aumento de dois graus centígrados.

Do ponto de vista conceitual e metodológico, duas questões são cruciais: a primeira consiste em se saber quais os investimentos necessários para que a aceleração do uso de fontes não fósseis na geração de energia – sobretudo, da elétrica – seja possível. Isso vai depender, em grande parte, do preço a ser cobrado pelas emissões de GEE, ou seja, do mercado de carbono.

Além disso, é necessário levar em conta também, a velocidade das inovações capazes de acelerar a disponibilidade de energias renováveis. As perspectivas oferecidas pela utilização comercial do etanol celulósico são tão importantes quanto é a curva de aprendizagem em energia solar e eólica, cuja geração é feita a preços cada vez menores.

Mas, nada indica que a economia mundial esteja na iminência de apoiar sua base energética em energias renováveis. Longe de conduzir a um puro e simples impasse, esta constatação é um convite para que se coloque a ênfase na maneira como se usa a energia atualmente – na qual o espaço de mudança é extraordinário – como será visto, de modo breve, no próximo item.

¹⁵Tradução livre de: *complementary to those of the Stanford Energy Modeling Forum study which found, based on a coordinated study of ten integrated assessment models, that a delay in mitigation action by the large emerging economies until 2030, and other non-Annex I countries until 2050 makes an ambitious 450 ppm CO₂-eq target virtually impossible to achieve, and raises costs significantly for the intermediate 550 ppm CO₂-eq target.*

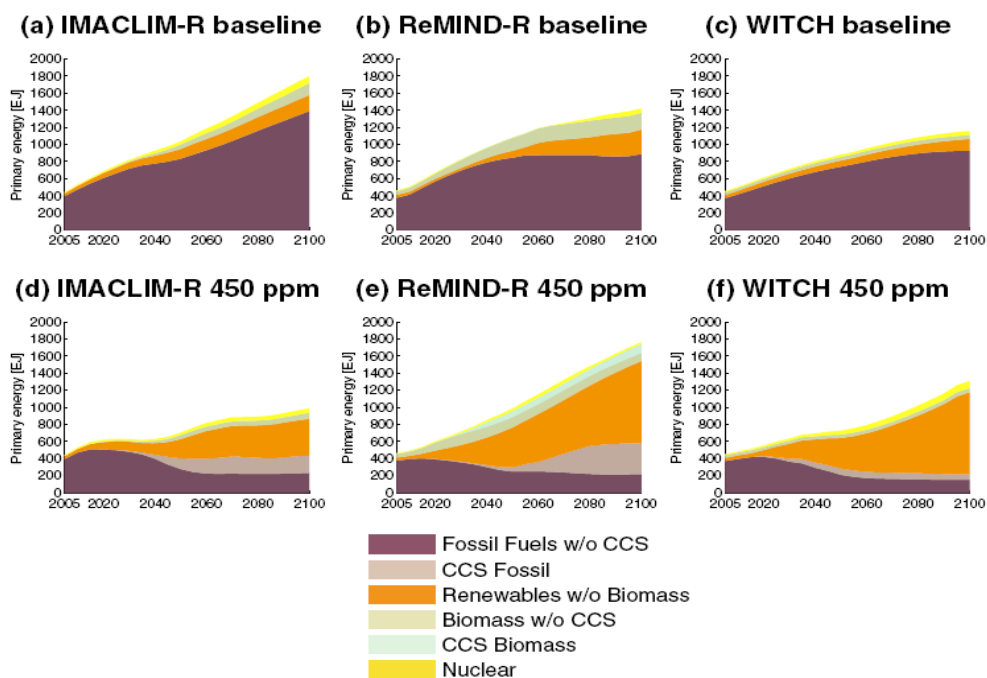


Figura 2.6 Oferta de energia primária em IMACLIM-R e WITCH para o caso-base, nos painéis a, b e c, e o cenário de política padrão com estabilização de concentrações atmosféricas de CO₂ em 450 ppm, nos painéis d e f.

Fonte: Luderer *et al.*, 2011

2.2.3.3 INTENSIDADE ENERGÉTICA E PADRÕES DE CONSUMO

Os Estados Unidos exprimem bem as dificuldades da transição para uma economia de baixo carbono. Mesmo que o esforço para tornar a economia norte-americana independente de combustíveis fósseis seja equivalente ao mobilizado durante a Segunda Guerra Mundial, levará ao menos três décadas para que fontes alternativas substituam o petróleo de forma significativa na matriz energética daquele país, segundo estimaram Ayres e Ayres (2011). Os custos adicionais da construção de novas usinas nucleares, após o acidente da usina de Fukushima, no Japão, só tendem a dilatar esse prazo.

Lester e Finan (2009), pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), estudaram a intensidade energética do País, suas fontes alternativas e o horizonte de crescimento econômico até 2050 e concluíram que:

Em síntese, o desempenho da economia norte-americana em termos de eficiência energética e descarbonização – minimizar ao máximo a emissão de carbono em qualquer atividade –, está muito aquém do necessário para atingir o objetivo. Uma indicação do tamanho da tarefa a ser enfrentada é que se o declínio da intensidade energética da economia mantivesse, nos próximos 25 anos, seu ritmo atual, o crescimento econômico per capita não poderia ser superior a 1% ao ano até 2050, mesmo com aumento espetacular da instalação de equipamentos de energia solar e eólica e com o avanço da captação de carbono para compensar a geração de energia carbonífera (Lester e Finan, 2009, p. 14).¹⁶

Lester e Finan mostraram que, mesmo um crescimento médio de 2% nos próximos 40 anos – relativamente modesto, exigiria um declínio inédito na intensidade energética norte-americana,

¹⁶Tradução livre de: *In essence, the recent energy efficiency and decarbonization performance of the U.S. economy falls far short of what would be required to achieve the goal. One indication of the size of the task ahead is that if the energy intensity of the economy were to continue to decline at the same rate as during the last 25 years, the economy could not grow faster than roughly 1% per year per capita between now and mid-century, even with extraordinarily high rates of installation of solar, wind, geothermal, nuclear and coal-fired generating capacity with carbon capture and storage.*

conforme se lê a seguir.

Posto que a maior parte das tecnologias para energia de baixo carbono é mais cara que as dominantes, que se apoiam em fontes de altas emissões, esta análise também chama a atenção para a necessidade de um fluxo sustentado de inovações em vários campos (Lester e Finan, 2009 p.14)¹⁷.

É significativo – conforme demonstraram Robert Ayres e Edward Ayres (2011) -, o potencial de ampliação da eficiência energética das economias contemporâneas. Mas a repercussão destes ganhos de eficiência sobre as emissões de gases de efeito estufa tem que levar em conta o que Leonardo Maugeri, do *Belfer Center for Science and International Affairs da Harvard Kennedy School* do MIT, chama de a próxima revolução do petróleo¹⁸ e que beneficia também, a exploração de gás. Seu trabalho (2012) apontou que, até 2020, os quatro principais fornecedores mundiais de petróleo serão Estados Unidos, Canadá, Brasil e Iraque.

Mais que isso: o fraturamento hidráulico¹⁹ oferece um horizonte inédito de ampliação da produção de gás, parcialmente em substituição ao carvão. O principal resultado disso é a diminuição do uso de carvão na geração de energia elétrica nos Estados Unidos, sobretudo a partir de 2011. Apesar da redução nas emissões na produção de energia nos EUA, o relatório anual da consultoria *PriceWaterhouse* de 2011 não hesitou em chamar de retomada suja a recuperação do crescimento econômico nos Estados Unidos após a crise de 2008.

De fato, o volume de emissões de GEE, segundo esse documento (PwC, 2011, p. 6, tabela 1), havia subido nada menos que 4,1% em um ano. Já em 2012, os gases de efeito estufa de procedência norte-americana, lançados à atmosfera, declinaram 1,9% – o que se explica fundamentalmente pela substituição do carvão pelo gás, decorrente das explorações por fraturamento hidráulico.

Esta substituição é uma das bases do otimismo de Maugeri (2012) com as perspectivas, que segundo ele, são promissoras, de utilização de combustíveis fósseis nos próximos anos nos Estados Unidos. Mas mesmo que o gás seja menos prejudicial do que o carvão, ele é também um combustível fóssil. Além disso, resta a questão sobre como se neutralizar os efeitos do uso do petróleo – sendo que este emprego de gás está associado à sua exploração. O citado autor evocou o potencial da geoengenharia. No entanto, até aqui, os projetos de captura e armazenagem de carbono não mostraram capacidade de atenuar os efeitos das emissões decorrentes do uso de combustíveis fósseis.

2.3 FORÇAS MOTRIZES, TENDÊNCIAS E MITIGAÇÃO

2.3.1 INTRODUÇÃO

Conforme anteriormente discutido, um dos grandes desafios atuais para a humanidade é encontrar formas de expandir a qualidade e a quantidade de energia, mantendo e ampliando sua sustentabilidade ambiental e econômica, com garantia do uso eficiente dos recursos energéticos. As evidências do impacto da atividade econômica sobre o meio ambiente se acumularam na última metade do século XX e no início do XXI. Os efeitos da acumulação de GEE e suas consequências sobre o clima são uma delas.

¹⁷Tradução livre de: *Since most of the low carbon energy supply technologies are more expensive than the incumbent high-carbon energy sources, this analysis also draws attention to the need for a sustained flow of innovations in many different fields of application in order to bring.*

¹⁸Maugeri, 2012.

¹⁹Tradução livre: *O fraturamento hidráulico é uma técnica de exploração de petróleo que consiste em introduzir líquido numa camada de pedra, daí resultando fraturas por onde vão escoar petróleo e gás.*

Do ponto de vista econômico, pode-se considerar que o meio ambiente passou de um recurso de uso comum e disponibilidade ilimitada para a categoria de bem escasso (Siebert, 2008). Utilizado como bem público de consumo, recurso natural ou receptáculo de resíduos, ele se mostra crescentemente tensionado pelas atividades humanas. Como esta demanda para diferentes usos parece estar bastante acima da disponibilidade e da capacidade de recuperação dos meios físicos, alguns dos usos competitivos devem ser reduzidos ou eliminados – ou seja, geridos.

A mudança climática pode ser considerada como um complexo problema de externalidade²⁰, termo utilizado por economistas para caracterizar fenômenos econômicos que repercutem para além dos preços de mercado. Assim, do ponto de vista da teoria econômica, a mudança climática pode ser considerada uma externalidade ampla e complexa, com grande incerteza sobre seus efeitos (Tol, 2009). Isto se deve ao fato de que as origens das emissões de GEE são as mais difusas e variadas possíveis, tendo, portanto, forças motrizes associadas a praticamente qualquer atividade humana exercida no meio ambiente.

Existe uma antiga discussão sobre o efeito do crescimento econômico na degradação ambiental, na depleção de recursos naturais e nos determinantes das forças motrizes que aceleram o aquecimento global. A discussão das relações entre meio ambiente e economia remete à discussão de limites ao crescimento econômico.

Na década de 1970, um estudo intitulado *Os limites do crescimento* (Meadows *et al.*, 1972), foi preparado por uma equipe de pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology* e patrocinado pelo Clube de Roma – criado em 1968 por lideranças variadas de diversos países, inclusive prêmios Nobel, economistas, políticos, chefes de estado e, até mesmo, associações internacionais, com o fim de promover o crescimento econômico estável e sustentável da humanidade. Seu texto argumentava que o crescimento contínuo da economia teria chegado ao extremo e que o mundo estava entrando na era dos limites.

Entretanto, tais resultados foram contestados por diversos especialistas (e.g. Nordhaus, 1992). Por fim, no começo da década de 1990, esta hipótese da pressão do crescimento econômico sobre o meio ambiente foi retomada no âmbito das mudanças climáticas, especialmente a partir dos primeiros relatórios do IPCC.

Com o crescimento das evidências das mudanças climáticas como resultado da ação humana, passa a ser relevante buscar, para o caso brasileiro, as principais fontes históricas de emissões de GEE e entender quais as forças motrizes abrigadas em suas raízes. Enquanto País de renda média, com expectativa de se tornar a quinta economia do mundo, o Brasil enfrenta o enorme desafio de propor e cumprir seus compromissos voluntários internacionais quanto à mitigação dos efeitos desse processo emissor.

Para ilustrar, o cenário de referência utilizado no estudo do Banco Mundial sobre a produção de baixo carbono em território brasileiro prevê para 20 anos um crescimento de 32% nas emissões de gases de efeito estufa, o que significa um ritmo de expansão de pouco mais de 1% ao ano (Gouvello *et al.*, 2010).

A diferença entre estes números e a meta brasileira proposta em Copenhague (UNFCCC, 2009a), coloca o desafio de mitigação enfrentado pelo Brasil. Em que pesem todos os avanços, ainda não está claro como o País poderá conciliar desenvolvimento e sustentabilidade, mitigando o efeito dos gases emitidos, processo que influi não apenas sobre o meio ambiente, mas também sobre a economia, a sociedade, a política, a cultura e a segurança.

Apesar da importância das mudanças no uso de solo como fonte de emissões, as atividades

²⁰Na teoria econômica, externalidade se refere a um efeito externo da atividade econômica que afeta o bem-estar – ou custos – de outro agente e não é intermediada por preços ou compensada. Ou seja, seus custos não são observados pelos agentes (Pigou, 1920; Baumol e Oates, 1995).

produtivas também têm um papel relevante no Brasil, especialmente quanto ao uso de combustíveis fósseis para a produção, como está descrito em estudos que serão analisados neste documento.

