

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS

INTER-RELAÇÕES ENTRE BIODIVERSIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS



Recomendações para a integração das considerações sobre biodiversidade na implementação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e seu Protocolo de Kyoto

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS

INTER-RELAÇÕES ENTRE BIODIVERSIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS



Recomendações para a integração das considerações sobre biodiversidade na implementação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e seu Protocolo de Kyoto

Brasília-DF
2007

Supervisão editorial
Cilúlia Maury – PROBIO

Tradução
Ana Lúcia Lemos de Sá

Contribuição para a tradução de termos técnicos
Dra. Emiko Kawakami de Resende, Dra. Cláudia A. Marinho e Agnes de Lemos Velloso

Revisão ortográfica e gramatical
Maria Beatriz Maury de Carvalho

Revisão técnica
Cilúlia Maury e Júlio César Rocha

Criação de capa, projeto gráfico e diagramação
Carlos Eduardo Meneses de Souza Costa

Catálogo da fonte
Helionília Carvalho de Oliveira – Ibama

Catálogo na Fonte
Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

161 Inter-relações entre biodiversidade e mudanças climáticas – recomendações para a integração das considerações sobre biodiversidade na implementação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e seu Protocolo de Kyoto / MMA/505. Tradução de Ana Lúcia Lemos de Sá. – Brasília: MMA, 2007. 220 p. – 29,7 cm. – Série Biodiversidade, v. 26.

Tradução de: *Interlinkages between biological diversity and climate change – advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on climate change and its Kyoto Protocol.*

Bibliografia
ISBN 978-85-7738-012-8

I. Biodiversidade. II. Clima. III. Mudanças globais. IV. Protocolo de Kyoto. I. Sá, Ana Lúcia Lemos de. II. Ministério do Meio Ambiente. III. Secretariado de Biodiversidade e Florestas. IV. Título. V. Série.

CDU [2.ed.] 551.58

Ministério do Meio Ambiente – MMA

Centro de Informação e Documentação Luiz Eduardo Maranhães – CID Ambiental
Esplanada dos Ministérios – Bloco B – térreo – CEP – 70048-900
Tel.: (55)(61) 3317 1235 Fax: (55)(61) 3317 1980 e-mail: Cid@mma.gov.br

PREFÁCIO DO SECRETÁRIO EXECUTIVO

A pressão do ser humano sobre os sistemas naturais do planeta é algo sem precedentes. A perda de diversidade biológica ameaça destruir os intrincados ecossistemas que apóiam a vida na Terra. As mudanças de clima causam grandes impactos, de longo prazo, sobre o bem-estar humano e acrescentam mais pressão sobre os ecossistemas terrestres e marinhos, já tão ameaçados pelas mudanças de uso do solo, poluição, sobre-exploração e introdução de espécies exóticas.

Durante a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (*World Summit on Sustainable Development – WSSD*) em 2002, líderes mundiais reafirmaram a necessidade de tratar destas questões, e endossaram a meta estabelecida pela Conferência das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica para alcançar, até 2010, uma redução significativa na taxa de perda de biodiversidade. A Cúpula Mundial reafirmou, também, a importância central da Convenção sobre Diversidade Biológica e da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima – as convenções adotadas na Cúpula Mundial do Rio há dez anos – para tratar dessas questões.

Os objetivos dessas duas convenções estão estreitamente inter-relacionados:

- A mudança de clima é uma das maiores causas da perda de biodiversidade, e uma das obrigações da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) (*Convention on Biological Diversity*) é identificar e tratar tais ameaças. Ao mesmo tempo, o principal objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima (*United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC*) inclui a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa dentro de um cronograma apropriado que permita a adaptação de ecossistemas à mudança de clima;
- O manejo da biodiversidade poderá contribuir para mitigação e para a adaptação à mudança de clima, e para combater a desertificação. A UNFCCC requer, certamente, a conservação e o aprimoramento de ecossistemas terrestres, costeiros e marinhos atuando como sumidouros de gases de efeito estufa;

-
- Ambas as convenções, bem como a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, têm como finalidade contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Os impactos da mudança de clima sobre a biodiversidade são de grande preocupação para a Convenção sobre Diversidade Biológica. A Conferência das Partes enfatizou os riscos, especialmente aqueles que se referem aos ecossistemas de recifes de coral e às florestas, e chamou atenção sobre os graves impactos da perda de biodiversidade nestes sistemas na subsistência das populações. Mais recentemente, a Conferência das Partes voltou sua atenção também para os impactos potenciais sobre a biodiversidade e ecossistemas decorrentes das várias opções para mitigação ou para a adaptação à mudança de clima, e solicitou ao Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico, Técnico e Tecnológico (*Convention's Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice* - SBSTTA) da Convenção que desenvolvesse assessoramento científico quanto a estas questões.

O SBSTTA estabeleceu um grupo *ad hoc* de técnicos especialistas para realizar uma avaliação das inter-relações entre biodiversidade e mudança de clima. Os resultados estão contidos neste relatório, que utiliza os melhores conhecimentos científicos disponíveis, inclusive aqueles proporcionados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança de Clima.

O relatório conclui que há oportunidades significativas para mitigação e adaptação à mudança de clima e, ao mesmo tempo, para aprimorar a conservação de biodiversidade. Entretanto, estas sinergias não acontecerão se não houver atenção consciente às questões de biodiversidade. O relatório identifica uma gama de ferramentas que podem ajudar os tomadores de decisão na avaliação dos possíveis impactos e dar suporte para que tomem decisões bem fundamentadas a partir das informações disponíveis.

O relatório proporciona a base científica para o desenvolvimento de recomendações, conforme apropriado, no âmbito de cada Convenção, visando o estabelecimento de prioridades para pesquisas futuras. Espero que seja amplamente utilizado também pelos países, na medida em que busquem implementar políticas, programas e atividades no âmbito da Convenção sobre Diversidade Biológica e da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima.

Este relatório é um produto de cooperação tangível entre as Convenções do Rio. Confio que ele representará uma etapa valiosa na promoção da implementação das três Convenções do Rio, de maneira mutuamente cooperativa.

Hamdallah Zedan
Secretário Executivo

APRESENTAÇÃO

Com a divulgação este ano dos relatórios da Quarta Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) entraram definitivamente na ordem do dia os desafios das mudanças climáticas causadas pelo acúmulo na atmosfera dos gases de efeito estufa emitidos principalmente pela queima de derivados de petróleo e pela queima de biomassa associada aos desmatamentos. O estudo “Mudanças Climáticas e seus Efeitos sobre a Biodiversidade” coordenado por José Marengo e divulgado pelo Ministério este ano veio reforçar o alerta sobre as potenciais graves consequências das mudanças climáticas sobre os biomas brasileiros, e faz parte de uma série de estudos contratados pelo Ministério sobre as relações entre mudanças climáticas e a biodiversidade.

Cabe ressaltar que os cenários de mudanças climáticas elaborados pelo IPCC e pelo estudo coordenado por José Marengo do INPE não consideram os efeitos sinérgicos entre as mudanças climáticas e as mudanças no uso das terras e das águas, particularmente o desmatamento, a conversão e a fragmentação de ecossistemas naturais. Sabemos que as atuais espécies do Planeta sobreviveram às variações climáticas durante o Pleistoceno (últimos 2 milhões de anos) ajustando sua distribuição geográfica às condições climáticas. Os cientistas questionam a capacidade destas espécies de tolerarem temperaturas acima deste limiar atingido durante o Pleistoceno (+3°C acima da temperatura pré revolução industrial) que poderão ser provocadas pelas mudanças climáticas, e questionam se estas espécies terão condições de ajustarem sua distribuição geográfica num mundo altamente fragmentado pela ação humana.

A pedido da Convenção sobre Diversidade Biológica o IPCC preparou anteriormente um relatório técnico sobre os potenciais impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade (Relatório Técnico nº 5 do IPCC, 2002), disponível em inglês e em espanhol no portal do IPCC na Internet.

A Convenção sobre Diversidade Biológica produziu dois relatórios sobre esta temática preparados por grupos de trabalho de especialistas: o primeiro, objeto desta tradução, versou sobre as relações entre biodiversidade e mudanças climáticas, contendo

recomendações para a integração de considerações sobre a biodiversidade na implementação da Convenção sobre Mudança do Clima e seu Protocolo de Quioto; o segundo tratou mais especificamente de opções para medidas de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas em relação à biodiversidade. Aliás, sobre esta última questão, a Comissão Nacional de Biodiversidade (CONABIO) aprovou este ano sua Resolução nº 4 que identifica componentes da biodiversidade brasileira mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas e recomenda medidas de adaptação para proteger a biodiversidade brasileira destes impactos.

É importante ressaltar que a Convenção sobre Diversidade Biológica adotou como parte da Meta Global de Biodiversidade para 2010 um conjunto de metas e indicadores específicos que incluem a redução das taxas de perda e degradação de habitats naturais e a manutenção ou melhora da resiliência dos componentes da biodiversidade para adaptarem-se às mudanças climáticas (metas 5.1 e 7.1 da Decisão VII/30, revisada pela Decisão VIII/15, da Conferência das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica). Merece destaque que a CONABIO de forma pioneira, por meio da Resolução nº 3, adotou um conjunto abrangente de Metas Nacionais de Biodiversidade para 2010 incluindo as metas 4.1 e 4.2 de redução nas taxas de desmatamento e de queimadas nos biomas brasileiros e a meta 2.13 de manutenção da capacidade dos ecossistemas de fornecer bens e serviços ambientais (as resoluções da CONABIO estão disponíveis no Portal da CONABIO na Internet).

A presente obra aborda temas como impactos climáticos sobre a biodiversidade no passado e no presente, o papel do funcionamento dos ecossistemas na adaptação às mudanças climáticas, os impactos observados e previstos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade e conseqüentemente sobre populações humanas, as opções de medidas de mitigação das mudanças climáticas e sua relação com a biodiversidade, as opções de medidas de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas e suas relações com a biodiversidade, as opções de abordagens e instrumentos para o planejamento e a tomada de decisões públicas e uma seleção de estudos de caso sobre harmonização de medidas de mitigação e adaptação a mudanças climáticas com a devida consideração da biodiversidade.

Esperamos que este documento seja útil para os diversos grupos de interesse no Brasil engajados no enfrentamento dos desafios provocados pelas mudanças climáticas e suas relações com a perda da biodiversidade nos diferentes biomas brasileiros, inclusive na elaboração e implementação de uma estratégia nacional de mitigação das mudanças climáticas e de adaptação aos seus impactos.