Um tema a ser revisto é o de viabilidade e custo de políticas de redução de emissões de GEE na economia brasileira, como são os casos da limitação e a comercialização de certificados de direitos emissores ou da cobrança de taxas sobre o carbono.²¹ Existem poucas estimativas acerca de quais impactos estes mecanismos teriam sobre a economia e o comportamento emissor brasileiro. Por exemplo, uma política agressiva na direção de sua redução, poderia representar um entrave à expansão da fronteira agrícola ou ao crescimento mais acelerado do PIB.

Mitigação, definida como redução nas emissões de GEE, envolve mudanças na utilização de recursos naturais, combustíveis fósseis, e energias alternativas, além de eficiência energética e modificações em direção a um padrão de consumo menos intensivo em carbono. Alguns destes movimentos podem ser induzidos pelas próprias forças da economia de mercado, uma vez que modificações tecnológicas e alterações nas preferências dos agentes econômicos passem a levar em consideração a necessidade de redução das emissões. Entretanto, diversas condicionantes implicam que o mercado pode falhar no encaminhamento de uma transformação como essa, dado as incertezas, as deficiências de informação e os custos envolvidos. Abre-se, assim, espaço para políticas públicas que induzam processos de mitigação de emissões de GEE.

Os itens aqui apresentados buscam identificar estudos que analisem as complexas inter-relações das causas básicas e próximas das emissões de GEE, com o objetivo de elaborar políticas capazes de mitigá-las ao menor custo econômico, social e cultural possível, na realidade deste século XXI. Em vez de se supor a simples continuidade de tendências verificadas em décadas passadas, o que se procura é entender a rede causal como base para a escolha de possíveis intervenções eficazes e viáveis, levando-se em conta a diversidade regional no Brasil.

Assim, serão examinadas as forças motrizes que podem ser associadas a emissões de GEE, a tendência futura das mesmas e suas perspectivas de mitigação no Brasil. O foco é a produção acadêmica a respeito de tais temas, em especial o da associação entre fatores socioeconômicos e o processo emissor dos gases de efeito estufa.

2.3.2 FORÇAS MOTRIZES, TENDÊNCIAS E MITIGAÇÃO

2.3.2.1 MUDANÇAS NO USO DE SOLO E FLORESTAS

As emissões decorrentes da mudança do uso do solo e de florestas, conforme aponta o Segundo Inventário Brasileiro de Emissões (Brasil, 2010), referem-se às emissões e a remoções.

- Remoção líquida de gases de efeito estufa por sumidouros na linha de base é a soma das mudanças nos estoques de carbono nos reservatórios dentro dos limites do projeto que teriam ocorrido na ausência das atividades de florestamento ou reflorestamento do projeto .
- Remoção atual líquida de gases de efeito estufa por sumidouros é a soma das mudanças verificáveis nos estoques de carbono nos reservatórios dentro dos limites do projeto, menos os aumentos das emissões por fontes de gases de efeito estufa medidos em CO₂ equivalente decorrentes da implementação das atividades de florestamento ou reflorestamento do projeto, evitando-se a dupla contagem, dentro dos limites do projeto”.
- Remoção de gás de GEE associadas ao aumento ou diminuição do carbono na biomassa – acima ou abaixo do solo – pela substituição de um determinado tipo de uso da terra por

²¹Os mecanismos de *cap and trade* se referem a uma definição de teto – *cap* – e um mecanismo de comercialização – *trade* – em políticas de controle de poluição. Esse tipo de mecanismo foi adotado em diversos países para distintos problemas de política ambiental. Uma resenha destas experiências está em Stavins (2003). Políticas de taxaço de carbono são propostas de criação de impostos que incidem sobre o conteúdo de carbono de bens e serviços. Não existem muitos exemplos de políticas deste tipo, mas pode ser citada a que foi implementada na Austrália, no início de 2011 – vide Guglyvatyy, 2010. Alguns autores comparam políticas de *cap and trade* com taxaço de carbono, na tentativa de avaliar a melhor resposta para o problema do aquecimento global (Avi-Yonah e Uhlmann, 2009).

outro, como, por exemplo, a conversão de uma floresta para agricultura ou pecuária, ou a substituição de uma lavoura por reflorestamento.

Também são consideradas as emissões e remoções pelo uso da terra não submetida a uma mudança, por crescimento ou perda de carbono sob um mesmo tipo de uso, como por exemplo, crescimento de uma vegetação secundária, ou mesmo da vegetação primária em áreas manejadas (Brasil, 2010).

Tendo em vista sua importância para as emissões no Brasil, seus determinantes devem ser estudados e, em princípio, alguns elementos podem ser citados, tais como a expansão da fronteira agrícola, a modificação de cultivos, a pavimentação de estradas, as obras de infraestrutura e a ocupação de solo urbano.

Os fatores determinantes da mudança no uso do solo se associam a diversas causas. Segundo Gouvello *et al.* (2010), nos biomas Amazônia e Cerrado, por exemplo, a expansão da fronteira agropecuária atrelada à construção de novas rodovias e migração humana determina o padrão de desmatamento local, que também é influenciado pelas forças de mercado, através do efeito nos preços dos produtos da agricultura, da pecuária e de recursos naturais.

Fronteira agrícola e desmatamento

As emissões de GEE decorrentes de mudança no uso de solo eram a principal fonte desse fenômeno ambiental no Brasil, conforme as estimativas do Segundo Inventário Nacional de Emissões (Brasil, 2010), responderam por cerca de 60% do volume total emitido em 2005. Deve-se ressaltar que, outras estimativas recentes para o período entre 2006 e 2010 (MCTI, 2013) também indicaram queda nas taxas de desmatamento resultante em redução das emissões associadas a modificações na utilização da terra. Assim, o padrão emissor de gases de efeito estufa no País se aproxima daquele das economias desenvolvidas, enquanto relacionado ao emprego de combustíveis fósseis e geração de energia.

O desmatamento está, em geral, associado ao avanço da fronteira agrícola, embora muitas vezes também o esteja à abertura de estradas, obras de infraestrutura e expansão urbana. A região amazônica tem sido um dos principais focos na questão do desmatamento.

Diversos trabalhos consideraram que – nas duas últimas décadas do século XXI –, o processo de desmatamento tem sido resultado das decisões econômicas sobre usos alternativos da terra. Esta nova dinâmica está ligada, principalmente, ao mercado externo, impulsionada pela rentabilidade das principais atividades, como a extração madeireira, a pecuária e, nos últimos anos, a agroindústria (Fearnside, 2003; Margulis, 2003; Alencar *et al.*, 2004; Diniz *et al.*, 2009).

A expansão da fronteira agropecuária foi apontada como o principal responsável pelas emissões oriundas de desmatamento e as mudanças de uso de solo no Brasil, com destaque para a pecuária (Chomitz e Thomas, 2001; Margulis, 2003; Fearnside, 2005; Rivero *et al.*, 2009; Barona *et al.*, 2010; Oliveira Junior *et al.*, 2010). As fazendas de médio e grande porte já responderam por cerca de 70% das atividades desmatadoras (Fearnside, 2005). Chomitz e Thomas (2001) constataram que, mais de 75% das terras desmatadas acabaram sendo utilizadas como pastagens no bioma Amazônia em território brasileiro. No entanto, evidências recentes indicaram que, em termos relativos, a agricultura está se expandindo a uma taxa maior do que a pecuária (Morton *et al.*, 2006; Mertens *et al.*, 2002; Kaimowitz *et al.*, 2004).

Segundo esses autores, o desmatamento na fronteira agrícola foi, em média, o dobro do da área para as pastagens e tal conversão ocorreu muito rapidamente. Mais de 90% das clareiras para lavouras foram plantadas no primeiro ano posterior à derrubada da mata. A expansão do agronegócio ocorreu notadamente com a cultura de soja ocupando o que fora pasto (Alencar *et al.*, 2004; Laurance *et al.*, 2004).

Em tal contexto, as queimadas configuraram o primeiro passo para o desmatamento na região amazônica. Fazem parte do processo de produção e estão associadas à expansão agrícola na Região Norte e Centro-Oeste do País. Contudo, a utilização do fogo também gera custos econômicos, ambientais e sociais.

Mendonça *et al.* (2004) os estimaram quando relacionados a incêndios acidentais de pastagens, perdas florestais, emissões de carbono e impactos sobre a saúde humana. Seus cálculos sugeriram um custo anual variando de US\$ 90 a US\$ 5,055 milhões em 1998, equivalente a entre 0,2% e 9% do PIB da Amazônia Legal, região sócio-política oficial que cobre 59% do território brasileiro e é composta pelos sete estados do Norte do Brasil, o de Mato Grosso, no Centro Oeste e a maior parte do território do Maranhão. A grande variação nos resultados é fruto da influência da mensuração das emissões de CO₂, dado as incertezas relacionadas às estimativas de estoques de carbono.

O referido estudo calculou ainda, a liberação de entre 36 a 476 megatoneladas de carbono (MtC) na atmosfera ao ano em decorrência de queimadas.

Defries *et al.* (2008), por seu turno, avaliaram as emissões decorrentes das queimadas para as várias transições no uso da terra no Estado do Mato Grosso, entre 2001 e 2005. Incêndios associados a desmatamento contribuíram com emissões equivalentes à ordem de 67 MtC ao ano²² – de cujo volume, 17 e 50 MtC anuais exaladas a partir da conversão de lavouras e pastagens, respectivamente –, ao passo que a conversão de savanas e pastagens existentes para lavouras liberaram 17 megatoneladas de carbono por ano.

Grandes clareiras contribuíram com 67% das emissões, embora representem apenas 10% dos eventos de desmatamento nesse Estado do Centro-Oeste. Segundo os autores, portanto, seria necessário intensificar-se a produção agrícola – entendida como o aumento de produtividade por hectare – em áreas já desmatadas, além da adoção de políticas públicas para se desestimular a abertura de grandes clareiras e reduzir as principais fontes emissoras de GEE, decorrentes de incêndios.

Números para as emissões históricas de gases de efeito estufa por desmatamento foram apresentados em Fearnside (2002). Indicaram a predominância da derrubada da vegetação como causa principal do volume líquido de CO₂ emitido na porção brasileira do bioma Amazônia. Comparados em termos de efeito no balanço emissor de GEE anual por mudança no uso da terra, o processo desmatador respondeu por volume equivalente a 359 Mt de CO₂ – ou CO₂-eq –, enquanto que a exploração madeireira acrescentou à atmosfera 62 Mt CO₂-eq. O crescimento de floresta secundária em 1990, por sua vez, absorveu 29 Mt CO₂-eq, o que equivale a reduzir em apenas 2,4%, o total emitido desses gases excluindo-se da conta, hidrelétricas e pastagens.

Fearnside *et al.* (2009) apresentaram estimativas mais recentes de emissões derivadas de uso de solo no Brasil – especificamente nos estados de Mato Grosso e Rondônia, que são responsáveis por mais da metade do desmatamento na Amazônia Legal. Além disso, o trabalho estimou as taxas de derrubada de mata e lançamento de gases de efeito estufa no bioma Cerrado à atmosfera, que não têm sido incluídas no monitoramento do processo desmatador ocorrido no Brasil. Assim, a emissão conjunta aferida nesses dois estados brasileiros – o equivalente a 56,9 Mt CO₂ –, pode ser comparada à provocada anualmente pela combustão de combustíveis fósseis – aproximadamente 80 Mt de carbono.

O impacto da expansão da fronteira agrícola no Mato Grosso também foi estudado por Galford *et al.* (2010). Por meio de sensoriamento remoto, o trabalho concluiu que as áreas de cultivo mais do que dobraram entre 2001 e 2006, cobrindo cerca de 100.000 quilômetros quadrados. A conversão da vegetação natural e da pastagem em cultivos agrícolas resultou em uma média equivalente a 179 Mt CO₂ emitidas ao ano, o que corresponderia a mais da metade do volume

²²1 Megatonelada de carbono (MtC) equivale a mil gigagramas (Gg) ou 10³ Gg de carbono.

gerado pelo uso de combustíveis fósseis no Brasil nesse mesmo período.

Dentro dessa mesma temática, projeções de Gouvello *et al.* (2010) apontaram que o desmatamento responderá pela maior parcela das emissões anuais de GEE provocados pela mudança de uso de solo e florestas até 2030 – acima do equivalente a 533 megatoneladas de CO₂ anuais. Considerando-se a agricultura e a pecuária, esse tipo de processo emissor aumentou, ao longo do período, a uma taxa anual equivalente a 346 Mt CO₂ ao ano. Em contrapartida, o sequestro de carbono representaria apenas 1% do volume total de gases de efeito estufa emitido – o equivalente a 29 Mt CO₂ ao ano, caindo para 20 Mt CO₂ em 2030.