Maria Cecília Wey de Brito

Secretária de Biodiversidade e Florestas

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a todos os membros do Grupo *Ad Hoc* de Técnicos Especialistas em Diversidade Biológica e em Mudança de Clima, cuja competência contribuiu para a elaboração deste relatório, bem como àquelas pessoas das principais agências e institutos, organizações intergovernamentais e não-governamentais que também proporcionaram contribuições importantes em vários capítulos. Gostaria de agradecer também ao Grupo de Co-Presidentes, Sr. Outi Berghäll e Sr. Robert Watson, por seus valiosos esforços, bem como aos coordenadores dos principais capítulos: Sr. Braulio Dias, Sra. Habiba Gitay, Sr. Horst Korn, Sr. Phocus Ntayombya, Sr. Robert Watson e Sra. Kanta Kumari. O Secretariado deseja também agradecer ao Governo da Finlândia, por seu apoio financeiro para a realização da primeira e terceira reuniões do Grupo, que igualmente se beneficiaram da atenciosa cooperação da equipe do Instituto da Finlândia para o Meio Ambiente, em Helsinque.

Quero expressar minha gratidão também àqueles Governos, instituições intergovernamentais e não-governamentais e cientistas que se dedicaram seu tempo à revisão da versão preliminar deste relatório. Os seguintes especialistas proporcionaram comentários sobre o projeto do relatório: Rosemarie Benndorf, Pam Berry, Lenny Bernstein, David Cooper, John Dixon, Peter C. Frumhoff, Sandy Gauntlett, Mike Harley, Lee Hannah, Mikael Hildén, Floyd Homer, Lesley Hughes, Bryan Huntley, Joy Kim, Jyrki Luukkainen, J. Piers Maclaren, Anita Mäkinen, Petra Mahrenholz, John Parrotta, Lucio Pedroni, Hannah Reid, M. J. Sanz, Ernst-Detlef Schulze, John Stone, Gijs van Tol, Jussi Uusivuori, Liette Vasseur, Henry Venema, Markus Vinnari, Clive Wilkinson, Edgard Yerena, Lewis Ziska. E também aos Governos da Argentina, Áustria, Brasil, Canadá, Finlândia, Alemanha, Itália, Japão, Nova Zelândia, Noruega, Espanha, Suécia, Suíça, Países Baixos, Reino Unido, Estados Unidos da América e Uzbequistão, pela revisão do projeto do relatório. Finalmente, observações valiosas foram proporcionadas pelas seguintes organizações: FAO, Rede de Florestas e Recursos da União Européia (*Forests and the European Union Resource Network – FERN*) - U.K. e Bélgica, Amigos das Florestas Siberianas, Greenpea-

ce, SOLJUSPAZ, Rede Ambiental dos Povos Indígenas do Pacífico, Centro para o Direito Ambiental e Direitos de Comunidades, FOA PAC, Amigos da Terra do Japão e Amigos da Terra Internacional.

Hamdallah Zedan
Executive Secretary

Autores Principais e Colaboradores
Autores Principais

Outi Berghäll	Yasemin E. K. Biro
Inhee Chung	Peter Bridgewater
Janet Cotter	Benoit Bosquet
Braulio Dias	Vaclav Burianek
Sandra Díaz	David Coates
Habiba Gitay	David Cooper
Anke Herold	Samuel Dieme
Steven Kelleher	Muna Faraj
Horst Korn	Claudio Forner
Kanta Kumari	Andy Gillison
Robert Lamb	Manuel R. Guariguata
Fabrice Lantheaume	Mike Harley
Miguel Lovera	Andy Hector
Matthew McGlone	Mikael Hilden
Kalemani J. Mulongoy	Hans Joosten
Phocus Ntayombya	Mirna Marin
Christiane Ploetz	Patrick McCully
Gregory Ruark	Beverly McIntyre
M.V.K. Sivakumar	Ndegwa Ndiang'ui
Avelino Suarez	Bernd Neukirchen
Ian Thompson	Ian Noble
Yoshitaka Tsubaki	Peter Straka
Robert Watson	Angelika Thuille
Allan Watt	Marjo Vierros
Colaboradores	Andreas Volentras
Asa Aradottir	David A. Wardle
Kathrin Ammerman	Clive R. Wilkinson

SUMÁRIO EXECUTIVO

A. Biodiversidade e relações com a mudança climática

A diversidade biológica inclui todos os vegetais, animais, microorganismos, os ecossistemas dos quais são parte, a diversidade dentro de e entre espécies, e diversidade de ecossistemas¹. Nenhum componente isolado da biodiversidade (ou seja, genes, espécies ou ecossistemas) é, consistentemente, um bom indicador da biodiversidade global, pois estes componentes podem variar independentemente. A diversidade funcional descreve a variedade de funções ecológicas de espécies, ou grupos de espécies, em um ecossistema. Ela proporciona uma forma alternativa de compreensão da diversidade biológica e dos efeitos de perturbações causadas por atividades humanas, inclusive a mudança de clima, sobre os ecossistemas.

A biodiversidade é determinada pela interação de muitos fatores que diferem espacial e temporalmente. A biodiversidade é determinada por: a) clima médio e variabilidade de clima; b) a disponibilidade de recursos e produtividade global de um local; c) regime de perturbações e ocorrências de origem cósmica (meteoritos), tectônica, climática, biológica ou antrópica; d) estoque original de biodiversidade e oportunidades ou barreiras de dispersão; e) heterogeneidade espacial de *habitats*; f) intensidade e interdependência de interações bióticas, tais como competição, predação, mutualismo e simbiose; e, g) intensidade e tipo de reprodução sexual e recombinação genética. Portanto, a biodiversidade, em todos os níveis, não é estática, pois as dinâmicas dos processos natural, evolutivo e ecológico causam taxas históricas de mudanças.

A biodiversidade forma a base dos bens e serviços proporcionados por ecossistemas essenciais à sobrevivência e ao bem-estar da humanidade. Estes podem ser classificados em diferentes linhas. **Serviços de apoio**, que mantêm as condições de vida na Terra, inclusive a formação e retenção do solo, ciclo de nutrientes e produção primária; **serviços reguladores**, que incluem o controle de qualidade do ar, do clima, de enchentes, da erosão do

¹ Síntese da definição estabelecida na Conservação da Biodiversidade.

solo, a purificação da água, tratamento de esgotos, polinização, controle biológico de pestes e doenças humanas, de rebanhos e controle agrícola; **serviços de suprimento**, que incluem a provisão de alimentos, carvão, fibra, bioquímicos, remédios naturais, fármacos, recursos genéticos e água doce; **serviços culturais**, que proporcionam benefícios não-materiais, inclusive a diversidade e identidade culturais, valores espirituais e religiosos, sistemas de conhecimento, valores educacionais, inspiração, valores estéticos, relações sociais, senso de lugar, patrimônio cultural, recreação e valores comunitários e simbólicos.

Bens e serviços de ecossistemas têm importante valor econômico, mesmo quando alguns destes bens e a maioria dos serviços não são comercializados pelo mercado e não têm etiquetas de preço para alertar a sociedade sobre as mudanças em seu suprimento ou sobre as condições dos ecossistemas que os produzem. Muitos serviços de ecossistemas não são amplamente reconhecidos por sua importância global ou por seu papel crucial ao atender as necessidades em determinadas regiões. Por exemplo, não há, até os dias de hoje, um mercado que reconheça a importante contribuição de ecossistemas terrestres e oceânicos, e de sua biodiversidade, ao absorver pelo menos metade do carbono emitido atualmente na atmosfera por atividades humanas, retardando, desta forma, a taxa global de mudança de clima.

Mudanças no clima global no passado resultaram em grandes alterações na distribuição de espécies e marcantes reorganizações de comunidades biológicas, paisagens e biomas. Durante o Pleistoceno (últimos 1,8 milhões de anos), a biota global foi afetada por concentrações flutuantes de dióxido de carbono atmosférico, temperatura e precipitação, e passou por mudanças evolutivas, plasticidade de espécies, movimentos de cadeias de montanhas e habilidade de sobreviver em pequenos fragmentos de *habitat* favorável (refúgios). Estas mudanças, que resultaram em grandes alterações nas distribuições de espécies e reorganizações marcantes de comunidades biológicas, paisagens e biomas, ocorreram em uma paisagem que não era fragmentada como hoje, e com pouca ou nenhuma pressão de atividades humanas. A fragmentação de *habitats*, decorrente de atividades antrópicas, confinou muitas espécies a espaços relativamente pequenos dentro de suas áreas anteriores, e reduziu sua variabilidade genética. O aquecimento acima do limite das temperaturas alcançadas durante o Pleistoceno estressará os ecossistemas e suas biodiversidades muito além dos níveis impostos pela mudança climática global que ocorreu no passado evolutivo recente.

Os atuais níveis de impactos humanos sobre a biodiversidade são sem precedentes, e afetam o planeta como um todo, causando perda da diversidade biológica em larga escala. As taxas e magnitudes atuais da extinção de espécies relacionadas às atividades humanas excedem em muito as taxas normais anteriores. Atividades humanas já resultaram em perda de biodiversidade e, portanto, podem ter afetado bens e serviços essenciais ao bem-estar humano. Os principais vetores humanos indiretos (causas subjacentes) incluem: fatores demográficos; econômicos; sociopolíticos; científicos e tecnológicos; culturais e religiosos. Os principais vetores humanos diretos (causas ou pressões próximas) incluem: mudança local no uso e na cobertura do solo (a principal mudança histórica no uso do solo foi o aumento global de áreas dedicadas à agricultura e pastos); introdução e remoção de espécies; contribuições externas (por exemplo, fertilizantes e

pesticidas); cultivos; poluição do ar e da água; e mudança de clima. A taxa e magnitude da mudança climática induzidas por crescentes emissões de gases de efeito estufa tem afetado e continuará a afetar a biodiversidade, quer diretamente ou quer em combinação com as forças mencionadas acima, podendo superá-las no futuro.

Para um dado ecossistema, comunidades funcionalmente diversas são mais prováveis de se adaptarem à mudança e à variabilidade de clima do que comunidades empobrecidas. Além disso, a alta diversidade genética dentro de espécies parece aumentar sua permanência ao longo prazo. Entretanto, deve-se enfatizar que o efeito da natureza e magnitude da diversidade genética e de espécies sobre determinados processos ecossistêmicos é ainda pouco conhecido. A habilidade de ecossistemas para resistir ou retornar a seu estado anterior após perturbações poderá depender, também, de determinados níveis de diversidade funcional. Isto poderá ter importantes implicações no desenho de atividades voltadas para a mitigação e adaptação à mudança de clima. Portanto, a conservação de genótipos, de espécies e de tipos funcionais, além de reduzir a perda, a fragmentação e a degradação de *habitats*, poderá promover, ao longo prazo, a persistência, de ecossistemas e o suprimento de seus bens e serviços.