Tais projeções sugeriram que, até 2030, as emissões totais provocadas pela mudança de uso do solo e florestas crescerão 25%, alcançando volume equivalente a 916 mil toneladas de CO₂ ao ano. Outra estimativa pode ser encontrada em Soares Filho *et al.* (2006). Através de um modelo espacial de desmatamento, os autores concluíram que, até 2040, esse processo poderá ceder 40% em relação ao patamar atual de 5,4 milhões de quilômetros quadrados da floresta amazônica, liberando até 32 gigatoneladas de carbono para a atmosfera – o equivalente a volume igual a mais de quatro anos de emissões realizadas por todo o planeta no patamar atual.²³

No final de 2009, o governo brasileiro apresentou na COP15, realizada em Copenhague, metas nacionais voluntárias de reduções de emissões de GEE até 2020 – de 36,1% a 38,9% dos volumes de GEE projetado para o período. Propôs-se a fazê-lo, sobretudo, por meio da diminuição no mesmo prazo de 80% na taxa de desmatamento do bioma amazônico, inserido nos 5 milhões de quilômetros quadrados da Amazônia Legal brasileira, o equivaleria a menos 564 Gg de CO₂-eq em 2020 (UNFCCC, 2009a).

De julho de 2005 a julho de 2009, o desmatamento declinou 36% em relação a seus níveis históricos (INPE, 2009). Nepstad *et al.* (2009) apontaram que, para alcançar essa redução, o Brasil expandiu as áreas protegidas na Amazônia Legal de 1,26 para 1,82 milhões de quilômetros quadrados e cancelou crédito para proprietários de terras ilegais, conjugado a uma certa retração na expansão das atividades agropecuárias na região. Ainda de acordo com esse estudo, se observada a meta traçada em Copenhague, o resultado provocaria uma queda de 2 a 5% nas emissões globais de carbono.

No âmbito dessa mesma discussão, Caetano *et al.* (2011) estimaram o saldo líquido de CO₂ decorrente de reflorestamento na porção brasileira do bioma Amazônia. Seus resultados indicaram que uma meta de emissão de CO₂ para 2020 como a proposta pelo governo brasileiro em Copenhague, requer, para uma área de floresta estimada de 3,7 milhões quilômetros quadrados, o reflorestamento de 454,037 mil em tal extensão. Esses autores sugeriram que, embora o crescimento econômico regional possa estimular um ambiente político mais favorável, o corte de 38,9% das emissões de carbono até 2020 pode se configurar como objetivo muito ambicioso.

Carvalho *et al.* (2009) analisaram a conversão do bioma Cerrado em terras agrícolas na porção Sudoeste da Amazônia Legal. Quantificaram aí, o sequestro de carbono do solo – tal como os fluxos de gases de efeito estufa – considerando os sistemas de plantio direto²⁴ – *no-tillage*, em inglês – e convencional para as culturas de soja e arroz. Dado os estoques de carbono, as medições indicaram que os solos sob plantio direto apresentaram maior fixação de carbono em comparação ao da vegetação de cerrado nativa e àqueles cultivados por plantio convencional.

²³Projeções considerando um cenário *business as usual*.

²⁴O plantio direto é uma técnica de cultivo na qual se procura manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais. Essa cobertura tem por finalidade protegê-lo do impacto das gotas de chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), plantio direto é a semeadura de culturas sem preparo do solo e com a presença de cobertura morta ou palha, constituída dos restos vegetais originados de cultura anterior conduzida especificamente para produzir palha e às vezes também para grãos. Geralmente o plantio direto é aplicado no cultivo de sucessões simples, tais como: soja/milheto, soja/milho-safrinha (milho semeado de dezembro até o final de fevereiro), soja/trigo, soja/aveia-preta etc., por vários anos seguidos, não se utilizando, portanto, um sistema organizado de rotação de culturas (Embrapa, 2012).

No tocante à expansão da fronteira agrícola e ao deslocamento de cultivos no território brasileiro, é relevante considerar, ainda, as consequências da produção de biocombustíveis no País – sobretudo, a partir da cana-de-açúcar –, em função das alterações que ela pode causar quanto ao uso da terra e à realocação de culturas, o que poderia gerar impactos nefastos sobre o meio ambiente e as emissões de GEE.

Sparovek *et al.* (2008) analisaram a expansão da cana-de-açúcar no Brasil de 1996 a 2006 e seu efeito sobre o meio ambiente. Os resultados indicaram que esse cultivo não teria contribuído para o desmatamento direto nas regiões agrícolas tradicionais. A ampliação da produção de cana-de-açúcar no bioma amazônico no Nordeste brasileiros teria ocorrido a taxas muito menores, se comparada à produção agropecuária. Para ambas essas regiões, não é esperado aumento significativo da área plantada por tal cultura agrícola que tem se expandido por terras do Sudeste e do Centro-Oeste do País.

Pacca e Moreira (2009) analisaram o potencial de mitigação dos efeitos de emissão de gases de efeito estufa derivados do programa de etanol no Brasil desde 1975, incluindo o acarretado pela mudança de uso da terra. Seus resultados mostraram que a neutralização do carbono liberado por este último processo foi atingida apenas em 1992. O patamar máximo mitigador da indústria de cana-de-açúcar foi alcançado em 2006: 128 toneladas de CO₂ por hectare. As projeções para esse setor indicariam que, em 2039, ele corresponderia a 836 toneladas de dióxido de carbono por hectare, o que equivale a 5,51 quilos desse gás por litro de etanol produzido.

Em um segundo estudo, os mesmos autores (2011) argumentaram que, apenas 4% da área mundial de terras cultiváveis disponíveis seriam suficientes para produzir biocombustíveis em quantidade capaz de alimentar a frota mundial de automóveis.

Figueiredo *et al.* (2010), por outro lado, analisaram a contribuição do sistema de produção e colheita de cana-de-açúcar para as emissões de GEE no País, quantificando as emissões de CO₂ decorrentes das atividades de duas usinas durante a safra de 2006 e 2007. O estudo demonstrou que 241 quilos de dióxido de carbono são liberados para a atmosfera para cada tonelada de açúcar produzido. E apontou que a maior parte das emissões totais – 44% – resultou da prática de queima de resíduos, associada a cerca de 20% resultantes do uso de fertilizantes sintéticos e de 18% derivados da queima de combustíveis fósseis. Esses autores sugeriram que a redução nas emissões de gases do efeito estufa pelo referido plantio pode ser alcançada com a troca por um sistema de colheita verde – em inglês, *green harvest* –, isto é, sem queima.

Estimativas dessas mudanças na forma do plantio e/ou colheita da cana-de-açúcar podem ser encontrados em Figueiredo e La Scala (2011) e Bayer e Mielniczuk (2000). Esses especialistas elaboraram suas projeções em relação a emissões de GEE a partir da conversão de áreas de plantio de cana-de-açúcar para queimadas em zonas de colheita verde. Os resultados obtidos apontaram que o uso de fertilizantes sintéticos e a queima de resíduos são responsáveis por grande parcela das emissões no setor agrícola brasileiro. Tais estimativas indicaram, entretanto, que essa conversão seria capaz de evitar um lançamento equivalente a entre de 310,7 quilos a 1,484 toneladas de CO₂ na atmosfera – sendo que este último valor já considera o sequestro de carbono do solo.

Dessa forma, segundo tais autores, o desenvolvimento da produção de etanol e açúcar no Brasil pode avançar para reduzir a prática de queimadas e do uso de diesel, adotando, além disso, práticas de adubação mais eficientes, como a do plantio direto. Deve-se ressaltar, entretanto que estes estudos não consideraram o balanço de emissões da cana-de-açúcar.

Bayer e Mielniczuk (2000), por sua vez, analisaram os efeitos que os sistemas de preparo e cultura têm sobre a mitigação dos efeitos de emissões de CO₂. A partir de simulações dos estoques de carbono orgânico e nitrogênio no solo em culturas no Sul do Brasil, observou-se que a utilização do plantio direto associado a sistemas de manejo sem revolvimento do terreno ou alto aporte de

resíduos, apresentou efeito mitigador positivo.

Valorização de florestas

Como resposta ao desmatamento, é comum a argumentação de que a solução estaria na valorização e na proteção das florestas (Costanza *et al.*, 1997; Fearnside, 1999; Groot *et al.*, 2002; Wunder *et al.*, 2008). Existem algumas possibilidades neste sentido, tanto por meio de manejo florestal para a produção de madeira, quanto por emprego de produtos florestais não madeireiros.

A criação de unidades de conservação ambiental (UCs) no Brasil durante a década de 1990 – regulamentada pela Lei 9.985 em 2000 – faz parte de políticas adotadas como resposta à alta taxa de desmatamento observada na Amazônia Legal nesse período. Ainda existem controvérsias se, de fato, por si só, tal iniciativa seria suficiente para mitigar o efeito das emissões de gases no Brasil, pois a existência de poucas áreas protegidas não resolveria problema tão extenso, ao passo que, se forem muitas, poderão estimular o corte de vegetação natural nas áreas que não o são.

Conforme apontou Fearnside (2003), interesses díspares de diferentes grupos ajudam a explicar a grande quantidade de programas e tipos de unidades de conservação na Amazônia Legal.

Alguns trabalhos estudaram a possibilidade da prestação de serviços ambientais nessa área do País. Borner *et al.* (2007) desenvolveram um modelo bioeconômico – que trata a interdependência e coevolução da economia e dos ecossistemas naturais no espaço e no tempo – para avaliar os efeitos de vários tipos de políticas sobre serviços ambientais prestados na microrregião de Bragantina, município do Estado do Pará inserido na Amazônia Legal. O programa piloto de particular interesse no estudo foi o Proambiente²⁵, que usa esquemas de pagamento a pequenos produtores para incentivá-los a gerir os recursos da terra e da floresta de forma sustentável.

Os resultados sugeriram que a agricultura leva a uma redução de serviços ambientais prestados pelos agricultores, principalmente se considerando a manutenção de florestas secundárias, uma vez que a primeira ainda garante maior rentabilidade. Ainda assim, verificou-se um aumento de áreas de conservação em decorrência do mecanismo de pagamentos por esse tipo de serviço – conhecido como pagamento por serviços ambientais (PSA). A partir da mesma metodologia, Vosti *et al.* (2003), mostraram que a retirada sustentável de produtos madeireiros por pequenos proprietários rurais também poderia reduzir a derrubada de vegetação de mata, embora as áreas de clareira não se modifiquem significativamente.

Na região amazônica, os esforços para se colocar em prática o manejo florestal comunitário obtiveram resultados apenas modestos, segundo alguns estudos. Pokorny e Johnson (2008) e Medina *et al.*, (2008) analisaram diferentes comunidades no bioma Amazônia²⁶. Algumas delas negociavam seus direitos de extração de madeira com madeireiras, e outras, recebiam apoio de agências de desenvolvimento para manejo florestal comunitário.

De 2005 a 2008, quase todas teriam adotado a primeira prática, em razão da maior renda assim auferida se comparada à resultante do manejo florestal comunitário que atraiu a participação de menos de 2% delas. Custos elevados – de US\$ 25.000 a US\$ 377.000 por comunidade – e falta de conhecimento técnico e retorno financeiro relativamente baixo, mesmo com agências de desenvolvimento subsidiando o sistema, foram algumas das razões apontadas pelo estudo para o relativo fracasso do projeto (Medina *et al.*, 2008).

²⁵Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o Programa de Desenvolvimento Socioambiental da Produção Familiar Rural (Proambiente) tem como objetivo promover o equilíbrio entre a conservação dos recursos naturais e produção familiar rural, por meio da gestão ambiental territorial rural, do planejamento integrado das unidades produtivas e da prestação de serviços ambientais. Disponível em <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=33>. Acesso em 14 de fevereiro de 2012.

²⁶As áreas de estudo compreenderam quatro comunidades no Brasil, duas no Peru e duas na Bolívia.

A superação desses obstáculos, segundo Pokorny e Johnson (2008), deve começar a partir do incentivo de práticas desenvolvidas localmente, com ênfase em educação e extensão. O acesso das comunidades a áreas de florestas públicas também deveria ser ampliado, conjugado a investimentos adequados em infraestrutura, formação e equipamento.

Análise semelhante foi feita para comunidades no Estado do Acre (Drigo *et al.*, 2009). A percepção negativa em termos dos direitos de propriedade econômica e legais sobre terras florestais desempenharia um papel crucial na recusa à adesão a projetos de manejo florestal comunitário. As diferentes avaliações do valor da floresta por agricultores tradicionais, seringueiros e uma nova geração destes últimos, habitante de reservas extrativistas, teriam criado dificuldades a tais projetos. Sua dependência em relação a organizações não governamentais (ONGs) e a financiamentos, aliada à própria falta de organização interna e de requisitos de qualidade e produtividade foram apontadas como dificuldades encontradas pelas comunidades locais para participarem dessas iniciativas.

Redução das emissões por desmatamento e degradação florestal (REDD)

Os mecanismos de redução das emissões por desmatamento e degradação Florestal (REDD) surgiram nas discussões do SBSTA da UNFCCC, em 2006. Possíveis políticas e incentivos para reduzi-las em países em desenvolvimento foram, então, analisadas, assim como questões científicas, socioeconômicas e metodológicas no que concerne às florestas tropicais e ao ciclo do carbono, visando alcançar o objetivo da Convenção do Clima (Holloway e Giandomenico, 2009).

Através do REDD, um país em desenvolvimento cujo solo abrigue florestas tropicais que esteja disposto a implantar e comprovar a execução de programas de redução de emissões de GEE resultantes de desmatamento e degradação florestal pode obter incentivo ou compensação financeira. Em sua essência, o mecanismo objetiva mudar as estruturas tributárias em favor da proteção das florestas.

Mais tarde, em 2008, pressões exercidas por países como a Índia levaram à concepção do REDD plus (REDD+) garantindo para a conservação, a gestão sustentável de florestas e o incremento dos estoques de carbono, importância igual àquela conferida à redução de desmatamento e degradação de florestas, nas negociações relacionadas a projetos envolvendo esse tipo de mecanismo (Holloway e Giandomenico, 2009).

As propostas do REDD podem ser entendidas a partir de seus quatro referenciais básicos: escopo, nível de referência, distribuição e financiamento. O primeiro se refere às atividades que são elegíveis para se alcançar redução de emissões. O segundo define o cenário referencial, que atua como parâmetro – ou *benchmark*, no termo em inglês – histórico ou projetado, em relação ao qual as reduções de emissões futuras podem ser mensuradas e potencialmente recompensadas. É utilizado também para se determinar a adicionalidade²⁷ de uma determinada atividade.

Já a distribuição, diz respeito à forma pela qual os benefícios das reduções de emissões serão distribuídos ou alocados entre países com florestas tropicais que não são diretamente beneficiados pelo mecanismo do REDD. Por fim, as fontes de financiamento levam em conta os recursos que seriam usados para incentivar a referida empreitada dentro do escopo estabelecido pelo mecanismo (Parker *et al.*, 2008).

Segundo May e Millikan (2010), apesar das previsões e iniciativas para a redução das emissões brasileiras, os projetos embasados pelo mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), bem como os programas e a legislação brasileira, deram passos tímidos em direção à redução do desmatamento no Brasil. O Protocolo de Quioto não incluiu a conservação de florestas ou medidas que evitem sua degradação como atividades geradoras de crédito de carbono.

²⁷Segundo o princípio da adicionalidade, no âmbito da UNFCCC, (...) as reduções devem ser adicionais àquelas que ocorreriam mesmo na ausência da atividade certificada do projeto (Pereira & May, 2003), ou seja, reduções obtidas adicionalmente ao que se observaria sem a atuação do projeto.

Ao contrário do MDL, o REDD permitiria a remuneração pela manutenção da floresta em pé – ou seja, seus proprietários ou ocupantes poderiam, sob certas condições, ser remunerados por não utilizá-la economicamente. Por essa razão, tem sido bastante discutida uma contrapartida financeira pelo carbono fixado em florestas nativas como novo instrumento de mitigação dos danos por emissão de GEE (Schmid e Acevedo, 2009).

Dado a crescente discussão em torno da diminuição do desmatamento e das emissões de carbono que poderiam ser evitadas com a manutenção das florestas em pé, adotou-se, em 2007, durante a 13ª Conferência das Partes (COP13)²⁸, os objetivos de se estancar a perda de cobertura de florestas nos países em desenvolvimento até 2030 e se reduzir o desmatamento bruto desses países em 50% até 2020, a partir dos níveis registrados no ano da celebração do acordo (Holloway e Giandomenico, 2009).

Também o acordo alcançado dois anos mais tarde, em Copenhague, na COP15, reconheceu a importância deste mecanismo e a necessidade de se promover incentivos para financiar tais ações nos países em desenvolvimento (UNFCCC, 2009b). Foi acordado então, que o compromisso coletivo dos países desenvolvidos seria o de fornecer recursos novos e adicionais para o financiamento de ações redutoras de emissões oriundas de desmatamento e degradação ambiental (REDD+), e de adaptação, desenvolvimento e transferência de tecnologia. Uma das recomendações sobre como esse mecanismo deveria funcionar foi a de propiciar o engajamento pleno e efetivo dos povos indígenas e das comunidades locais nesses processos, além do reconhecimento da importância de suas atividades sobre o manejo sustentável de florestas e a preservação da biodiversidade (UNFCCC, 2009b).

A primeira iniciativa no estilo dos projetos REDD, estabelecida no Parque Nacional Noel Kempff Mercado, localizado no Norte da Bolívia, é uma parceria entre o governo boliviano, organizações filantrópicas conservacionistas daquele país e norte-americanas e três empresas internacionais. Entre 1997 e 2005, com a redução das queimadas agrícolas e o desenvolvimento de programas de renda alternativos, o projeto teria evitado emissão de gases equivalente a uma gigatonelada de CO₂ em 634.000 hectares.²⁹ Suas ações incluíram reflorestamento e adoção de formas de evitar o desmatamento, além de terem contado com um financiamento de longo prazo e a elaboração de um plano de manejo para a unidade de conservação.

Alguns trabalhos analisaram o impacto da adoção de REDD no Brasil. É o caso do elaborado por Borner *et al.* (2010), que mostrou as possibilidades da aplicação de pagamentos de serviços ambientais como os REDD na porção brasileira do bioma Amazônia. Os autores sugeriram que, sob as condições econômicas em vigor, é possível se pagar para evitar desmatamento em mais da metade das florestas consideradas ameaçadas nas próximas décadas. Entretanto, o mesmo otimismo não se aplicaria quando se considerasse os aspectos institucionais. A grilagem de terra, a insegurança da posse, a sobreposição de pedidos de regularização fundiária e falta de informações precisas sobre ocupação e posse de propriedades privadas, constituem alguns dos impedimentos da efetivação de projetos de REDD a prazo médio, conforme os autores.

Outra conclusão do mesmo trabalho é a de que, regimes que se alinham com os preceitos de custo de oportunidade, são preferíveis em termos da relação entre custo e eficácia que apresentam e não necessariamente comprometem a questão da equidade. Porém, conforme apontaram seus autores, os sistemas de PSA não podem substituir os de comando e controle, uma vez que o primeiro depende do segundo para garantir governança em nível básico.

²⁸Realizada em 2007, em Bali, Indonésia.

²⁹Não foi encontrado trabalho em publicação acadêmica sobre esse projeto. Estes resultados se baseiam em estudo de Marshall *et al.* (2009), publicado pela *The Nature Conservancy*, disponível em www.cbd.int/forest/doc/noel-kempff.pdf. Acesso em 19 de novembro de 2012.

Nessa mesma linha, Ezzine-de-Blas *et al.* (2011) ponderaram a respeito das possibilidades da implementação de REDD no bioma amazônico brasileiro. Com base em resultados de um estudo de caso sobre assentamentos por reforma agrária e na análise regional de custos de oportunidade na região estudada, seu trabalho discutiu implicações potenciais sobre bem-estar e equidade.

Embora os resultados tenham apontado para uma considerável escala econômica dos projetos baseados no mecanismo de mitigação citado, a existência de limitações ao uso de direitos legais, juntamente com a distribuição geográfica desigual de reservas florestais entre os assentamentos, mostrou que menos da metade deles – os mais pobres – serão capazes de obter lucro através da iniciativa.

O estudo Economia do Clima no Brasil: custos e oportunidades, conhecido pela sigla EMCB e discutido em Margulis *et al.* (2010), avaliou os custos de oportunidade do desmatamento, propondo a forma como um instrumento do tipo REDD poderia ser implementado no Brasil enquanto incentivo econômico. Suas estimativas se basearam em dois outros estudos (Strassburg, 2009; Nepstad *et al.*, 2007) e apontaram para um custo de oportunidade médio de US\$ 1.000 por hectare favorável à agricultura em detrimento da floresta amazônica.

Por outro lado, esse estudo também apontou que um preço médio de REDD para a região amazônica superior a US\$ 3 por tonelada de carbono – aproximadamente o equivalente a US\$ 450 por hectare – desestimularia efetivamente grande parte das criações de gado, exceto as mais lucrativas – ou seja, entre 15 e 30% do total.

Boyd *et al.* (2007) também avaliaram os impactos socioeconômicos de um conjunto de quatro projetos de mitigação de carbono com base florestal propostos no âmbito do MDL para Brasil e Bolívia. Três deles estão localizados em áreas de fronteira, onde existem pressões sociais e econômicas consideráveis para a conversão da floresta em pé em agricultura. Nesse sentido, projetos de mitigação têm um papel importante a desempenhar na região. Os resultados sugeriram, no entanto, que todos eles têm experimentado processos complicados de implementação e execução devido, por exemplo, a falta de comunicação, objetivos sociais indefinidos e aceitação local limitada durante sua implantação.

Uma alternativa estudada para a redução das emissões de desmatamento são os fundos específicos criados para esse fim. Gerenciado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o Fundo Amazônia³⁰ recebe apoio de países como a Noruega e pode vir a se constituir em uma das principais iniciativas de financiamento para mitigação dos danos de GEE no Brasil. Ainda inexistente, na literatura científica brasileira, estudo ou avaliação sobre a efetividade e a aplicação de seus recursos. Há apenas, um relatório de discussões entre especialistas, publicado pelo gestor, a esse respeito.³¹

2.3.2.2 ATIVIDADES PRODUTIVAS

Uma importante força motriz de emissões de GEE são as atividades produtivas que utilizam insumos energéticos – os combustíveis fósseis. Elas lançam gases à atmosfera seja a partir desse uso, seja indiretamente, a partir de sua própria especificidade produtiva. Estes últimos podem ser definidos como resultantes de processo produtivo ou industrial. Tendem a ocorrer em volumes mais expressivos do que os derivados da energia necessária para o desenvolvimento da pecuária, por exemplo. Sua capacidade de mitigação está relacionada às características setoriais específicas e às tecnologias de produção que empregam.

³⁰Disponível em http://www.fundoamazonia.gov.br/FundoAmazonia/fam/site_pt segundo esse site, mantido pelo governo brasileiro, (...) como forma de obter recursos para incentivar a preservação da floresta, o Fundo Amazônia teve sua criação autorizada, em 1 de agosto de 2008, com o objetivo central de promover projetos para a prevenção e o combate ao desmatamento e também para a conservação e o uso sustentável das florestas no bioma amazônico.

³¹Disponível em: http://www.fundoamazonia.gov.br/FundoAmazonia/export/sites/default/site_pt/Galerias/Arquivos/Publicacoes/Amazoiaemdebate.pdf. Acessado em 11 de novembro de 2012.

Além dos aspectos setoriais, fatores condicionantes macroeconômicos e estruturais determinam o ritmo de expansão das emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Por exemplo, uma trajetória futura de crescimento econômico mais acelerado, com maior investimento e nitidamente intensivo em energia além de insumos para o setor da construção civil, afetará o ritmo do aumento do volume lançado à atmosfera.

A observação dos dados de emissões desses gases permite traçar um quadro resumido de suas associações a atividades produtivas no Brasil – excluindo do cálculo, aquelas provocadas por desmatamento ou modificação de uso do solo. Os dados apresentados se baseiam nas informações do Balanço Energético Nacional (BEN) e do Inventário Brasileiro de Emissões. Já os relativos ao uso de combustíveis foram extraídos exclusivamente do primeiro documento em sua edição de 2005³² e estão associados a onze deles: petróleo e gás, carvão metalúrgico, lenha e carvão vegetal, carvão mineral, bagaço de cana, gás liquefeito de petróleo (GLP), gasolina, álcool, óleos combustível e diesel e outros produtos do refino. A Tabela 2.4 os resume, conforme se pode verificar neste subcapítulo.³³ Outra forma importante de emissões está associada ao processo produtivo dos setores. Caracteriza-se por não estar relacionada ao uso de combustíveis fósseis, mas sim, diretamente à atividade produtiva. Por exemplo, o gás metano oriundo dos rebanhos é classificado como emitido pelo processo produtivo do setor pecuário. O Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (Brasil, 2010) serviu como base de dados oficial do País para estas informações descritas aqui setorialmente na Tabela 2.5, onde as atividades “Pecuária e pesca” e “Agricultura e outros” são os maiores em tal categoria. Por si só, o primeiro responde por mais da metade do volume de gases de efeito estufa lançado à atmosfera pela produção econômica no Brasil.

Tabela 2.4 Emissões de GEE associadas ao uso de combustíveis para atividades econômicas no Brasil – 2005.

Fonte de emissão	Emissão de GEE equivalentes em Mt CO ₂	Participação em %
Petróleo e gás	29,830	6
Carvão metalúrgico	12,382	3
Lenha e carvão vegetal	95,625	20
Carvão mineral	32,389	7
Bagaço de cana	71,231	15
GLP	18,628	4
Gasolina	41,469	9
Óleo combustível	21,141	4
Óleo diesel	100,219	21
Álcool	20,624	4
Outros produtos do refino de petróleo	39,794	8
Uso de combustíveis	483.332	100

Fonte: Elaboração a partir dos dados do Balanço Energético, 2005

³²A conversão do uso de energia do BEN de 2005 em emissões foi realizada através de metodologia amplamente utilizada e consagrada na literatura internacional. A escolha do ano de 2005 se justifica pela possibilidade de comparação entre outras fontes de emissões, cujo dado mais recente é 2005 – emissões derivadas da atividade produtiva contidas no inventário nacional. O BEN para o ano de 2011 não apresenta resultados finais das emissões relacionadas ao uso de combustíveis, ou as conversões para as emissões.

³³O setor energético voltará a ser discutido na subseção Energia.

Tabela 2.5 Emissões de GEE associadas ao processo produtivo no Brasil – 2005.