B. Mudança de clima e biodiversidade: impactos observados e projetados

As mudanças de clima, observadas nas últimas décadas do século XX, já afetaram a biodiversidade. As mudanças observadas no sistema climático (por exemplo, maiores concentrações de dióxido de carbono atmosférico, temperaturas mais elevadas do solo e oceanos, mudanças na precipitação e na elevação do nível do mar), especialmente as temperaturas regionais mais elevadas, afetaram o ritmo de reprodução de animais e vegetais e/ou a migração de animais, a duração das estações de crescimento, as distribuições de espécies e tamanho de populações, e a frequência e o surto de pestes e doenças.

As mudanças de clima esperadas para o século XXI ocorrerão mais rapidamente do que nos últimos dez mil anos e, combinadas à mudança no uso do solo e à expansão de espécies exóticas, provavelmente limitarão a capacidade de migração de espécies, bem como sua habilidade de persistirem em *habitats* fragmentados. Os impactos projetados, devido a mudanças no clima médio, eventos climáticos extremos e variabilidade climática incluem:

- a) **A distribuição de muitas espécies, condicionada pelo clima, irá se deslocar em direção aos polos ou acima de seus locais atuais.** Espécies serão afetadas diferentemente pela mudança de clima; algumas poderão migrar através de paisagens fragmentadas, enquanto outras serão incapazes de fazê-lo.
- b) **Muitas espécies já vulneráveis provavelmente serão extintas.** Espécies com distribuições climáticas limitadas e/ou com oportunidades geográficas limitadas (espécies de topos de montanhas, espécies insulares, de penínsulas, como Cape Flora), espécies com necessidades de *habitats* restritos e/ou pequenas populações são tipicamente as mais vulneráveis.
- c) **Mudanças na frequência, intensidade, extensão e locais de perturbações climáticas e não-climáticas induzidas, afetarão o modo e o ritmo no qual ecossistemas existentes serão substituídos por novas coleções de vegetais e animais.** É impro-

vável que diferentes espécies em um ecossistema migrem com a mesma rapidez; espécies longevas persistirão por mais tempo em seus *habitats* originais ocasionando novas coleções de vegetais e animais. Muitos ecossistemas serão dominados por espécies oportunistas, “daninhas”, ou seja, espécies bem adaptadas à dispersão e ao estabelecimento rápido, especialmente quando a frequência e a intensidade de perturbações forem altas.

- d) **Alguns ecossistemas são particularmente vulneráveis à mudança de clima**, tais como recifes de coral, manguezais, ecossistemas em montanhas de grande altitude, remanescentes de pastos nativos e ecossistemas sobrepostos a solos permanentemente gelados. Alguns ecossistemas levarão mais tempo para mostrar as evidências de mudanças, por exemplo, aqueles dominados por espécies longevas (por exemplo, árvores longevas), enquanto outros, como os recifes de coral, mostrarão uma resposta rápida.

A produtividade líquida primária de muitas espécies (inclusive de espécies cultivadas) irá aumentar devido a concentrações elevadas de dióxido de carbono atmosférico; entretanto, poderá haver perda de produtividade líquida de ecossistemas e biomas.

As mudanças na produtividade líquida primária resultarão em mudanças na composição e funcionamento de ecossistemas. Poderá ocorrer perda na produtividade líquida de ecossistemas e biomas (por exemplo, em algumas florestas) quando houver alguma ruptura significativa no ecossistema (por exemplo, perda de espécies dominantes ou alta proporção de algumas espécies devido a mudanças nas perturbações, tais como incêndios florestais, surtos de pragas e doenças).

A subsistência de muitas comunidades locais e de populações indígenas, em particular, será afetada adversamente caso a mudança de clima e de uso do solo levem à perda de biodiversidade. Estas comunidades dependem diretamente dos produtos e serviços proporcionados por ecossistemas terrestres, costeiros e marinhos, onde elas habitam.

Mudanças na biodiversidade, em escala ecossistêmica e de paisagem, em resposta à mudança de clima e outras pressões (por exemplo, desmatamento, mudanças em queimadas florestais e introduções de espécies invasoras), afetariam adicionalmente o clima global e regional por meio de mudanças na absorção e liberação de gases de efeito estufa, mudanças no albedo e na evapotranspiração. De forma semelhante, mudanças em comunidades biológicas no alto mar poderão alterar a absorção de dióxido de carbono pelo oceano, ou a liberação de precursores de núcleos de condensação de nuvens, causando *feedback* positivo ou negativo na mudança de clima.

C. Opções de mitigação e adaptação à mudança de clima: inter-relações com e impactos sobre a biodiversidade.

Ecossistemas terrestres e oceânicos desempenham um papel importante no ciclo global de carbono, e seu manejo adequado poderá contribuir significativamente para reduzir o acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera. A cada ano cerca de 60 giga-

tons² (Gt) de carbono (C), são absorvidos e liberados por ecossistemas terrestres, e cerca de outros 90Gt C são absorvidos e liberados por sistemas oceânicos. Estes fluxos naturais são grandes, quando comparados a aproximadamente 6.3Gt C emitidos atualmente a partir de combustíveis fósseis e processos industriais, e cerca de 1.6Gt C ao ano decorrente do desmatamento, predominantemente nos trópicos. Os ecossistemas terrestres parecem estar armazenando cerca de 3Gt C a cada ano, e os oceanos cerca de 1.7 Gt. O resultado é um acúmulo líquido de 3.2Gt de C atmosférico, ao ano.

Há oportunidades significativas para mitigação e adaptação à mudança de clima e, ao mesmo tempo, para incrementar a conservação de biodiversidade. A mitigação envolve a redução da emissão de gases de efeito estufa a partir de fontes biológicas e de energia, ou pelo aumento de sumidouros de gases de efeito estufa. A adaptação é composta de atividades que reduzem a vulnerabilidade do sistema (humano e natural) à mudança de clima. Alternativas para a mitigação e adaptação de carbono que levem em conta as questões ambientais (inclusive biodiversidade), sociais e econômicas oferecem maior potencial para impactos sinérgicos positivos.

A abordagem ecossistêmica da Convenção sobre Diversidade Biológica proporciona uma estrutura flexível de manejo para tratar atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima, sob uma ampla perspectiva. Esta estrutura holística considera múltiplas escalas temporais e espaciais, e pode ajudar a equilibrar as questões ecológicas, econômicas e sociais em projetos, programas e políticas relacionadas à mitigação e adaptação à mudança de clima. “O manejo adaptável”, que prevê a reavaliação de resultados através do tempo, as alterações nas estratégias de manejo e ajustes para alcançar metas, é uma parte integrante da abordagem ecossistêmica.

Atividades de uso do solo, de mudança no uso do solo e de silvicultura podem desempenhar um papel importante na redução líquida da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. A mitigação biológica dos gases de efeito estufa por meio do uso do solo, de mudanças no uso do solo e de silvicultura (Land Use, Land-Use Change and Forestry – LULUCF) pode ocorrer por meio de três estratégias: (a) conservação de reservatórios de carbono existentes, ou seja, evitar o desmatamento, (b) sequestro de carbono, por meio do aumento do tamanho reservatório (por meio de plantios florestais e reflorestamento, por exemplo) e (c) substituição da energia de combustível fóssil pelo uso de biocombustíveis. O limite máximo estimado do potencial global de opções de mitigação biológica (a e b) por meio do de plantios florestais, reflorestamento, desmatamento evitado e do manejo da agricultura, das áreas de pastos e das florestas, é da ordem de 100Gt C (cumulativo) até o ano de 2050, o que é equivalente a cerca de 10 a 20% de emissões projetadas de combustível fóssil durante aquele período³; no entanto, há incertezas substanciais associadas a esta estimativa. Estima-se que o maior potencial de mitigação biológica ocorra nas regiões tropicais e subtropicais. Quando as atividades

² 1 gigaton equivale a 10⁹ toneladas.

³ A emissão de carbono da combustão de combustível fóssil está projetada para crescer do atual nível de 6.3Gt C por ano, para cerca de 10 a 25 Gt C, por ano.

LULUCF são usadas para equilibrar as emissões de combustíveis fósseis, há uma alteração líquida de carbono de reservas fósseis para reservas mais instáveis – mas potencialmente de longo prazo – em ecossistemas terrestres.

No contexto do Protocolo de Kyoto, adicionalidade, vazamento, permanência e incertezas são conceitos importantes para as reservas de carbono em relação à implementação de atividades de mitigação. Um projeto credenciado sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é adicional quando ocorrer sem o estímulo do Mecanismo, e quando remover mais gases de efeito estufa da atmosfera do que teria ocorrido sem o projeto. O vazamento refere-se à situação onde as atividades relacionadas ao sequestro de carbono ou conservação de reservatórios existentes de carbono provocarem uma atividade em outro local, o que por sua vez, conduz à emissão de carbono. A permanência refere-se à longevidade e estabilidade de reservatórios de carbono no solo e na vegetação, em função de serem submetidos a vários regimes de manejo e estarem sujeitos a uma gama de perturbações naturais. As incertezas resultam da falta de informação ou desacordo sobre o que é conhecido ou passível de ser conhecido.

Florestamento⁴ e reflorestamento⁵ podem ter impactos positivos, neutros ou negativos sobre a biodiversidade, dependendo do ecossistema substituído, das opções de manejo utilizadas e das escalas espaciais e temporais. O valor de florestas plantadas para a biodiversidade dependerá, em grande parte, do que havia anteriormente no local, e também do seu contexto na paisagem onde se insere. Frequentemente o reflorestamento de áreas degradadas irá produzir maiores benefícios para a biodiversidade, mas poderá proporcionar também maiores desafios ao manejo florestal. Projetos de florestamento e reflorestamento que escolhem com cuidado as espécies e o local de suas atividades podem promover o retorno, a sobrevivência e a expansão de populações de plantas e animais nativos. Inversamente, o desmatamento de florestas nativas e a sua substituição por florestas de monoculturas de espécies exóticas terão, certamente, um efeito negativo sobre a biodiversidade. O plantio de florestas em campos naturais e outros tipos nativos de *habitats*, acarretaria também perdas significativas de biodiversidade.

Plantações rotativas de curto prazo não sequestram nem mantêm o carbono por tanto tempo quanto plantações rotativas de longo prazo, nas quais o carbono da vegetação e do solo pode ser acumulado. A perda de carbono do solo ocorre por vários anos após a colheita e o replantio, devido à exposição do solo, aumento da lixiviação e escoamento e contribuições reduzidas de serapilheiras. Florestas de rotação de curto prazo, com suas estruturas mais simples, estimulam uma menor abundância de espécies do que de florestas de existência mais prolongada. Entretanto, os produtos das plantações de rotação de curto prazo podem aliviar a pressão para explorar ou desmatar florestas antigas ou primárias.