Atividade	Emissão de GEE equivalentes em Mt CO ₂	Participação em %
Pecuária e pesca	332,515	53
Agricultura e outros	222,697	36
Produtos químicos	22,369	4
Petróleo e gás	14,375	2
Cimento	14,349	2
Transmissão e distribuição de eletricidade e outros urbanização	9,825	2
Outros produtos minerais não metálicos	8,449	1
Transportes	7,638	1
Emissões por atividade produtiva	624,580	100

Fonte: Elaboração a partir dos dados do Inventário Brasileiro e Balanço Energético, 2005

2.3.2.3 ENERGIA

A expansão de oferta de energia na economia brasileira – mais especificamente a composição de sua matriz energética – tende a ser elemento preponderante para emissões de GEE. O Brasil é reconhecido por ter uma matriz energética limpa, ou seja, de baixo conteúdo emissor de gases de efeito estufa (Brasil, 2010). Entretanto, a expansão da oferta energética – conforme planejamento de longo prazo – pode alterar estas características. Adicione-se ainda a isso, as perspectivas de exploração de petróleo da camada de pré-sal na plataforma marítima brasileira, que pode ter impactos significativos sobre a mesma. Assim, os estudos que abordam as questões relativas a tendências tecnológicas no uso de fontes, eficiência e planejamento energéticos no Brasil devem ser revistos.

O País exibe uma das mais baixas taxas de emissões de GEE do mundo em relação ao PIB derivadas do uso de energia. Contudo, conforme aponta La Rovere *et al.* (2006) houve, durante os anos 1990, forte penetração de combustíveis fósseis em sua matriz energética. Isto teria decorrido da reestruturação do setor elétrico, especialmente após a crise de fornecimento de energia ocorrida de 2000 para 2001, direcionado para construir novas plantas termoelétricas de modo a garantir segurança ao fornecimento do insumo.

Além disso, tem havido obstáculos à construção de usinas hidroelétricas, principalmente associadas a dificuldades em se obter licenças ambientais. Isso acabou por reduzir a participação relativa desta fonte na matriz energética – de 81% em 1990, ela chegou a 70% em 2000, aumentando para 76% em 2010 – (La Rovere *et al.*, 2006; Empresa Brasileira de Pesquisa Energética -EPE, 2011a).

Conforme apontou o planejamento energético contido no Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2020 (EPE, 2011b) –, é projetada para 2020 uma queda de participação das hidroelétricas para 67% do total de capacidade instalada na matriz energética, embora existam perspectivas de avanço na presença de outras fontes renováveis de energia – como a das pequenas centrais hidroelétricas e da biomassa –, particularmente da eólica que, de 0,8% em 2010 evoluiria para 6,7% em 2020. Contudo, a concretização de tal situação estaria condicionada à obtenção de licenças ambientais que, se não forem conquistadas, a alternativa de atendimento à demanda só poderia ser alcançada através de projetos termoelétricos – a partir de gás natural e óleo combustível.

Embora o PDE 2020 assuma uso maior de fontes renováveis de energia com a utilização de termoelétricas, a matriz energética brasileira deve resultar em maiores emissões de GEE ao longo do período. Um estudo do Banco Mundial (Gouvello *et al.*, 2010), por exemplo, estimou

que, para 2030, a projeção dos gases de efeito estufa lançados à atmosfera pelos setor energético, excluindo-se dele os combustíveis para transporte – aumentará 97%, correspondendo assim a mais do que 25% das emissões nacionais.

Viola (2009) também apontou que as emissões derivadas de produção e consumo de energia têm mostrado um relativo aumento nos últimos anos do século XXI, especialmente em razão do incremento na demanda por óleo diesel, da maior participação de combustíveis fósseis na matriz energética e da expansão da atividade do setor de refino de petróleo.

Uma questão a ser destacada é a exploração da camada pré-sal da costa brasileira e seus impactos potenciais sobre as emissões de GEE pelas indústrias, petrolífera e de gás natural. Sobre o assunto, tratou o estudo de Mendes e Rodrigues Filho (2012), cuja análise de lançamentos de gases de efeito estufa fugitivos³⁴ à atmosfera por esses setores apontou para uma dinâmica de crescimento dos mesmos.

Goldemberg e Lucon (2007) também fizeram proposições acerca dos rumos do setor elétrico nacional, com base em análise apenas descritiva e qualitativa da matriz energética brasileira. Segundo os autores, o estímulo ao uso mais eficiente de energia se configurou como uma das maneiras mais efetivas para redução de custos e impactos ambientais locais e globais, sendo que uma transição para fontes mais renováveis também deve ser considerada. A utilização de biomassa, por exemplo, além de ser comercialmente competitiva com a de combustíveis fósseis, é ambientalmente mais limpa e renovável, além de apresentar potencial maior de geração de empregos.

Alguns autores analisaram as oportunidades no âmbito das energias renováveis. McNish *et al.* (2009), por exemplo, avaliaram as oportunidades de projetos de geração de eletricidade a partir do bagaço de cana-de-açúcar tratado em projetos de MDL. O resultado indicou que os projetos proporcionam aos investidores dos países integrantes do Anexo 1, meios economicamente viáveis para atingirem reduções nos níveis de emissões de GEE e, também, confirmou que este mercado de compensações é robusto e competitivo além de vir se fortalecendo no âmbito do referido mecanismo.

Tolmasquim e Machado (2003), por sua vez, analisaram até que ponto o uso de energia e as emissões de CO₂ na década de 1990 foram influenciados pelas mudanças na especialização produtiva da economia brasileira, no sentido de uma combinação de alta intensidade energética. O estudo mostrou que o Brasil exportou, em termos líquidos, quantidades significativas do insumo e de carbono, incorporadas a produtos comercializados no exterior nesse período. De acordo com os autores, 6,6% da energia utilizada pelo setor industrial e cerca de 7% do carbono por este emitido, decorreram, direta ou indiretamente, do comércio internacional.

2.3.2.4 TRANSPORTES

Não se pode deixar de levar em conta o fato estrutural de que o Brasil se estende por 8,5 milhões de quilômetros quadrados, em dimensão comparável a dos Estados Unidos deduzido do Estado do Alasca, e menor apenas do que as de Rússia, China e Canadá. Tal extensão, com densidade demográfica relativamente baixa, implica grande necessidade de transporte interestadual e interurbano per capita. Predominantemente rodoviário e aéreo, ele exige mais energia do que as modalidades fluvial, marítima ou ferroviária. Ainda que o padrão de assentamento populacional esteja historicamente concentrado perto do litoral, a significativa e crescente dispersão atual rumo ao interior do País significa distâncias médias longas para o transporte de bens e pessoas, com papel relevante nas emissões de GEE.

³⁴Emissões fugitivas estão ligadas as liberações, intencionais ou não, de gases oriundos de atividades antrópicas, a partir de processos de produção, processamento, transmissão, estocagem e uso de combustíveis. Incluem as emissões de combustão apenas onde estas não apoiam uma atividade produtiva – exemplo, combustão de gás natural em instalações de produção de petróleo (Mendes e Rodrigues Filho, 2012).

Além disso, o relativo isolamento do Brasil no hemisfério Sul requer o transporte intercontinental e inter-hemisférico de suas importações ou de suas exportações destinadas a compradores importantes ao redor do mundo, especialmente da América do Norte, Europa, Ásia e América do Sul.

O crescimento urbano também impacta as emissões decorrentes do transporte nas cidades. Congestionamentos de trânsito nas metrópoles brasileiras resultam em maiores emissões. Ao mesmo tempo, o padrão de assentamento populacional urbano e periurbano – áreas na vizinhança imediata de uma cidade – em domicílios individuais ou prédios de poucos andares pode significar dispersão e maior necessidade de transporte individual por grandes distâncias, inclusive para o acesso aos centros das urbes.

Existem poucos estudos específicos sobre a relação entre urbanização, transportes e emissões de GEE no Brasil. Ferreira (2011) analisou o setor transportador *vis-à-vis* às mudanças climáticas, com foco no transporte urbano e de longa distância, de cargas e passageiros. Embora sem ter utilizado bases de dados específicas ou um modelo formal, seu estudo apontou para o controle de emissões de gases de efeito estufa e as consequências benéficas do mesmo sobre a saúde humana. Em sua conclusão, sugeriu “a implantação de políticas de mitigação inter-setoriais, integradas e de longo prazo, que considerem as avaliações de benefícios que atuam em conjunto sobre a saúde e ao desenvolvimento sustentável, durante os processos de tomada de decisão”.

Ribeiro (2007) mostrou alguns dados que evidenciam a preponderância dos transportes para geração de GEE e emissões locais. Para o autor, 95% do total da energia utilizada pelo transporte no mundo dependiam preponderantemente do petróleo. Em 2004, por exemplo, o setor de transportes foi responsável por 23% das emissões mundiais de GEE, com cerca de três quartos provenientes de veículos para transporte rodoviário, crescentes a um ritmo mais rápido do que qualquer outro segmento de energia (*International Energy Agency - IEA, 2006*). Ainda segundo o trabalho desse especialista, a análise recente da Agência Internacional de Energia (AIE) estimou que a quota de biocombustíveis para transporte pode crescer até cerca de 10% em 2030.

São previstas, assim, reduções nas emissões de GEE do etanol provenientes da cana-de-açúcar no Brasil em comparação com a gasolina. Estas reduções resultam da natureza relativamente eficiente de utilização do bagaço – talos de celulose e folhas da planta – assim como do processo de energia e de processamento.

Tais conclusões são ainda reforçadas por outras pesquisas. Estudo da *United States Environmental Protection Agency (EPA)*, por exemplo, indicou que o etanol brasileiro proveniente da cana-de-açúcar reduziria as emissões de GEE em 61% se comparado à gasolina, podendo ser classificado como *advanced ethanol* – ou etanol superior (EPA, 2010).

Macedo *et al.* (2008), por sua vez, apresentaram um balanço energético e de emissões de GEE na produção e uso de etanol derivado de cana-de-açúcar ao longo de 2005 e 2006, além de um cenário para 2020. O resultado que obtiveram acusou um volume de gases de efeito estufa emitidos decorrentes da produção de etanol anidro equivalentes a 436 quilos de CO₂ por metro cúbico em 2005 e 2006, decrescendo a uma equivalência de 345 quilos de dióxido de carbono por metro cúbico no cenário para 2020.

As emissões evitadas de 2005 a 2006 graças à utilização de etanol anidro e seus coprodutos foram equivalentes à ordem de 2,323 toneladas de CO₂ por metro cúbico. Em 2020, o cenário de uso do etanol hidratado em veículos com motores a combustível flexível – conhecidos como *flex-fluel* – poderia representar uma economia de emissões correspondente a 2,589 toneladas de dióxido de carbono por metro cúbico. Para o etanol anidro, usado nas misturas com gasolina – na proporção de 25% –, o total de emissões evitadas equivaleria a 2,93 toneladas de CO₂ metro cúbico.

Martinelli *et al.* (2010) comparam as emissões evitadas pelo uso de etanol no Brasil em relação às decorrentes do uso de combustíveis fósseis: as primeiras variaram entre o equivalente a 9 a 12 megatoneladas de CO₂, em 2008. Em relação ao uso de combustíveis fósseis, equivaliam a 20 e 30% do volume das emissões de carbono associadas ao uso de gasolina e diesel no setor de transporte, e aproximadamente 10% da utilização total de combustíveis fósseis no País.

Esses valores correspondem a duas vezes as emissões de carbono em solos cultivados de cana-de-açúcar e que sofreram queima para a colheita. Essa análise sugere que as emissões evitadas de etanol são relativamente importantes no setor de transportes, ainda que incipientes se comparadas ao total das de combustíveis fósseis no Brasil.

Estimativas de La Rovere *et al.* (2006) concluíram que, para o setor de transporte, em um cenário normal – BAU –, as emissões de GEE poderiam crescer cerca de 130% até 2020, se comparadas ao cenário de base em 2000. Já no panorama em que são implementadas políticas previstas para o setor de transportes – tecnologia *flexfuel*, programa CONPET, por exemplo –, as emissões estimadas em 2020 seriam 18% menores, em relação ao ano de 2000.

Assim, parece haver um consenso sobre o elevado potencial de mitigação de GEE nos transportes, em decorrência do uso de biocombustíveis. Conforme Hohne *et al.* (2008) as emissões totais no Brasil poderiam ser reduzidas em até 14%, em 2020, sob o cenário BAU – que corresponde a um aumento de 6% em relação aos níveis de 2005 –, decorrente da substituição de combustíveis fósseis. Essa redução seria liderada pelo setor de transportes – o equivalente a menos 164 Gg CO₂, seguido pelo setor energético – corte comparável a 120 Gg CO₂ – e, por último, pelo setor industrial – um recuo correspondente a 59 Gg CO₂.

No Brasil o uso de biocombustíveis tem passado por uma série de problemas. As oscilações de preço e de fornecimento do etanol, em especial, têm levado consumidores a utilizar gasolina como combustível nos carros dotados de motores a combustão flexível. Alguns estudos apontam a falta de investimentos na expansão da produção do etanol – plantio, colheita e processamento – como causa desse processo.

Vale lembrar que as perspectivas de produção de petróleo e derivados a partir da exploração da plataforma marítima pré-sal no litoral brasileiro poderiam diminuir o preço relativo dos combustíveis fósseis e reduzir a utilização do etanol no País. Este efeito tende a ser evitado se a demanda mundial pelo insumo e seus derivados permanecer crescente, forçando tendência de alta no mercado internacional. Esses aspectos merecem ser mais bem estudados.