Plantações de espécies de árvores nativas proporcionarão mais biodiversidade do que de espécies exóticas, e plantações de espécies mistas de árvores proporciona-

⁴ O florestamento requer o plantio de árvores em áreas onde não existam florestas há mais de cinquenta anos.

⁵ O reflorestamento requer o plantio de árvores em áreas que não tenham sido plantadas desde 1990.

rão, geralmente, mais biodiversidade do que as monoculturas. As plantações de espécies exóticas proporcionam apenas uma parte da biodiversidade local, mas podem contribuir para a conservação de biodiversidade, desde que adequadamente situada na paisagem. Entretanto, o plantio de espécies exóticas invasoras poderá ter conseqüências negativas, importantes e abrangentes sobre a biodiversidade. Plantações de árvores podem ser planejadas para permitir a colonização e estabelecimento de diversas comunidades de plantas de menor porte, ao proporcionar sombra e melhoria de micro-climas. Locais específicos podem ser melhores candidatos para a implementação de tais atividades do que outros, de acordo com usos passados e presentes, a importância local ou regional de sua biodiversidade associada e a proximidade a outras florestas, em uma paisagem. O envolvimento de comunidades locais e populações indígenas no projeto e nos benefícios a serem alcançados com a plantação, poderá contribuir para o apoio local para um projeto, e contribuir, portanto, para a sua perenidade. Em uma paisagem previamente fragmentada, plantios poderão contribuir para a capacidade de dispersão de algumas espécies entre os fragmentos de *habitats*. Mesmo as monoculturas podem gerar alguns benefícios à biodiversidade local, especialmente se incorporarem algumas características, tais como permitir espaçamento no dossel, a retenção de alguns resíduos de madeira morta e proporcionar conectividade de paisagens.

A diminuição do ritmo de desmatamento e de degradação florestal pode proporcionar importantes benefícios à biodiversidade, além de mitigar a emissão de gases de efeito estufa e preservar serviços ecológicos. Nas regiões temperadas, quando houve desmatamento, este ocorreu principalmente no período de algumas décadas a alguns séculos atrás. Em décadas recentes, o desmatamento tem sido mais preponderante, nas regiões tropicais. Como as florestas tropicais primárias remanescentes contêm cerca de 50-70% de todas as espécies vegetais e animais terrestres, elas são de grande importância na conservação da biodiversidade. O desmatamento e a degradação de todos os tipos de florestas tropicais são ainda as principais causas da perda global de biodiversidade. Qualquer projeto que diminua o ritmo de desmatamento e de degradação florestal ajudará a conservar a biodiversidade. Projetos em florestas ameaçadas/vulneráveis, que sejam notadamente diversificadas em espécies, globalmente raras, ou únicas naquela região, podem proporcionar grandes benefícios imediatos à biodiversidade. Os projetos que protegem as florestas contra a conversão do solo ou a degradação de bacias hidrográficas-chave têm o potencial de retardar substancialmente a erosão do solo, de proteger os recursos hídricos e de conservar a biodiversidade.

A proteção florestal, por meio da eliminação do desmatamento, pode ter impactos sociais, positivos ou negativos. Os possíveis conflitos entre a proteção de ecossistemas florestais e os efeitos negativos subordinados a ela, tais como: restrições sobre as atividades de populações locais, redução de rendas e/ou redução de produtos destas florestas podem ser minimizados pelo manejo apropriado de parcelas de florestas e de paisagens, bem como por meio do uso de avaliações ambientais e sociais.

A maioria das florestas do mundo possui algum tipo de manejo, portanto o aprimoramento desse manejo pode aumentar o seqüestro de carbono ou minimizar sua

perda, e conservar a biodiversidade. Seres humanos manejam a maior parte das florestas para fins de conservação e para a produção de bens e serviços. Os ecossistemas florestais são extremamente variados e o impacto, positivo ou negativo, de qualquer operação de manejo florestal irá diferir dependendo do solo, clima e histórico do local, incluindo regimes de perturbações (tal como regimes de fogo). Como as florestas são enormes repositórios de biodiversidade terrestre, em todos os níveis de organização (genético, de espécie, de população e de ecossistema), o aprimoramento do manejo têm o potencial de afetar positivamente a biodiversidade. Práticas florestais que aumentam a biodiversidade em talhões florestais que exercem uma influência positiva sobre a retenção de carbono dentro de florestas, incluem: o aumento do período de rotação, colheita de baixa intensidade, permanência de resíduos de madeira, silvicultura pós-colheita para restaurar os tipos florestais locais, prestar atenção à estrutura da paisagem, e colheitas que imitam regimes de perturbações naturais. O manejo que mantém o regime natural de fogo irá, geralmente, manter a biodiversidade e o armazenamento de carbono.

Sistemas agroflorestais têm o potencial de seqüestrar carbono, e podem reduzir a erosão do solo, reduzir extremos climáticos sobre os cultivos, melhorar a qualidade da água e proporcionar bens e serviços à população local. Sistemas agroflorestais incorporam árvores e arbustos em áreas agrícolas para alcançar metas econômicas e de conservação, enquanto mantêm a terra agricultável produzindo. Globalmente, o potencial para seqüestrar carbono é muito alto, devido à extensão de áreas agrícolas em muitos países. Sistemas agroflorestais podem incrementar a biodiversidade, especialmente em paisagens dominadas por cultivos anuais ou em áreas que tenham sido degradadas. Plantios agroflorestais podem ser usados para conectar funcionalmente fragmentos de florestas e outros *habitats* críticos, como parte de uma estratégia mais ampla de manejo de paisagem.

Há muitas atividades de manejo agrícola (por exemplo, plantio conservacionista, práticas de controle de erosão e irrigação) que irão seqüestrar carbono em solos, e que podem ter efeitos positivos ou negativos sobre a biodiversidade, dependendo da prática e do contexto no qual forem aplicadas. O plantio conservacionista representa uma gama de práticas de cultivo, incluindo escarificação, plantio em camalhões, em faixas, cultivo na palha e plantio direto, que poderão permitir o acúmulo do carbono orgânico no solo e proporcionar condições benéficas para a fauna do solo. O uso de práticas para o controle de erosão, que inclui estruturas de conservação da água, faixas-filtro usadas para o manejo de matas-de-galeria e faixas de proteção agroflorestal para o controle de erosão eólica, podem reduzir o deslocamento de carbono orgânico do solo e proporcionar oportunidades para o incremento da biodiversidade. O uso de irrigação pode aumentar a produção de colheitas, mas tem o potencial de degradar recursos hídricos e ecossistemas aquáticos. Onde for possível, é importante incluir abordagens participativas voltadas para os fazendeiros; levar em consideração o conhecimento e tecnologia local e indígena; promover o ciclo e o uso de material orgânico em sistemas agrícolas de baixo insumo, e usar uma gama de cultivos localmente adaptados.

O manejo para o melhoramento de campos (por exemplo: manejo de pastos, áreas protegidas de campos e áreas especialmente protegidas, melhoramento da produtividade de áreas de campos e manejo do fogo) pode aumentar o armazenamento de carbono no solo e na vegetação e, ao mesmo tempo, conservar a biodiversidade. A produtividade e, portanto, o potencial para seqüestrar carbono de muitas áreas pastoris é restrito, principalmente pela disponibilidade de água, nitrogênio e outros nutrientes, e pela inadequação de algumas espécies nativas à pastagem intensa por rebanhos de animais. A introdução de leguminosas fixadoras de nitrogênio e gramíneas altamente produtivas, ou a adição de fertilizantes, pode aumentar a produção de biomassa e os reservatórios de carbono no solo, mas podem diminuir a biodiversidade. A introdução de fixadores exóticos de nitrogênio apresenta o risco de que se tornem invasores. A despeito de uma área de savana ser intensamente manejada ou protegida, o acúmulo de carbono pode aumentar por meio de práticas de melhoramento, especialmente se espécies nativas forem manejadas adequadamente para aumentar a biodiversidade associada ao sistema.

Evitar a degradação de turfeiras e pântanos é uma boa opção de mitigação. Turfeiras e pântanos contêm grandes reservas de carbono, porém nas últimas décadas a drenagem de origem antrópica e a mudança do clima transformaram as turfeiras, de reserva global de carbono para fonte global de carbono. A drenagem de turfeiras para atividades de florestamento e reflorestamento leva a um aumento líquido de carbono e, no curto prazo, a emissões de carbono.

Atividades de reflorestamento que aumentem a cobertura vegetal em áreas erodidas, severamente degradadas ou perturbadas por algum outro motivo têm alto potencial de aumentar o seqüestro de carbono e incrementar a biodiversidade. As taxas de seqüestro de carbono dependerão de vários fatores, inclusive métodos de reflorestamento, seleção de plantas, características do solo, preparação da área e clima. Solos em áreas erodidas e degradadas geralmente têm baixos níveis de carbono e, portanto, um alto potencial para acumular carbono; entretanto, o reflorestamento destes locais apresentará desafios técnicos. Uma consideração importante é combinar as espécies de vegetais com as condições do local e considerar que funções ecológicas-chave precisam ser restauradas. A biodiversidade pode ser incrementada se o reflorestamento propiciar o restabelecimento espécies nativas ao longo do tempo, ou prevenir a degradação adicional e proteger ecossistemas vizinhos. Em certas situações, onde espécies nativas talvez não encontrem condições de crescimento em alguns locais degradados, o uso de espécies exóticas e fertilizantes poderá ser a melhor (e única) oportunidade para restabelecer a vegetação. Entretanto, é preciso ter cuidado para evitar situações onde espécies exóticas que tenham características invasoras, terminem colonizando *habitats* nativos vizinhos alterando, assim, comunidades de vegetações e processos ecossistêmicos.

Ecossistemas marinhos podem proporcionar oportunidades de mitigação, mas as implicações potenciais para as funções do ecossistema e para a biodiversidade não são bem compreendidas. Os oceanos são importantes reservatórios de carbono, com aproximadamente cinquenta vezes mais carbono do que a quantidade presente na atmosfera atualmente. Há sugestões para fertilizar o oceano visando promover a produção

mais intensa de biomassa e, desta forma, seqüestrar e estocar carbono mecanicamente no fundo do oceano. Entretanto, o potencial destas abordagens para estocar carbono é, efetivamente, pouco compreendido, e seus impactos sobre ecossistemas oceânicos e marinhos e sua biodiversidade associada, são desconhecidos.

Plantios voltados para a produção de bioenergia proporcionam potencial para substituir a energia de combustível fóssil pela energia de combustível de biomassa, mas podem ter impactos adversos sobre a biodiversidade, caso substituam ecossistemas de grande diversidade biológica. Entretanto, plantios voltados para a produção de bioenergia em áreas degradadas ou áreas agrícolas abandonadas poderão beneficiar a biodiversidade.

Fontes renováveis de energia (restos de lavoura, energia solar e eólica) podem ter efeitos positivos ou negativos sobre a biodiversidade, dependendo da seleção do local e das práticas de manejo. A substituição da lenha por restos de lavoura, o uso de fogões a lenha mais eficientes, o uso da energia solar e aprimoramento de técnicas para produzir carvão, podem também reduzir a pressão sobre florestas e matas. A maioria dos estudos demonstrou baixas taxas de colisão de pássaros com moinhos de vento, porém esta mortalidade pode ser significativa para espécies raras. A seleção apropriada do local e uma avaliação, caso a caso, das implicações de moinhos de vento sobre a vida silvestre e bens e serviços de ecossistemas podem evitar ou minimizar impactos negativos.

A energia hídrica tem grande potencial para mitigar a mudança de clima ao reduzir a intensidade de gases de efeito estufa da produção de energia, mas também pode ter potenciais efeitos adversos sobre a biodiversidade. Em poucos casos, as emissões de dióxido de carbono e de metano, causadas por represas e reservatórios, podem ser um fator limitante sobre o uso da energia hídrica para mitigar a mudança de clima. O desenvolvimento da energia hídrica em larga escala pode ter também outros custos ambientais e sociais altos, tais como a perda de biodiversidade e de solo, a interrupção de rotas de migração ou o deslocamento de comunidades locais. Os impactos de projetos específicos de energia hídrica sobre o ecossistema variam amplamente, e podem ser minimizados dependendo de fatores como: tipo e condição dos ecossistemas antes das represas, tipo e operação da represa (por exemplo, manejo do fluxo de água), e a profundidade, área e comprimento do reservatório. A energia hídrica proveniente da correnteza do rio e das pequenas represas tem, geralmente, menos impactos sobre a biodiversidade do que grandes represas, mas os efeitos cumulativos de várias pequenas unidades devem ser levados em consideração.

A adaptação é necessária não apenas para mudanças projetadas no clima, mas também porque a mudança climática já está afetando muitos ecossistemas. Atividades de adaptação podem ter impactos negativos ou positivos sobre a biodiversidade, mas os efeitos positivos podem geralmente ser alcançados por meio de manutenção e restauração de ecossistemas nativos; proteção e melhoramento de serviços de ecossistemas; prevenção e controle ativos de espécies exóticas e invasoras; manejo de *habitats* para espécies raras, ameaçadas ou em extinção; desenvolvimento de sistemas agroflorestais em zonas de transição; respeito ao conhecimento tradicional e, ainda, monitoramento de resultados e mudanças adequadas de regimes de manejo. As atividades de adaptação

podem ameaçar a biodiversidade tanto diretamente – por meio da destruição de *habitats* (por exemplo, a construção de diques para deter o avanço domar, afetando, portanto, os ecossistemas costeiros) ou indiretamente, por meio da introdução de novas espécies ou mudança de práticas de manejo como, por exemplo, a maricultura ou a aqüicultura.

A redução de outras pressões sobre a biodiversidade, originadas pela conversão de *habitats*, sobre-exploração, poluição e invasões de espécies exóticas, é uma importante medida de adaptação à mudança do clima. Como a mitigação das mudanças climáticas é, em si mesma, uma tentativa de longo prazo, a redução de outras pressões pode ser uma das opções mais práticas. Por exemplo, melhorar a saúde de recifes de coral reduzindo a pressão da poluição e práticas costeiras danosas (tais como a pesca com explosivos e venenos), poderá permitir que estes se tornem mais resilientes à elevação da temperatura da água, e reduzam o branqueamento. Uma importante medida de adaptação é contrapor à fragmentação de *habitats* o estabelecimento de corredores biológicos entre áreas protegidas e, particularmente, entre florestas. De modo geral, o estabelecimento de um mosaico de reservas de áreas protegidas terrestres, de água doce, e marinhas, interconectadas e de uso múltiplo, desenhadas para levar em consideração mudanças de clima projetadas, podem ser benéficas para a biodiversidade.

A conservação da biodiversidade e a manutenção de estruturas e funções de ecossistemas são importantes estratégias de adaptação à mudança de clima, porque populações geneticamente diversas e ecossistemas ricos em espécies têm um grande potencial de adaptação à mudança climática. Enquanto alguns serviços, como o controle natural de pestes, polinização, estabilização do solo, controle de inundações, purificação da água e dispersão de sementes, podem ser substituídos quando danificados ou destruídos pela mudança climática, alternativas técnicas podem ser onerosas e, portanto, não viáveis para utilização em muitas situações. Portanto, a conservação da biodiversidade (por exemplo, a diversidade genética de cultivos de alimentos, de árvores e de raças de animais domésticos) significa que as opções para adaptar melhor as sociedades humanas à mudança de clima são mantidas abertas. A conservação de ecótonos é outra medida importante de adaptação. Os ecótonos servem como repositórios de diversidade genética que poderão ser utilizados para reabilitar regiões ecoclimáticas adjacentes. Como medida de segurança, estas abordagens podem ser complementadas pela conservação *ex situ*. Isto pode incluir a coleção e o armazenamento convencional em bancos genéticos, bem como o manejo dinâmico de populações, permitindo a adaptação contínua por meio da evolução, de acordo com as condições de mudança. A promoção da conservação da diversidade de colheitas em uma fazenda pode ter uma função semelhante.

A proteção, restauração ou estabelecimento de ecossistemas biologicamente diversos, que proporcionam importantes bens e serviços, podem ser importantes medidas de adaptação para complementar bens e serviços existentes, em antecipação ao aumento de pressões ou demandas, ou para compensar possíveis perdas.

Por exemplo:

A proteção ou a restauração de manguezais pode proporcionar maior proteção às áreas costeiras, em relação à elevação do nível do mar e a eventos climáticos extremos.

A reabilitação de florestas montanas e de áreas alagadas pode ajudar a regular o fluxo em bacias hidrográficas e reduzir, desta forma, as inundações causadas por chuvas torrenciais e, ainda, melhorar a qualidade da água.

A conservação de *habitats* naturais com alta resiliência ecossistêmica, tais como florestas primárias, pode diminuir a perda de biodiversidade decorrente da mudança de clima e compensar as perdas em outras áreas menos resilientes.

D. Abordagens de apoio ao planejamento, tomada de decisão e discussões públicas

Há uma clara oportunidade para implementar atividades mutuamente benéficas (políticas e projetos) que se beneficiam das sinergias entre a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima e seu Protocolo de Kyoto, a Convenção sobre Diversidade Biológica e amplos objetivos nacionais de desenvolvimento. Estas oportunidades têm sido raramente concretizadas devido à falta de coordenação nacional entre as agências setoriais, para desenhar medidas políticas que explorem sinergias potenciais entre os objetivos nacionais de desenvolvimento econômico, e projetos e políticas que focalizem o meio ambiente. Além disso, há falta de coordenação entre os acordos ambientais multilaterais, mais especificamente entre as atividades de mitigação e adaptação definidas pelas Partes à UNFCCC e seu Protocolo de Kyoto, e atividades de conservação e manejo sustentável de ecossistemas, definidas pelas Partes à Convenção sobre Diversidade Biológica.

A experiência mostra que processos de tomada de decisão, transparentes e participativos, envolvendo e integrando todos os interessados pertinentes desde o início no desenho de projetos ou políticas, podem aumentar a probabilidade de sucesso no longo prazo. As decisões são repletas de valores e combinam elementos políticos e tecnocráticos. De forma ideal, deveriam combinar a identificação e análise de problemas, a identificação de opções de políticas, a escolha de políticas, implementação de políticas, e monitoramento e avaliação de maneira interativa. Instituições e processos de tomada de decisão operam em escalas espaciais, da pequena comunidade ao nível global.

Uma gama de ferramentas e processos está disponível para a avaliação das implicações econômicas ambientais e sociais de diferentes atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima (projetos e políticas), no contexto mais amplo do desenvolvimento sustentável. Avaliações de impactos ambientais (Environmental Impact Assessments - EIAs) e avaliações ambientais estratégicas (Strategic Environmental Assessments - SEAs) são processos que podem incorporar uma gama de ferramentas e métodos, inclusive estruturas de decisão analítica, técnicas de valoração, critérios e indicadores. Listas de checagem simples, inclusive listas indicativas de atividades positivas e negativas, podem ajudar a orientar as considerações quanto à necessidade de AIAs e SEAs.

Avaliações de impactos ambientais e avaliações ambientais estratégicas podem ser integradas no desenho de projetos e políticas de mitigação e de adaptação à mudança do clima. Isso poderá ajudar planejadores, tomadores de decisão e todos os interessados na identificação e mitigação de impactos ambientais e sociais potencial-

mente prejudiciais, além de aumentar a probabilidade de impactos positivos, tais como o armazenamento de carbono, a conservação de biodiversidade e o aprimoramento do modo de vida. As AIAs e AAEs podem ser usadas para avaliar as implicações ambientais e sociais de diferentes projetos e políticas de energia, uso do solo, mudança no uso do solo e silvicultura (LULUCF), realizados pelas Partes à UNFCCC e Convenção sobre Diversidade Biológica, e para escolher entre estes. Enquanto a Convenção sobre Diversidade Biológica estimula, explicitamente, o uso das ferramentas AIA e AAE, como meio para alcançar seus objetivos, não há qualquer referência às mesmas na UNFCCC e seu Protocolo de Kyoto. As regras operacionais para o Protocolo de Kyoto, incluídas nos Acordos de Marrakesh, determinam apenas que os participantes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e, em alguns casos, os projetos de Implementação Conjunta (JI), devem realizar um AIA em conformidade com as exigências da Parte anfitriã caso, após uma análise preliminar, os participantes ou os países anfitriões considerem que os impactos ambientais das atividades projetadas sejam significativos.

Estruturas de decisão analítica são ferramentas que podem ser usadas para avaliar os impactos econômicos, sociais e ambientais de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima, e aqueles impactos de atividades de conservação de biodiversidade. As estruturas de decisão analítica podem ser divididas em quatro categorias amplas, quais sejam: normativa, descritiva, deliberativa e aquela ética e culturalmente fundamentada. Estas incluem análise de decisão, análise de custo-benefício, análise de custo-efetividade, abordagem do exercício de políticas e regras culturais. As características diversas das possíveis atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima e atividades de conservação de biodiversidade implicam na necessidade de um conjunto diverso de estruturas de decisão analítica e de ferramentas, de forma que, aquelas mais pertinentes à tomada de decisão possam ser selecionadas e aplicadas. Por exemplo, se o custo-efetivo for o critério de decisão mais importante isto sugeriria a realização de uma análise de custo-efetividade. O uso de estruturas de decisão analítica, antes da implementação do projeto ou da política, pode ajudar a focar uma série de questões que deverá ser parte do desenho do projeto ou da política.