Um setor pouco citado em relação à contribuição de transportes para emissões de GEE é o aéreo. Neste contexto, Simões e Schaeffer (2005) apresentaram um inventário de emissões de CO₂ causadas por atividades aéreas no Brasil e estimaram uma projeção de tendência até 2023, indicando progresso para as mesmas, principalmente devido à expansão do setor no País. Ademais, seu artigo propôs oito possíveis estratégias de mitigação. Estima-se que a implementação conjunta de todas essas estratégias, dentro da projeção de um cenário de base sustentável – uso de fontes de energia renováveis, desenvolvimento social, econômico e tecnológico – poderia resultar em uma redução anual das emissões equivalentes em CO₂ de até 28,5% – em comparação com a projeção de tendência para 2023. Também se estima que as emissões evitadas pela execução conjunta das alternativas de mitigação analisadas podem chegar a 82 megatoneladas de CO₂ de 2003 a 2023.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbagnano, N., 1960: Dicionário de filosofia. São Paulo, SP: Editora Mestre Jou.
- Alencar, A., *et al.*, 2004: Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica. Manaus, AM: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), 89 pp.
- Andrade E.S.M. e G.B.M. Lacerda, 2009: Mudanças climáticas e análise de risco da indústria de petróleo no litoral brasileiro. Madrid: Fundación Mapfre, Instituto de Ciencias del Seguro, Colección Cuadernos de la Fundación, no 143.
- Avi-Yonah, R.S. e D.M. Uhlmann, 2009: Combating global climate change: why a carbon tax is a better response to global warming than Cap-and-Trade, v. 28 Stan. Env'tl. L.J., 3(21), 54 pp.
- Ayres R. e E. Ayres, 2011: Crossing the Energy Divide. Moving from Fossil Fuel Dependence to a Clean-Energy Future. Philadelphia, PA: Wharton School Publishing.
- Barata, M.M.L. e E. Ligeti, 2011: Climate change and human health in cities. pp. 179-213. In: Climate Change and Cities - First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network.[Rosenzweig,C. *et al.* (Orgs.)]. New York, NY: Cambridge University Press, vol. 1.
- Barona, E. *et al.*, 2010: The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. Environmental Research Letters, 5(2).
- Baumert, K.A. *et al.*, 2005: Navigating the numbers: greenhouses gas data and international climate policy. Washington DC: World Resource Institute (WRI).
- Baumol, W.J. e W.E. Oates, 1995: The theory of environmental policy. Cambridge, UK, e New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1988, 300 pp.
- Bayer, C. e J. Mielniczuk, 2000: Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24, 599-607.
- BNDES, 2012: O BNDES e a Rio+20. Banco Nacional do Desenvolvimento, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Areas_de_Atualizacao/Meio_Ambiente/Rio20/. Acessado em 27/09/2012.
- Borner, J. *et al.*, 2007: Ecosystem services, agriculture, and rural poverty in the Eastern Brazilian Amazon: interrelationships and policy prescriptions. Ecological Economics 64(2), 15, 356-373.
- Borner, S.W. *et al.*, 2010: Direct conservation payments in the Brazilian Amazon: Scope and equity implications, Ecological Economics, Special Section, Payments for Environmental Services: Reconciling Theory and Practice 69(6), 1272-1282.
- Boyd, E. *et al.*, 2007: Exploring socioeconomic impacts of forest based mitigation projects: Lessons from Brazil and Bolivia. Environmental Science & Policy, 10(5), 419-433.
- Brasil, 2010: Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Elaborado por: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo(Cetesb). Ministério da Ciência e Tecnologia, Secretaria do Meio Ambiente. Brasília, DF: MCT.
- Brekke. K.A. e O. Johansson-Stenman, 2008: The behavioural economics of climate change. Oxford Review of Economic Policy, 24(2), 280-297.
- Budescu, D.V. *et al.*, 2009: Improving communication of uncertainty in the reports of the

- Intergovernmental Panel on Climate Change. *Psychological Science*, 20(3), 299-308.
- Budescu, D.V. *et al.*, 2012: Effective communication of uncertainty in the IPCC reports. *Climatic Change*, 113, 181-200.
- Caetano, M.A.L. *et al.*, 2011: An optimized policy for the reduction of CO₂ emission in the Brazilian Legal Amazon. *Ecological Modelling*, 222(15), 2835-2840.
- Carvalho, J.L.N. *et al.*, 2009: Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. *Soil and Tillage Research*, 103(2), 342-349.
- Castro, C. J., 2004: Sustainable development: mainstream and critical perspectives. *Organization Environment*, 17(2), 195-225. Disponível em <http://oae.sagepub.com/content/17/2/195> Acessado em 24/05/2013.
- CDES, 2011: Acordo para o Desenvolvimento Sustentável: Contribuições para a Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável Rio +20. Brasília. Brasília, DF: Conselho para o Desenvolvimento Econômico e Social (CDES) e Instituições Signatárias. Dezembro 2011.
- Chomitz, K.M. e T.S. Thomas, 2001: Geographic patterns of land use and land intensity in the Brazilian Amazon. Development Research Group. Washington, DC: The World Bank. Disponível em: <http://econ.worldbank.org/> Acessado em 20/11/2011.
- Clark, D., 2009: China's increasing carbon emissions blamed on manufacturing for West. *The Guardian*. Disponível em: <http://www.guardian.co.uk/environment/2009/feb/23/china-carbonemissions> Acessado em 24/03/2012.
- COEP, 2011: Mudanças climáticas, pobreza e desigualdades. Rio de Janeiro, RJ: COEP Rede Nacional de Mobilização Social, Coleção COEP Cidadania em Rede, nº 4.
- Cooke, R.M., 2008: Obtaining distributions from groups for decisions under uncertainty. In: *Making decisions with scant information. Front-end decision-making in major projects*, [Williams, T. K. *et al.* (Orgs.)]. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Costanza, R. *et al.*, 1997: The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Cox, S., 2012: Cooling a warming planet: a global air conditioning surge. *Yale Environment 360*, 10 July 2012. Disponível em http://e360.yale.edu/feature/coolingtang_a_warming_planet_a_global_air_conditioning_surge/2550/ Acessado em 17/09/2012.
- Daly, H., 1995: On Wilfred Beckerman's Critique of Sustainable Development. *Environmental Values*, 4(1), 49-55.
- Defries, R.S. *et al.*, 2008: Fire-related carbon emissions from land use transitions in Southern Amazonia, *Geophys. Res. Letters*, 35(22), L22705, 25.
- Diffenbaugh N.S. e M. Scherer, 2011: Observational and model evidence of global emergence of permanent, unprecedented heat in the 20th and 21st centuries. *Climatic Change*, 107 (3-4), 615-624, doi:10.1007/s10584-011-0112-y.
- Diniz, M.B. *et al.*, 2009: Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. *Nova Economia*, 19(1). Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-63512009000100006&lng=pt&nrm=iso . Acessado em 4/12/2011

Drigo, G.I. *et al.*, 2009: Certification of community-based forest enterprises (CFEs): limits of the Brazilian experience. *Ethics and Economics*, 6(2).

Embrapa, 2012: Sistema plantio direto. Coleção 500 Perguntas – 500 Respostas. O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária,. Disponível em <http://www.cpa0.embrapa.br/publicacoes/500p500r/resposta.php?ID=4>. Acessado em 8/03/2012.

Engel, J.R., 1990: The ethics of sustainable development. In: *Ethics of Environment and Development*. [Engel, J.R. e J.G. Engel (Eds.)]. Tucson, AZ: The University of Arizona Press.

EPA, 2010: Renewable Fuel Standard Program (RFS2) regulatory impact analysis. Assessment and standards. United States Environmental Protection Agency, Office of Transportation and Air Quality. Disponível em <http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/420r10006.pdf>. Acessado em 10/11/2012.

EPE, 2011a: Balanço Energético Nacional 2010 – Ano Base: 2011. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética, MME/EPE, Rio de Janeiro, RJ, 53 pp

EPE, 2011b: Plano Decenal de Expansão de Energia 2020 (PDE 2020): Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética, MME/EPE Brasília, DF, 310 pp. Disponível em <http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>. Acessado em fevereiro de 2012.

Estrada-Oyuela, R.A., 2000: Climate Change Mitigation and Equity. IPCC 2nd Regional Experts' Meeting on Development, Equity and Sustainability, Havana, Cuba, 23-25 Fevereiro de 2000. Disponível em <http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/des-2nd-ipcc-expert-meeting.pdf> Acessado em 20/11/2012.

Ezzine-de-Blas, D. *et al.*, 2011: Forest loss and management in land reform settlements: Implications for REDD governance in the Brazilian Amazon. *Environmental Science and Policy, Governing and Implementing REDD+*, 14(2), 188-200, March.

Fearnside, P.M., 1999: Serviços ambientais como estratégia para o desenvolvimento sustentável na Amazônia rural. In: *Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas*. [Cavalcanti, C. (Org.)]. 2ed. São Paulo, SP / Recife, PE: Cortez Editora / Fundação Joaquim Nabuco. pp. 314-344.

Fearnside, P.M., 2002: Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados*, 16(44), 99-123.

Fearnside, P.M., 2003: Conservation policy in Brazilian Amazonia: understanding the dilemmas. *World Development* 31(5), 757-779.

Fearnside, P.M., 2005: Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. *Conservation Biology*, 19(3), 680-688. June.

Fearnside, P.M. *et al.*, 2009: Biomass and greenhouse-gas emissions from land-use change in Brazil's Amazonian 'arc of deforestation': The states of Mato Grosso and Rondonia. *Forest Ecology and Management*, 258(9), 1968-1978. October.

Ferreira, L.A.C., 2011: Transporte, mudanças climáticas e a importância dos cobenefícios na definição de medidas de mitigação para o setor. *Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 6(2), 194-198. Disponível em <http://www.interfacehs.sp.senac.br/index.php/ITF/article/viewFile/194/198>. Acessado em 15/02/2012.

Figueiredo, E.B.D. e N. La Scala Jr., 2011: Greenhouse gas balance due to the conversion of sugarcane areas from burned to green harvest in Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141(1-2), 77-85.

Figueiredo, E.B.D. *et al.*, 2010: Greenhouse gas emission associated with sugar production in Southern Brazil. *Carbon Balance and Management*, 5(3).

Fischer-Kowalski, M., 2010: Climate Change, Social Metabolism, and Human Well-being. In: Workshop on Sociological Perspectives on Global Climate Change [Nagel, J. *et al.* (Orgs.)]. pp 79-82. May 30-31, 2008. Washington, DC: National Academies of Science (NFA), American Sociological Association. Disponível em http://www.asanet.org/research/NSFClimateChangeWorkshop_120109.pdf

Fonseca, I.F. e M. Bursztyn, 2007: Mercadores de moralidade: a retórica ambientalista e a prática do desenvolvimento sustentável. *Ambiente & Sociedade*. 10(2), 171-188.

Galford, G.L., *et. al*, 2010: Greenhouse gas emissions from alternative futures of deforestation and agricultural management in the Southern Amazon. *Proc Natl Acad Sci USA*, 107(46), 19649-19654.

Goldemberg, J. *et al.*, 2004: Expanding access to electricity in Brazil. *Energy For Sustainable Development*, 8(4), 86-94. Disponível em <http://www.afrepren.org/project/gnesd/esdsi/brazil.pdf>. Acessado em 20/11/2012.

Goldemberg, L. e O. Lucon, 2007: Energia e meio ambiente no Brasil. *Estudos Avançados*, 21(59), 21-38.

Gong, M. *et al.*, 2009: Group cooperation under uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 39(3), 251-270.

Gouvello, C. *et al.*, 2010: Brazil low-carbon: country case study. Brasília: World Bank Institute (WBI). Disponível em http://siteresources.worldbank.org/BRAZILEXTN/Resources/Brazil_LowcarbonStudy.pdf. Acessado em julho de 2011.

de Groot, R.S. *et al.*, 2002: A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, Special issue: The Dynamics and Value of Ecosystem Services: Integrating Economic and Ecological Perspectives, 41(3), 393-408.

Guglyuvatyy, E., 2010: Identifying criteria for climate change policy evaluation in Australia. *Macquarie Journal of Business Law*, 7, 98-130.

Gutierrez, M.B.S., 1998. A equidade nas negociações internacionais entre países desenvolvidos e em desenvolvimento para a redução dos gases de efeito estufa: principais critérios e implicações. Texto para discussão no. 550, Rio de Janeiro, RJ, Ipea. Disponível em <http://www.ipea.gov.br/pub/td/td0550.pdf>. Acessado em 20/11/2012.

Haines A. *et al.*, 2006: Climate change and human health: impacts, vulnerability and public health. *Public Health*, 120(7), 585-596.

Halsnaes, K. *et al.*, 2007: Gearing issues. In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Metz, B. *et al.* (Eds.)], Intergovernmental Panel on Climate Change,

Haurie, A. *et al.*, 2011: Modeling uncertainty and the economics of climate change: recommendations for robust energy policy. *Environment Modeling & Assessment*, 17(1-2), 1-5.

Helm, D., 2008: Climate-change policy: why has so little been achieved? *Oxford Review of Economic Policy*, 24(2), 211-238.

Herring, H. e S. Sorrel, 2009: *Energy efficiency and Sustainable Consumption: The Rebound Effect*. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.

Hohne, N. *et al.*, 2008: Proposals for contributions of emerging economies to the climate regime under UNFCCC post 2012. Final report for the Federal Environment Agency, Germany. *Climate Change 15/2008*, Dessau-Roßlau, Germany: Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt). 170 pp. Disponível em: http://www.ecofys.com/files/files/report_climate_change_proposals_for_contributions_of_emerging_economies_to_the_climate_regim.pdf

Holdren, J., 2003: Environmental Change and the Human Condition. *American Academy of Arts and Sciences, Bulletin*, Fall 2003, 57(1), 24-31. Disponível em <http://www.amacad.org/publications/bulletin/fall2003/holdren.pdf>. Acessado em 8/07/2011.