Há métodos disponíveis para determinar as mudanças nos valores de uso e não-uso de bens e serviços de ecossistemas derivados de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima. O conceito de valor econômico total é uma estrutura útil para avaliar o valor utilitário do uso e não-uso de bens e serviços de ecossistemas, agora e no futuro. Os valores de uso são derivados do uso direto (por exemplo, provisão de alimento), uso indireto (por exemplo, regulação do clima), ou valores opcionais (por exemplo, conservação da diversidade genética), enquanto os valores de não-uso incluem valores existentes⁶. As técnicas de valoração podem ser usadas para avaliar as implicações “econômicas” de mudanças nos bens e serviços ecológicos, resultantes de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima, bem como de atividades de conservação e

⁶ Quando indivíduos concordem em pagar pela conservação de biodiversidade.

uso sustentável da biodiversidade. Inversamente, o valor não-utilitário (intrínseco) de ecossistemas, derivado de uma gama de perspectivas éticas, culturais, religiosas e filosóficas, não pode ser medido em termos monetários. Assim, quando um tomador de decisão avalia as implicações da possível alteração de um ecossistema, é importante que esteja ciente dos valores utilitários e não-utilitários dele. **Sem um conjunto mínimo comum de padrões ambientais e sociais internacionais, os projetos de mitigação de mudança poderão continuar sendo produzidos em países com poucos padrões, ou sem qualquer padrão, afetando adversamente a biodiversidade e sociedades humanas.** Estes padrões poderão ser incorporados em esforços nacionais de planejamento, desde que internacionalmente acordados. Além disso, os Acordos de Marrakesh afirmam que é prerrogativa da Parte anfitriã confirmar se o projeto de MDL ajuda a alcançar o desenvolvimento sustentável.

Sistemas de critérios e indicadores nacionais e regionais, e possivelmente internacionais, podem ser úteis no monitoramento e na avaliação de impactos causados pela mudança do clima, na avaliação dos impactos das atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima sobre a biodiversidade, e outros aspectos do desenvolvimento sustentável. Um aspecto importante do monitoramento e da avaliação é a escolha de critérios e indicadores adequados, os quais deverão ser, sempre que possível, significativos nos níveis local, nacional e possivelmente internacional, bem como consistentes com os principais objetivos de intervenção do projeto ou política. Critérios e indicadores consistentes com objetivos nacionais de desenvolvimento sustentável estão disponíveis até certo ponto. Por exemplo, muitos processos internacionais desenvolveram, ou estão desenvolvendo atualmente, critérios e indicadores específicos de biodiversidade e desenvolvimento sustentável em diretrizes de manejo florestal que poderiam ser úteis para projetos e políticas de plantações florestais, reflorestamento e conservação (desmatamento efetivado) em projetos e políticas.

Uma avaliação crítica dos atuais critérios e indicadores desenvolvidos sob a Convenção sobre Diversidade Biológica e as várias outras iniciativas nacionais e internacionais, podem ajudar na verificação de sua utilidade para avaliar o impacto de iniciativas realizadas pelas Partes à UNFCCC e seu Protocolo de Kyoto. Tal avaliação possibilitaria a apresentação de uma gama de padrões e procedimentos elegíveis para validação e certificação que poderiam facilitar iniciativas nacionais e internacionais na seleção de um esquema que melhor se adaptasse às suas circunstâncias de projetos.

Os processos de monitoramento e avaliação que envolvem comunidades e instituições mais afetadas pelas atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima, e que reconhecem a necessidade de diferentes escalas espaciais e temporais para avaliar as implicações destas atividades, são, provavelmente, os mais adequados. Os métodos para avaliação de componentes de biodiversidade estão disponíveis na escala local e regional, mas poucos países têm um sistema operacional em curso. Em algumas situações, determinar o impacto de projetos e políticas de mudança de clima sobre a biodiversidade pode, provavelmente, permanecer como um problema devido ao período de retardo entre a intervenção e a resposta do sistema.

E. Lições aprendidas de estudos de caso: harmonização de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima com considerações sobre a biodiversidade. As experiências individuais e coletivas de vários estudos de caso proporcionam percepções sobre desafios e oportunidades práticas fundamentais para aprimorar o **desenho de projetos**. Há algumas lições aprendidas para a harmonização de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima com as considerações sobre a biodiversidade, fundamentadas em análises de dez estudos de caso sendo implementados em várias escalas (local, regional e nacional). Alguns desses estudos de caso foram projetos-piloto, lançados em antecipação à implementação do Protocolo de Kyoto; outros precederam as discussões de Kyoto.

Lição 1: Há escopo para harmonizar atividades de plantações florestais, reflorestamento, manejo florestal melhorado e desmatamento evitado, com os benefícios de conservação de biodiversidade. Deve-se notar que o manejo florestal melhorado e o desmatamento evitado não são elegíveis no âmbito do MDL. O aprimoramento na conservação da biodiversidade pode ocorrer por meio do reflorestamento (estudos de caso de 1 a 10); florestamento (estudos de caso de 6 a 10), eliminação do desmatamento (estudos de caso 2 a 5) e manejo florestal melhorado (estudo de caso 5). Estes projetos incluíram características específicas de desenho para otimizar os benefícios de conservação, inclusive o uso de espécies nativas para cultivos, a exploração de madeira com impacto reduzido para assegurar um mínimo de perturbação e o estabelecimento de corredores biológicos. Além disso, o uso sustentável de produtos e serviços florestais também foi assegurado por meio de várias medidas de incentivo, especialmente nos casos de Uganda/Países Baixos, Costa Rica e Sudão (estudos de caso 1,2 e 6). No entanto, ainda há o que melhorar em projetos existentes visando explorar adicionalmente as sinergias entre atividades de mitigação da mudança climática e a conservação de biodiversidade; por exemplo, o Projeto do Corredor Biológico Mesoamericano (estudo de caso 8), originalmente concebido como estratégia regional para a conservação de biodiversidade, e não para lidar com a mudança de clima, tem, claramente, potencial e escopo significativos para que opções de mitigação e adaptação sejam desenhadas no nível nacional de implementação de projetos.

Lição 2: As conexões entre a conservação e o uso sustentável da biodiversidade e as opções comunitárias de subsistências proporcionam uma base sólida para que projetos apoiados sob os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo impulsionem o desenvolvimento sustentável. Em alguns casos, o “sucesso” de projetos (estudos de caso 2 e 6) foi alcançado a partir da combinação de interesses locais de desenvolvimento e subsistência, e aqueles relacionados ao seqüestro de carbono e à conservação da biodiversidade, enquanto em um caso (estudo de caso 1) as restrições impostas sobre as subsistências de comunidades locais quase levaram ao fracasso do projeto.

Lição 3: A negligência e/ou omissão às considerações sociais, ambientais e econômicas podem levar a conflitos que poderão enfraquecer o sucesso global de projetos de mitigação de carbono, e a conservação de biodiversidade no longo prazo. Por exemplo, a omissão de questões sociais e ambientais no projeto Uganda-Noruega/investimen-

to privado (estudo de caso 9), durante a fase de planejamento e negociação de acordos, resultou em perdas de atores-chave; conflitos agrários que enfraqueceram a segurança de créditos de carbono para o investidor, perda de subsistência para comunidades locais e manejo florestal insustentável para as autoridades florestais de Uganda. Inicialmente, este foi o caso também do projeto Uganda-Países Baixos/investimento privado (estudo de caso 1), porém o projeto adotou posteriormente uma abordagem pró-ativa para tratar estas questões. A atenção contínua relativa às considerações econômicas e ambientais na Costa Rica (estudo de caso 2) provou ser útil para equilibrar os objetivos de carbono e biodiversidade; após um período inicial, os contratos de reflorestamento foram excluídos, porque os altos retornos financeiros para estes contratos, comparados àqueles para conservação florestal, estavam servindo como um desestímulo para a conservação.

Lição 4: Países e atores-chave precisam ter informações e ferramentas necessárias e a capacidade de compreender, negociar e alcançar acordos sob o Protocolo de Kyoto para assegurar que projetos resultantes sejam equilibrados no que diz respeito a metas ambientais, sociais e de desenvolvimento. As tensões entre atores-chave e compromissos indecisos sobre o acordo do projeto Uganda-Noruega/investimento privado (estudo de caso 9) pode ser atribuído, parcialmente, à desigualdade de informações e compreensão de seus papéis e responsabilidades, quando da finalização do acordo. É essencial que todos os interessados compreendam os benefícios e os custos de intervenções propostas, para cada parceiro, inclusive as oportunidades e sinergias a serem alcançadas com a conservação. A este respeito, a experiência da Costa Rica (estudo de caso 2) foi mais positiva, em parte devido ao ambiente institucional e político do país, e sua capacidade de lidar com questões-chave de projetos e interessados-chave como parceiros iguais.

Lição 5: Algumas normas ambientais e sociais mínimas (ou estruturas orientadoras) para a aquisição de créditos de carbono por meio de projetos de MDL podem evitar resultados perversos. Sem estas normas mínimas, projetos entre “investidor privado/país de origem”, por exemplo, ainda poderiam reivindicar créditos de carbono mesmo quando há impactos ambientais e/ou sociais danosos, como demonstrado pelo projeto Uganda-Noruega/investimento privado (estudo de caso 9).

Lição 6: A utilização adequada de ferramentas e instrumentos analíticos pode proporcionar estruturas construtivas para que a tomada de decisão seja orientada pela análise *ex ante*; proporcionar opções de manejo adaptável durante a implementação; e proporcionar uma base para a aprendizagem e replicação, por meio de avaliações *ex post*.

Na maioria dos casos, foi utilizado apenas um subconjunto das ferramentas disponíveis para o desenho de projetos. Entretanto, vários estudos de caso revisados demonstraram a utilização de, pelo menos, uma das várias ferramentas e instrumentos analíticos o que, por sua vez, influenciou processos em fases importantes do programa/projeto. A utilização da análise de custo-benefício, em um local específico em Madagascar (estudo de caso 4), proporcionou a justificativa para a manutenção da floresta Masaola como um parque nacional, ao invés de convertê-la em uma concessão para exploração de madeira;

porém a conclusão foi que a conservação seria bem sucedida no longo prazo, somente se os benefícios fossem maiores dos que os custos, em todas as escalas. A utilização da avaliação ambiental estratégica, no nível nacional na Finlândia (estudo de caso 3), revelou que os cenários inicialmente escolhidos para a estratégia de mudança de clima haviam sido definidos de maneira limitada e, desde então, o Parlamento solicitou a realização de outros cenários e análises de longo prazo. De forma semelhante, realizou-se na Inglaterra e na Irlanda (estudo de caso 7) uma abordagem estratégica de modelo para informar a adaptação de políticas de conservação da natureza e de práticas de manejo, aos impactos da mudança do clima. A abordagem completa realizada pela Costa Rica (estudo de caso 2) também é adequada, por ter combinado várias ferramentas (avaliação, análise estratégica no nível de setor, estruturas de decisão analítica) para liberar o poder de mercado para atender objetivos múltiplos de conservação, mitigação de mudança de clima e serviços hidrológicos.

Lição 7: Medir o impacto de projetos de MDL e de implementação conjunta da biodiversidade requer sistemas de dados de marco zero, inventários e monitoramento. Os projetos de Belize e da Costa Rica (estudos de caso 2 e 5) estão monitorando e medindo, simultaneamente, carbono e determinados aspectos da biodiversidade, enquanto o projeto do Sudão (estudo de caso 6) interrompeu o inventário de biodiversidade e o componente de monitoramento, devido a restrições de recursos.

Lição 8: A abordagem ecossistêmica proporciona uma base sólida para orientar a formulação de políticas/projetos de mitigação de mudança de clima e conservação de biodiversidade. A maioria de estudos de caso analisados não usou a abordagem ecossistêmica como estrutura orientadora, mas a análise global dos estudos de caso sugere que vários projetos se beneficiaram da consideração dos propósitos de vários princípios dessa abordagem.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	31
2. BIODIVERSIDADE E CONEXÕES COM A MUDANÇA DE CLIMA	35
2.1 Biodiversidade: definições e importância	35
2.2 Impactos atuais e passados sobre a biodiversidade	38
2.2.1 Impactos ambientais no passado	38
2.2.2 Impactos humanos atuais	42
2.3 Efeitos da biodiversidade sobre o funcionamento de ecossistemas: conexões com a mudança de clima	45
2.4 Necessidades de pesquisa e lacunas de informações	47
2.5 Referências	48
3. MUDANÇA DE CLIMA E BIODIVERSIDADE: IMPACTOS OBSERVADOS E PROJETADOS	53
3.1 Mudanças observadas no clima	55
3.2 Projeções de mudanças no clima	57
3.3 Mudanças observadas em ecossistemas terrestres e marinhos, associadas à mudança de clima	59
3.4 Projeções de impactos das mudanças no clima médio e de eventos climáticos extremos sobre ecossistemas terrestres (inclusive rios, lagos e áreas alagadas) e marinhos	61
3.4.1 Projeções de impactos sobre indivíduos, populações, espécies e ecossistemas	62
3.4.2 Projeções de mudanças na biodiversidade e na produtividade	65
3.4.2.1 Efeitos das concentrações elevadas de CO ₂ atmosférico sobre a vegetação	66
3.4.2.2 Resumo dos resultados das projeções de mudanças na biodiversidade e mudanças na produtividade	67
3.5 Projeção de impactos sobre a biodiversidade de ecossistemas costeiros e marinhos	67
3.5.1 Projeções de impactos sobre ecossistemas em regiões costeiras	68
3.5.2 Impactos projetados sobre ecossistemas marinhos	69
3.6 Projeções de impactos sobre povos tradicionais e indígenas	71
3.7 Populações, espécies e ecossistemas vulneráveis à mudança de climática	72
3.8 Impactos de mudanças na biodiversidade terrestre e marinha sobre o clima regional e global	73
3.9 Necessidades de pesquisa e lacunas de informação	75
3.10 Referências	75
4. OPÇÕES DE MITIGAÇÃO E DE ADAPTAÇÃO À MUDANÇA CLIMÁTICA: CONEXÕES COM A BIODIVERSIDADE E IMPACTOS SOBRE A BIODIVERSIDADE	79
4.1 O ciclo do carbono	80
4.2 A UNFCCC e o Protocolo de Kyoto	82

4.3	A abordagem ecossistêmica da Convenção sobre Diversidade Biológica	85
4.4	Opções de mitigação	87
4.4.1	Conceitos gerais relacionados à mitigação	87
4.4.2	Potencial de seqüestro de carbono das atividades de mitigação	87
4.4.3	Preocupações fundamentais	88
4.4.4	Monitoramento de atividades de mitigação	90
4.5	Florestamento, reflorestamento e desmatamento	91
4.5.1	Florestamento, reflorestamento e desmatamento no Protocolo de Kyoto	91
4.5.2	Biodiversidade e atividades de florestamento e reflorestamento	92
4.5.3	Impactos do florestamento e reflorestamento sobre a biodiversidade	92
4.5.4	Florestamento e reflorestamento de pântanos e turfeiras, como um caso especial	96
4.5.5	O agroflorestamento como um caso especial de florestamento e reflorestamento	97
4.6	Desmatamento	98
4.7	Revegetação	100
4.8	Manejo do solo	101
4.8.1	Manejo florestal	101
4.8.2	Manejo de áreas agrícolas	104
4.8.3	Áreas de pastagens e savanas	106
4.9	Seqüestro de carbono em sistemas oceânicos, áreas alagadas e formações geológicas	107
4.10	Atividades de energia	109
4.10.1	Uso de biomassa/Bioenergia	110
4.10.2	Madeira para lenha como um caso especial de bioenergia	111
4.10.3	Energia hídrica e represas	112
4.10.4	Energia eólica	115
4.11	Opções para adaptação à mudança de clima	116
4.11.1	Opções de adaptação para reduzir os impactos negativos da mudança de clima sobre a biodiversidade	117
4.11.2	Conseqüências das atividades de adaptação sobre ecossistemas e biodiversidade	119
4.11.3	A contribuição da biodiversidade às opções de adaptação	120
4.11.4	Opções de adaptação em vários ecossistemas	121
4.11.4.1	Ecossistemas marinhos e costeiros	121
4.11.4.2	Ecossistemas de águas continentais	123
4.11.4.3	Ecossistemas florestais	124
4.11.4.4	Ecossistemas agrícolas e savanas	126
4.11.4.5	Ecossistemas de montanhas e ecossistemas árticos	126
4.12	Necessidades de pesquisa e lacunas de informação	127
4.13	Referências	128
5. ABORDAGENS DE APOIO AO PLANEJAMENTO, TOMADAS DE DECISÃO E DISCUSSÕES PÚBLICAS 139		
5.1	Acordos institucionais	141
5.2	Avaliações de impacto	142
5.2.1	Avaliações de Impactos Ambientais (AIA)	143
5.2.1.1	Experiências com AIAs e sua utilização em projetos de mitigação e adaptação à mudança de clima	146
5.2.2	Avaliações Ambientais Estratégicas (AAEs)	147
5.2.2.1	Elementos chave do processo AAE	148
5.3	Padrões ambientais e sociais	148
5.4	Processos de decisão e estruturas e ferramentas de decisão analítica	149
5.5	Técnicas de valor e valoração	153
5.6	Critérios e indicadores para o desenho do projeto, descrição de marco zero, monitoramento e avaliação	155
5.7	Necessidades de pesquisa e lacunas de informação	167
5.8	Referências	169

6. ESTUDOS DE CASO SELECIONADOS: PADRONIZAÇÃO DE ATIVIDADES DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DE CLIMA, E CONSIDERAÇÕES SOBRE BIODIVERSIDADE		173
6.1	Resumo de questões fundamentais e lições aprendidas com os estudos de caso	173
6.1.1	Benefícios potenciais para a conservação de biodiversidade por meio da utilização de diferentes mecanismos de flexibilidade previstos sob o Protocolo de Kyoto	174
6.1.2	Uso do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM) como uma ferramenta para avançar o desenvolvimento sustentável e conservação de biodiversidade em países em desenvolvimento	175
6.1.3	Atenção adequada aos aspectos sociais, ambientais e econômicos para os benefícios efetivos e sustentáveis para a mudança de clima e conservação de biodiversidade	176
6.1.4	Parcerias equilibradas por meio de capacitação e transparência	177
6.1.5	Utilização de ferramentas e instrumentos para a tomada de decisão informada e manejo adaptável	178
6.1.6	Processos de monitoramento e verificação para o manejo relacionado ao carbono e à biodiversidade	178
6.1.7	A Abordagem Ecosistêmica da CDB como estratégia holística de manejo	179
6.2	Necessidades de pesquisa e lacunas de informação	179
6.3	Anexo: descrição dos estudos de caso	187
6.3.1	Estudo de caso 1. Uganda e Países Baixos/Investidor privado: Parque Nacional Mount Elgon	187
6.3.2	Estudo de caso 2. Costa Rica: Ecomercados	188
6.3.3	Estudo de caso 3. Finlândia: Avaliação Ambiental da Estratégia Nacional de Clima	190
6.3.4	Estudo de caso 4. Madagascar: Programa Integrado de Conservação e Desenvolvimento do Parque Nacional Masaola	192
6.3.5	Estudo de caso 5. Belize e Estados Unidos: Projeto de Ação Climática Rio Bravo	194
6.3.6	Estudo de caso 6. Sudão: Reabilitação Comunitária de Áreas de Pastagens para o Seqüestro de Carbono	195
6.3.7	Estudo de caso 7. Inglaterra e Irlanda: Mudança de Clima e Conservação da Natureza	198
6.3.8	Estudo de caso 8. América Central e México: Corredor Biológico Mesoamericano	200
6.3.9	Estudo de caso 9. Uganda e Noruega/Investidor privado: Plantações de Árvores para Créditos de Carbono	201
6.3.10	Estudo de caso 10: Romênia e Fundo Protótipo de Carbono (PCF): Projeto de Florestamento de Áreas Agrícolas Degradadas	204
APÊNDICE A		207
Membros do grupo técnico <i>ad hoc</i> de especialistas em diversidade biológica e mudança de climáticas		209
APÊNDICE B		209
Glossário		209

1. INTRODUÇÃO

Outi Berghäll, Kalemani J. Mulongoy

A Conferência das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), em sua quinta reunião realizada em 2000, observou que havia uma importante evidência de que a mudança do clima⁷ era a principal causa do extenso branqueamento de corais⁸, ocorrida em 1998, e fez referências às possíveis interações entre mudança de clima, conservação e uso sustentável da diversidade biológica de florestas⁹, visando chamar a atenção das Partes à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima (UNFCCC), sobre a necessidade de reduzir e mitigar os impactos da mudança do clima sobre os recifes de coral e a diversidade biológica de florestas. A Conferência das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica solicitou a seu Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico, Técnico e Tecnológico (SBSTTA) a revisão dos impactos da mudança do clima sobre a diversidade biológica de florestas¹⁰ e a elaboração de assessoramento científico para a integração de considerações sobre a biodiversidade na implementação da UNFCCC e seu Protocolo de Kyoto¹¹.