Holloway, V. e E. Giandomenico, 2009: *The history of REDD policy*. Carbon Planet White Paper. Adelaide, Australia: Carbon Planet. 20 pp.

Homer-Dixon, T., 2006: *The Upside of Down. Catastrophe, Creativity, and the Renewal of Civilization*. Washington, DC: Island Press.

IBGE, 2004: *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS)*. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

IEA, 2006: *World Energy Outlook*. International Energy Agency (IEA) / Organisation for Economic Co-Operation and Development. Paris, France: IEA Head of Publications Service, 600 pp.

Inpe, 2009: *Projeto Prodes Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite*. Coordenação de Observação da Terra. Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. Disponível em <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>. Acessado em 23/09/2012.

Inpe, 2012: *Estimativa de emissões dos gases de efeito estufa (GEE) por mudanças de cobertura da terra nos Estados de 1960 a 2011*. Portal Brasileiro de Dados Abertos, Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Disponível em <http://dados.gov.br/dataset/inpe-em/resource/1cb2e429-2cd0-4a89-8f98-2bb3e2d83687>. Acessado em 14/05/2013.

IPCC, 2000: *Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Emission Scenarios*. Viena: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

IPCC, 2007a: *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team [Pachauri, R.K e A. Reisinger (Eds)]. Genebra: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

IPCC, 2007b: *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. *Climate Change 2007: Working Group III: Mitigation of Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Executive Summary. Disponível em http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch1s1-es.html. Acessado em 4/07/2011.

IPCC, 2010: *Understanding Climate Change – 22 Years of IPCC Assessment*. Genebra: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Disponível em: http://www.ipcc.ch/pdf/press/ipcc_leaflets_2010/ipcc-brochure_understanding.pdf. Acessado em 7/11/2012.

IPCC, 2011: Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Special Report. Disponível em <http://srren.ipcc-wg3.de/report>. Acessado em 20/11/2012.

IPCC, 2012: Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B. *et al.* (Eds.)]. Cambridge, UK, New York, NY: Cambridge University Press, 582 pp.

IPCC, 2012: Sustainable Development and Equity, Chapter 4, Draft Zero. Working Group III (WG3) Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report, Climate Change 2013: Mitigation of the Climate Change.

ISO, 2002: ISO/IEC Guide 73. Risk management vocabulary guidelines for use in standards. International Geneva: Organization for Standardization (ISO). Disponível em http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=34998. Acessado em 12/02/2011.

Jamieson, D. e, H.R. Luce, 1998: Sustainability and Beyond. Environmental and Societal Impacts Group. National Center for Atmospheric Research. Ecological Economics, 24, 183-192. Disponível em http://www.geo.mtu.edu/~asmayer/rural_sustain/intro_2010/further_readings/jamieson_1998.pdf

Kaimowitz, D. *et al.*, 2004: Hamburger connection fuels Amazon destruction: cattle ranching and deforestation in Brazil's Amazon. Bogor, Indonesia: Center for International Forest Research (Cifor). 9 pp. Disponível em http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/media/Amazon.pdf.

Kanitkar T. *et al.*, 2010: Global carbon budgets and burden sharing in mitigation actions, complete report In: Conference on Global Carbon Budgets and Equity in Climate. Discussion Paper, Supplementary Notes and Summary Report. [Tata Institute of Social Sciences (Org.)]. Disponível em: <http://moef.nic.in/downloads/public-information/tiss-conference-cc-2010.pdf>. Acessado em 30/09/2012

Kant, I., 1984: Fundamentação da metafísica dos valores. São Paulo, SP: Abril Cultural, Col. Os Pensadores.

Kevin, L. *et al.*, 2009: Playing it forward: path dependency, progressive incrementalism, and the "super wicked" problem of global climate change. Climate Change: Global Risks. Challenges and Decisions Congress, 10-12 de março, 2009, Copenhagen, Denmark. Disponível em http://environment.research.yale.edu/documents/downloads/0-9/2010_super_wicked_levin_cashore_bernstein_auld.pdf. Acessado em 20/09/2012.

Knight, F.H., 1921: Risk, uncertainty and profit. Boston, MA: Houghton Mifflin. Nova edição, 2002, Washington, DC: Beard Books.

Kronenberg, D.M.P. e J.C. Junior, 2010: Análise dos impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados ao esgotamento sanitário inadequado nos municípios brasileiros com mais de 300.000 habitantes. São Paulo, SP: Instituto TrataBrasil.

Krupnick. A. *et al.*, 2000: Are decisionmakers at home on the range? Communicating uncertainties in cost-benefit analyses. Disponível em http://www.rff.org/Events/Documents/Krupnick_CommunicatingUncertainties.pdf.

La Rovere E. L., 2009: Perspectivas para a mitigação das mudanças climáticas: ações do Brasil e no mundo, pp. 145-153. In: IV Conferência Nacional de Política Externa e Política Internacional (CNPEPI) "O Brasil no Mundo que Vem Aí", Rio de Janeiro, 3-4 dezembro 2009. Ministério das Relações Exteriores. Brasília, DF: Fundação Alexandre de Gusmão, 2010.

La Rovere, E.L. (Coord.), 2006: Brazil. In: Greenhouse Gas Mitigation in Brazil, China and India: Scenarios and Opportunities through 2025. [Ogonowski, M. et al.]. Center for Clean Air Policy, Washington, DC. 180 pp.

Laurance, W.L. et al., 2004: Deforestation in Amazonia. *Science*, 304, 1109-1111.

Lélé, S. M., 1991: Sustainable development: a critical review. *World Development*, 19(6), 607-621.

Lester R. e A. Finan, 2009: Quantifying the impact of proposed carbon emission reductions on the US energy infrastructure. In: Energy Innovation. [Industrial Performance Center, Massachusetts Institute of Technology (Org.)], MIT-IPC-Energy Innovation Working Paper 09-004. Disponível em: <http://web.mit.edu/ipc/publications/pdf/09-004.pdf>. Acessado em 1/10/2012.

Luderer, G. et al., 2011: The economics of decarbonizing the energy system - results and insights from the RECIPE model intercomparison. *Climatic Change*, 114(1), 9-37, doi 10.1007/s10584-011-0105-x. Disponível em <http://www.springerlink.com/content/g04377m307g03725/>. Acessado em 30/11/2012.

Macedo, I.C. et al., 2008: Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass and Bioenergy*, 32 (7), 582-595.

Marcondes, A.W. e C.D. Bacarji, 2010: ISE: sustentabilidade no mercado de capitais. São Paulo, SP: Report Editora / BM&F Bovespa.

Margulis, S., 2003: Causas do desmatamento da Amazônia brasileira. Brasília, DF: Banco Mundial.

Margulis, S. et al., 2010: Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades. São Paulo, SP: IBEP Gráfica, 82 pp.

Margulis, S. et al., 2011: Economia da mudança do clima no Brasil. Rio de Janeiro, RJ: Synergia Editora.

Marshall, S. et al., 2009: Noel Kempff Mercado Climate Action Project: A Case Study in Reducing Emissions from Deforestation and Degradation. The Nature Conservancy. Disponível para download em <http://www.conservationgateway.org/Files/Pages/noel-kempff-mercado-clima.aspx>

Martenson, C., 2011: The Crash Course: The Unsustainable Future of Our Economy, Energy and Environment. New Jersey, HJ: John Wiley and Sons.

Martinelli, L. et al., 2010: Contextualizing ethanol avoided carbon emissions in Brazil. *GCB Bioenergy*, 2(3), 152-156.

Maugeri, L., 2012: Oil: the next revolution. The unprecedented upsurge of oil production capacity and what it means for the world. Policy Brief, Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School. The Geopolitics of Energy Project, Discussion Paper #2012-10. Disponível em <http://belfercenter.ksg.harvard.edu/files/Oil-%20The%20Next%20Revolution.pdf>. Acessado em 17/09/2012.

May, G., 2011: Assessing the strength of regional changes in near-surface climate associated with a global warming of 2 C. *Climatic Change*, 110(3-4), 619-644, doi:10.1007/s10584-011-0076-y

May, P.H. e B. Millikan. 2010: The context of REDD+ in Brazil: drivers, agents, and institutions. Center for International Forestry Research (Cifor), Series: Cifor Occasional Paper 55, Bogor, Indonesia, 69 pp.

McNish, T., *et al.*, 2009: Sweet carbon: an analysis of sugar industry carbon market opportunities under the clean development mechanism. *Energy Policy*, 37(12), 5459-5468.

MCT, 2010: Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. Brasília, DF, 280 pp. Disponível em: www.mct.gov.br/clima.

MCTI, 2013: Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília, DF. 81 pp.

Meadows, D.L. *et al.* 1972: Limites do crescimento: um relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o dilema da humanidade. São Paulo, SP: Perspectiva.

Medina, G. *et al.*, 2008: Favouring local development in the Amazon: lessons from community forest management initiatives. Center for International Forestry Research (Cifor). Policy Brief no. 8, Bogor, Indonesia.

Meinshausen, M.N. *et al.*, 2009: Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C. *Nature*, 458, 1158-1162. Disponível em <http://www.nature.com/nature/journal/v458/n7242/full/nature08017.html>. Acessado em 8/07/2011.

Mendes, T. A. e S. Rodrigues Filho. 2012: Antes do pré-sal: emissões de gases de efeito estufa do setor de petróleo e gás no Brasil. *Estudos Avançados*, 26(74), Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100014&lng=en&nrm=iso. Acessado em 19/11/2012.

Mendonça, M.J.C. *et al.*, 2004: The economic cost of the use of fire in the Amazon. *Ecological Economics*, 49(1), 89-105.

Mertens, B.R. *et al.*, 2002: Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation processes in the Brazilian Amazon: The case of São Félix do Xingu in South Pará. *Agricultural Economics*, 27(3), 269-294.

Metrô SP, 2010: Inventários de emissão de gases de efeito estufa do Metrô de São Paulo. Disponível em <http://www.metro.sp.gov.br/metro/sustentabilidade/inventario-emissoes-gases.aspx>.

Miguez, J. *et al.*, 2009: Questões éticas decorrentes do processo de revisão no âmbito da avaliação científica e socioeconômica do IPCC. In: *Mudanças climáticas, sequestro e mercado de carbono no Brasil*. [Zilliotto, M.A.B. (Ed.)]. Curitiba, PR: AM Impressos.

Milanez, B. e I.F. Fonseca, 2011: O discurso da justiça climática no contexto brasileiro: possibilidades e perspectivas. In: *Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios*. [Seroa da Mota, R. *et al.* (Eds.)]. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).

Morello, T.F. *et al.*, 2011: Rompendo com o trade-off entre combate à pobreza e mitigação do efeito estufa: o caso do consumo domiciliar de energéticos no Brasil. In: *Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios*. [Seroa da Mota, R. *et al.* (Eds.)]. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).

Morton, D.C. *et al.*, 2006: Cropland expansion changes deforestation dynamics in the Southern Brazilian Amazon. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 103(39), 14637-14641.

Moser, S.C., 2011: Adaptation, mitigation, and their disharmonious discontents. *Climatic Change*, 111(2), 165-175. doi:10.1007/s10584-011-0106-9

Moss, R.H. e S.H.Schneider, 2000: Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to lead authors for more consistent assessment and reporting, pp. 33-51. In: Guidance Papers on the Cross Cutting Issues of the Third Assessment Report of the IPCC [Pachauri, R. *et al.* (Eds.)]. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Munasinghe, M. e R. Swart, 1999: Climate Change and Its Linkages with Development, Equity, and Sustainability. Proceedings of the IPCC Expert Meeting held in Colombo, Sri Lanka, 27-29 Abril, 1999. Publicado para o IPCC por Life, National Institute for Public Health and the Environment da Holanda (RIVM) e World Bank. Disponível em <http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/climate-change-and-des1999.pdf>.

Nepstad, D. *et al.*, 2007: The costs and benefits of reducing carbon emissions from deforestation and forest degradation in the Brazilian Amazon. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Conference of the Parties (COP), Thirteenth session, 3-14 December 2007, Bali, Indonesia. The Woods Hole Research Center / Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) / Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Falmouth, MA: The Woods Hole Research Center, 26 pp.

Nepstad, D. *et al.*, 2009. The end of deforestation in the Brazilian Amazon. *Science*, 326, 1350-1351.

New, M., 2011: Four degrees and beyond: the potential for a global temperature increase of four degrees and its implications. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369(1934), 4-5. Disponível em: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/369/1934/4.full>. Acessado em 1/10/2012.

Nordhaus, W.D., 1992: Lethal Model 2: The limits to growth revisited. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 1-59.

Nordhaus, W.D., 2007: A review of the Stern Review on the economics of climate change. *J Econ Lit*, 45(3), 686-702.

NRC, 2010: Describing Socioeconomic Futures for Climate Change Research and Assessment: Report of a Workshop. Panel on Socioeconomic Scenarios for Climate Change Research and Assessment. National Research Council, Committee on Human Dimension of Global Change, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academy Press.

Oliveira Junior, J .N. *et al.*, 2010: Análise da área desmatada municipal na Amazônia Brasileira no período 2000-2004: uma abordagem com modelos não lineares. *Economia Aplicada*, 14(3), 395-411.

Oppenheimer, M. *et al.*, 2007: Climate change: The limits of consensus. *Policy Forum / Science*, 317(5844), 1505-1506. Disponível em <http://www.sciencemag.org/content/317/5844/1505.full>. Acessado em 21/12/2009.

Pacca, S. e J.R. Moreira, 2009: Historical carbon budget of the Brazilian ethanol program. *Energy Policy*, 37(11), 4863-4873.

Pacca, S. e J.R. Moreira, 2011: A biorefinery for mobility?. *Environmental Science & Technology*, 45(22), 9498-9505. Disponível em: <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es2004667>.

Pachauri, R.K., 2010: The scientific assessment of climate change: new findings. *Dealing with Climate Change. Setting a global agenda for mitigation and adaptation*, [Pachauri, R.K. (Ed.)].

Delhi, India: The Energy and Resources Institute / Teri Press.

Palludeto, A.W.A. e R.S.M. Ribeiro, 2011: Humpty Dumpty e os conceitos de incerteza: uma tipologia. IV Encontro Internacional da Associação Keynesiana Brasileira (AKB), 3-5 agosto 2011, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em www.ppge.ufrgs.br/akb/encontros/2011/26.pdf. Acessado em 12/07/2012.

Pan, J. e Y. Chen, 2010: Carbon budget proposal. In: *Dealing with Climate Change. Setting a global agenda for mitigation and adaptation*, pp. 13-48, [Pachauri, R.K. (Ed.)]. Delhi, India: The Energy and Resources Institute / Teri Press.

Parker, C. *et al.*, 2008: *The Little REDD Book: an updated guide to governmental and nongovernmental proposals for reducing emissions from deforestation and degradation*. Oxford, UK: Global Canopy Programme, 60 pp.

Pereira, A.S. e P.H., May, 2003: Economia do aquecimento global. In: *Economia do meio ambiente: Teoria e prática*. [May, P.H. *et al.* (Orgs.)]. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, pp. 219-244.

Perelman, C., 1999: *Ética e direito*. São Paulo, SP: Editora Martins Fontes.

Pidgeon, N. e B. Fischhoff, 2011: The role of social and decision sciences in communicating uncertain climate risks. *Nature climate change*, 1, 35-41. Disponível: www.nature.com/natureclimatechange. Acessado em 26/12/2011.

Pigou, A.C., 1920: *The Economics of Welfare*. London: Macmillan, 876 pp.

Pokorny B. e J. Johnson, 2008: Community forestry in the Amazon: the unsolved challenge of forests and the poor. *ODI Natural Resource Perspectives*, 112(4), 152-156.

Pope, D. e Schweitzer 2011: Is Tiger Woods loss averse? Persistent bias in the face of experience, competition and high stakes. *American Economic Review*, 101, 129-157.

Prather, M., 2011. Near-term climate change: projections and predictability, Chapter 11, Draft Zero. Working Group I (WG1) Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report, Climate Change: The Physical Science Basis.

Purkayastha P. e T. Mandal, 2010: A note on carbon space as development space. In: *Conference on Global Carbon Budgets and Equity in Climate Change, Discussion Paper, Supplementary Notes and Summary Report* [Tata Institute of Social Sciences (Org.)]. Disponível em <http://moef.nic.in/downloads/others/Development%20Space-PPurkayastha-28June2010.pdf>. Acessado em 1/10/2012.

PwC, 2011: Counting the cost of carbon. PricewaterhouseCoopers Low Carbon Economy Index 2011. Disponível em http://www.pwc.com/en_GX/gx/low-carbon-economy-index/assets/Low-Carbon-Economy-Index-2011.pdf. Acessado em 30/09/2012.

PwC, 2012: Too late for two degrees? PricewaterhouseCoopers Low Carbon Economy Index 2012. Disponível em http://www.pwc.com/en_GX/gx/low-carbon-economy-index/assets/pwc-low-carbon-economy-index-2012.pdf. Acessado em 30/09/2012

Redclift, M. R., 2006: Sustainable development (1987-2005): an oxymoron comes of age. *Horizontes Antropológicos*, Porto Alegre, ano 12, 25, 65-84, jan./jun.

Redclift, M., 1987: *Sustainable Development: Exploring the Contradictions*. London, UK: Methuen.

Rede C40, 2011: *Carta de Recomendações em Saúde*, criada no Workshop Clima e Saúde

nas Megacidades, promoção Faculdade de Medicina da USP, Comitê Gestor Local do C40, Coordenadoria do Quadrilátero Saúde/Direito da USP e Instituto Saúde e Sustentabilidade, para o São Paulo C40 Large Cities Climate Summit, São Paulo, SP, 31 maio-1 junho 2011. Disponível em http://www.saudeesustentabilidade.org.br/downloads/carta_de_recomendacao_em_saude_SPC40.pdf.

Ribeiro, S.K., 2007: Transportation and its infrastructure. In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Metz, B. *et al.* (Eds.)]. Cambridge, UK, e New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.

Rivero, S. *et al.*, 2009: Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. *Nova economia* 19(1) [cited 2011-12-04], pp. 41-66. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-63512009000100003&lng=en&nrm=iso.

Rogelj, J. *et al.*, 2009: Halfway to Copenhagen, no way to 2°C. *Nature Reports Climate Change*, Publicado online em 11/06/2009, doi:10.1038/climate.2009.57. Disponível em <http://www.nature.com/climate/2009/0907/full/climate.2009.57.html>. Acessado em 1/10/2012.

Rose, A., 1992: Equity considerations of tradeable carbon entitlements. In: *Tradeable carbon entitlements*. [Barrett, S. *et al.* (Org.)]. Genebra: Unctad.

Saldiva, P. *et al.*, 2010: O etanol e a saúde. In: *Etanol e bioeletricidade. A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética* [Sousa, E.L. de e I. de C. Macedo (Coords.)]. São Paulo, SP: União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica) / Luc Projetos de Comunicação.

Sanwal, M., 2010: Leadership in Climate Negotiations – Shared Vision and National Carbon Budgets. In: *Conference on Global Carbon Budgets and Equity in Climate Change, Discussion Paper, Supplementary Notes and Summary Report* [Tata Institute of Social Sciences (Org.)]. Disponível em <http://moef.nic.in/downloads/public-information/tiss-conference-cc-2010.pdf>. Acessado em 1/10/2012

Sartori, M.G.B., 2007: Society perception and global climate change, pp 377-391. In: *A contribution to understanding the regional impacts of global change in South America*. [Dias, P.L.S. *et al.* (Eds.)]. II Regional Conference on Global Change, São Paulo, 6-10 novembro 2005. São Paulo, SP: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo.

Schmid, M. L. e L. Acevedo. 2009: Políticas públicas para o pagamento de serviços ambientais relacionado à manutenção do estoque de carbono em florestas nativas como ferramenta de combate ao aquecimento global. In: *VII Congresso LatinoAmericano de Direito Florestal Ambiental*, Curitiba, PR.

Sen, A.K., 1999a: *Desenvolvimento como liberdade*. São Paulo, SP: Companhia das Letras.

Sen, A.K., 1999b: *Sobre ética e economia*. São Paulo, Companhia das Letras. 2ª ed.

Seroa da Motta, R. *et al.* (Eds.), 2011: *Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios*. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Disponível em http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_mudancadoclima_port.pdf.

Siebert, H., 2008: *Economics of the Environment: Theory and Policy*. Berlin, Germany, e New York, NY: Springer. 334 pp.

Silva, M.A.R. da., 2003: Economia dos recursos naturais. pp.33-60. In: *Economia do meio ambiente*

– teoria e prática. [May, P.H. et al. (Orgs.)]. Rio de Janeiro, RJ: Editora Campus Elsevier.

Simões, A. F. e R. Schaeffer, 2005: The Brazilian air transportation sector in the context of global climate change: CO₂ emissions and mitigation alternatives. *Energy Conversion and Management*, 46(4), 501-513.

Soares Filho, B.S. et al., 2006: Modelling conservation in the Amazon Basin. *Nature*, 440, 520-523.
Sparovek, G., 2008: Environmental, land-use and economic implications of Brazilian sugarcane expansion 1996-2006. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14(3), pp.285-298.

Stavins, R., 2003: Experience with market-based environmental policy instruments. pp. 355-435. In: *Handbook of Environmental Economic*. [Mäler, K.G. e J.R. Vincent (Eds.)]. Amsterdam: Elsevier Science, *Handbooks on Economics Series*, 572 pp.

Stern, N., 2007: *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Strassburg, B.B.N., 2009: Os determinantes agrícolas e o retorno econômico do desmatamento na Amazônia brasileira entre 1997-2006 e 2010-2050. Relatório do autor.

Stroeve, J.C. et al., 2011: The Arctic's rapidly shrinking sea ice cover: a research synthesis. *Climatic Change*, 110(3-4), 1005-1027.

Tol, R.S.J., 2009: Climate feedbacks on the terrestrial biosphere and the economics of climate policy: an application of fund. Economic and Social Research Institute (ESRI), Working Paper 288. Disponível em <http://www.esri.ie/UserFiles/publications/20090414145858/WP288.pdf>. Acessado em julho de 2011

Tolmasquim, M.T., e G. Machado, 2003: Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 8(2), 139-155,

Trenberth, K., 2011: More knowledge, less certainty. *Nature Reports Climate Change*, publicado online: 21/01/2010, doi:10.1038/climate.2010.06.

UN, 2000: We the peoples. The role of the United Nations in the 21st Century. New York, NY: UN. Disponível em <http://www.unmillenniumproject.org/documents/wethepeople.pdf>. Acessado em 20/11/2012.

UNEP, 2011a: Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. [Fischer-Kowalski, M. et al. (Orgs.)] Disponível em http://www.unep.org/resourcepanel/decoupling/files/pdf/Decoupling_Report_English.pdf. Acessado em 7/07/2011.

UNEP, 2011b: Green economy pathways to sustainable development and poverty eradication. United Nations Environment Programme. Disponível em http://www.unep.org/GreenEconomy/Portals/93/documents/Full_GER_screen.pdf. Acessado em 8/07/2011.

UNFCCC, 1992: Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, artigo 3, Princípios. Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/3996.html>.

UNFCCC, 1997: Implementation of the Berlin Mandate: additional proposals from parties, Addendum, Note by the Secretariat, 30 may 1997. FCCC/AGBM/1997/MIS.1/Add.3. Disponível em <http://unfccc.int/cop4/resource/docs/1997/agbm/misc01a3.htm>. Acessado em 20/11/2012.

UNFCCC, 2009a: Communication from the Government of Brazil. United Nations Framework

Convention on Climate Change, Copenhagen Accord (COP-15), Denmark.

UNFCCC, 2009b: Copenhagen Accord. United Nations Framework Convention on Climate Change. Conference of the Parties (COP), Fifteenth session, 7-18 December 2009. Disponível em : http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/6911.php?preref=600005666. Acessado em janeiro de 2011.

Veiga, J.E e P.M. Valle, 2009: Ética e emissões históricas de gases de efeito estufa. Version presented at the "Climate Change - Global Risks, Challenges and Decisions" Congress, Copenhagen, March 2009. New version: COP-15 and the Ethics of Climate Change. VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 5-7 de agosto de 2009, Cuiabá, MT.

Viola, E., 2009: Brazil in the global and regional politics climate. In: Global Summit on Sustainable Development and Climate Change. New Delhi, India: Observer Research Foundation Press, 2009. 17-18 pp

Vosti, S. *et al.*, 2003: Rights to forest products, deforestation and smallholder income: evidence from the Western Brazilian Amazon. *World Development*, 31(11), 1889-1901, November.

Wagner, G. e R.J. Zeckhauser, 2011: Climate policy: hard problem, soft thinking. *Climatic Change*, 110:507-521, doi:10.1007/s10584-011-0067-z. Disponível em http://www.edf.org/sites/default/files/11678_climate-policy-hard-problem-soft-thinking.pdf. Acessado em 20/09/2012.

WBGU, 2009: Change Solving the climate dilemma: The budget approach. Special Report. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (German Advisory Council on Global Change). Berlin: WBGU, 54 pp. Disponível em http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/sondergutachten/sn2009/wbgu_sn2009_en.pdf . Acessado em 8/07/2011.

Weitzman, M.L., 2007: The role of uncertainty in the economics of catastrophic climate change. AEI-Brookings Joint Center Working Paper no. 07-11. Disponível em SSRN: <http://ssrn.com/abstract=992873>.

Weitzman, M.L., 2009: On modeling and interpreting the economics of catastrophic climate change. *Review of Economics and Statistics*, 91(1), 11-9.

WHO, 2011: Health in the Green Economy: Health Co-benefits of Climate Change Mitigation-Housing Sector. World Health Organization, Geneva.

Wunder, S., *et al.*, 2008: Pagamentos por serviços ambientais: perspectivas para a Amazônia Legal. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente (MMA), Projeto de Apoio ao Monitoramento e Análise (AMA), Série Estudos n°. 10, 144 pp.

Young, C.F.F., 2003: Contabilidade ambiental nacional: fundamentos teóricos e aplicação empírica no Brasil. pp.101-132. In: *Economia do meio ambiente – teoria e prática*. [May, P.H. *et al.* (Orgs.)]. Rio de Janeiro, RJ: Editora Campus Elsevier.