A Conferência das Partes da CDB solicitou que este trabalho fosse realizado em colaboração com órgãos apropriados da UNFCCC e Painel Intergovernamental sobre Mudança de Clima (IPCC), tendo em mente que os objetivos de ambas as convenções, em sua maioria, se apóiam mutuamente: a mudança de clima é uma das ameaças à biodiversidade, e a necessidade de reduzir seu ritmo para permitir a adaptação de ecossiste-

⁷ Como definido nos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudança de Clima, a mudança de clima é descrita como a variação no estado médio do clima ou de sua variabilidade, persistente por um período longo, tipicamente por décadas ou mais, compreendendo aumentos de temperatura (“aquecimento global”), elevação do nível do mar, mudanças nos padrões de precipitação e aumento na frequência de eventos extremos. O Artigo I da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima (UNFCCC) descreve “efeitos adversos da mudança de clima” como mudanças no meio ambiente físico ou biota, resultantes da mudança de clima que tenha efeitos deletérios significativos sobre a composição, resiliência ou produtividade de ecossistemas naturais ou manejados ou sobre a operação de ecossistemas sócio-econômicos ou sobre a saúde e bem-estar da humanidade.

⁸ Decisão V/3, parágrafos 3, 5 e anexo.

⁹ Decisão V/4, parágrafo 11 e parágrafos 6 a 20.

¹⁰ Decisão V/4, parágrafo 11

¹¹ Decisão V/4, parágrafo 18

mas à mudança climática é reconhecida nos objetivos da UNFCCC¹². A Conferência das Partes da CDB, em sua terceira, quarta e quinta reuniões, conclamou o fortalecimento da colaboração entre as duas convenções. Em sua última reunião, a Conferência das Partes conclamou a colaboração, não apenas no que se referia à biodiversidade de florestas, mas também para medidas de incentivo¹³ e impacto de mudança de clima sobre o branqueamento de corais e sobre áreas secas e subúmidas.

Em resposta à solicitação da Conferência das Partes da CDB¹⁴, o Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico, Técnico e Tecnológico, decidiu realizar uma avaliação mais ampla das interligações entre mudança de clima e biodiversidade e, em março de 2001, estabeleceu¹⁵, como primeiro passo, um grupo *ad hoc* de técnicos de especialistas em diversidade biológica e em mudança de clima, com o seguinte mandato:

- (a) Analisar os possíveis efeitos adversos, sobre a diversidade biológica, de medidas que possam ser adotadas ou que estejam sendo consideradas sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima e seu Protocolo de Kyoto;
- (b) Identificar fatores que influenciem a capacidade da biodiversidade para mitigar a mudança de clima, contribuir para a adaptação, e identificar os efeitos prováveis da mudança de clima sobre esta capacidade;
- (c) Identificar opções para trabalhos futuros sobre mudança de clima que contribuam também para a conservação e uso sustentável da diversidade biológica.

Além disso, o grupo de especialistas foi solicitado a desenvolver recomendações fundamentadas em uma revisão de abordagens e ferramentas possíveis, tais como critérios e indicadores, para facilitar a utilização de assessoramento científico para a integração de considerações de biodiversidade na implementação de medidas que possam ser adotadas sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima e seu Protocolo de Kyoto para mitigar ou adaptar à mudança de clima.

Para os fins de assegurar sinergias e evitar a duplicação desnecessária, o SBSTTA convidou a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima, bem como a Convenção sobre Espécies Migratórias, a Convenção sobre Zonas Úmidas de Impor-

¹² O principal objetivo da UNFCCC é a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa “dentro de um cronograma adequado [entre outros] para permitir que ecossistemas se adaptem naturalmente à mudança de clima” (artigo 2). Portanto, apesar de que a UNFCCC não faz referências específicas à diversidade biológica, seu objetivo contribui aos objetivos da Convenção sobre Diversidade Biológica. Além disso, entre seus Compromissos sob a UNFCCC (artigo 4), as Partes deverão “promover o manejo sustentável, e promover e cooperar na conservação e aprimoramento, conforme adequado, de sumidouros e reservatórios de todos os gases de efeito estufa, não controlados pelo Protocolo de Montreal, inclusive biomassa, florestas e oceanos, bem como outros ecossistemas terrestres, costeiros e marinhos” (artigo 4.1 (d)) e, “cooperar na preparação para adaptação aos impactos de mudança de clima (...)” (artigo 4.1 (e)). Atenção especial é dada a, entre outros aspectos, “ecossistemas frágeis” (artigo 4.8 (g)). Adicionalmente, o Mecanismo do Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto prevê a repartição de recursos monetários provenientes de atividades de projetos de certificação, a serem usados para ajudar Partes países em desenvolvimento que sejam particularmente vulneráveis aos efeitos adversos da mudança de clima para fazer frente aos custos de adaptação (artigo 12.8). As regras operacionais para a implementação do Protocolo de Kyoto, incluídas nos Acordos de Marrakesh, reconhecem a necessidade de contribuir para a Conservação da Diversidade Biológica.

¹³ Sob a Convenção sobre Diversidade Biológica, “medidas de incentivo” se referem a quaisquer “medidas econômica e socialmente eficazes que atuam como incentivos para a conservação e uso sustentável de componentes de diversidade biológica” (Artigo 11).

¹⁴ Decisão V/4 parágrafo 11 COP CDB.

¹⁵ Parágrafo 5 da recomendação VI/7 do SBSTTA.

tância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas (Ramsar), a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, o Painel de Assessoramento Científico e Técnico do Fundo para o Meio Ambiente Mundial, o Fórum das Nações Unidas sobre Florestas, a Avaliação Ecosistêmica do Milênio, e outras organizações pertinentes, a contribuírem para este trabalho. O Painel Intergovernamental sobre Mudança de Clima (IPCC) também foi convidado a contribuir para este processo de avaliação, entre outros aspectos, elaborando um documento técnico sobre mudança de clima e biodiversidade. O IPCC elaborou o estudo técnico solicitado, que foi aprovado em abril de 2002.

O Grupo *ad hoc* de técnicos especialistas é composto por especialistas nas áreas de diversidade biológica e mudança de clima, de todas as regiões das Nações Unidas, inclusive cientistas envolvidos no processo do IPCC, e especialistas de comunidades locais e populações indígenas. O grupo se reuniu três vezes; em Helsinki, Finlândia, em janeiro de 2002; em Montreal, Canadá, na sede do Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica, em setembro de 2002; e, novamente em Helsink, em maio de 2003, após a reunião dos principais autores, organizada em Washington, em janeiro de 2003. Durante estas três reuniões, e no período intersessional, o grupo de especialistas revisou a literatura existente, inclusive a Terceira Revisão de Avaliação do IPCC, o Relatório Especial sobre Uso do Solo, Mudança de Uso do Solo e Silvicultura (LULUCF), e o Estudo Técnico do IPCC sobre Mudança de Clima e Biodiversidade e outras literaturas disponíveis, não cobertas pelas avaliações prévias do IPCC. Os especialistas compilaram estas informações em um projeto de relatório, que foi então submetido, entre fevereiro e maio de 2003, a uma revisão por seus pares por Governos que utilizem os canais da Convenção sobre Diversidade Biológica e da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima, e à comunidade científica mais ampla. Nesta terceira reunião, o grupo de especialistas considerou e levou em conta os comentários dos revisores ao finalizar seu relatório.

Referente à descrição de biodiversidade na Convenção sobre Diversidade Biológica, o Capítulo 2 introduz os conceitos necessários à compreensão das interligações entre biodiversidade e mudança de clima, com ênfase especial sobre o funcionamento de ecossistemas. Utilizando o trabalho do IPCC, o Capítulo 3 resume as mudanças de clima, observadas e projetadas, e seus impactos observados e projetados sobre a biodiversidade. O Capítulo 4 inicia apresentando as disposições fundamentais da UNFCCC e seu Protocolo de Kyoto, bem como a abordagem ecosistêmica que prevê a estrutura da CDB para a análise subsequente. O capítulo seguinte discute as opções de mitigação de mudança de clima, focando as atividades de Uso do Solo, Mudança de Uso do Solo e Silvicultura (LULUCF), devido a sua especial pertinência para a biodiversidade. A última seção do capítulo considera as opções de adaptação para reduzir o impacto de mudança de clima sobre a biodiversidade. O Capítulo 5 introduz ferramentas de planejamento e análise que podem apoiar a tomada de decisão, bem como o monitoramento e avaliação de ações, inclusive metodologias que possam ser usadas para avaliações *ex-ante* de impacto em vários níveis. São apresentados critérios, indicadores, estruturas de decisão

analítica e ferramentas a serem usados em processos de monitoramento e avaliação, bem como valores e técnicas de valoração. O Capítulo 6 avalia como algumas metodologias e ferramentas foram utilizadas em estudos de caso selecionados. O relatório proporciona informações sobre considerações de biodiversidade, presentes nas discussões em curso sobre atividades de florestamento e reflorestamento, no contexto da UNFCCC e seu Protocolo de Kyoto.

2. BIODIVERSIDADE E CONEXÕES COM A MUDANÇA DE CLIMA

Autores principais: *Braulio Dias, Sandra Díaz, Matthew McGlone*

Colaboradores: *Andy Hector, David A. Wardle, Greg Ruark, Habiba Gitay, Heikki*

Toivonen, Ian Thompson, Kalemani J. Mulongoy, Manuel R. Guariguata, Peter Straka,

Vaclav Burianek

INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por finalidade proporcionar uma base conceitual e empírica sobre as conexões entre a diversidade biológica (doravante referida como biodiversidade) e a mudança de clima. O capítulo trata, mais especificamente, das seguintes questões:

- (a) Como a biodiversidade é definida?
- (b) Como a biodiversidade tem sido afetada pelas mudanças de clima passadas, e quais são as implicações para as mudanças de clima, atuais e projetadas, e a variabilidade climática?
- (c) Quais são os principais impactos humanos contemporâneos sobre a biodiversidade?
- (d) Como a biodiversidade pode afetar o funcionamento de ecossistemas, e quais são as implicações para ações de manejo relacionadas ao clima?

Este capítulo resume, também, a complexidade da biodiversidade em todas as escalas, e como isto afeta nossa habilidade para prever mudanças que podem ocorrer em quaisquer componentes da biodiversidade. A biodiversidade é afetada não somente pelo clima e mudança de clima, mas também por muitas das atividades humanas passadas e atuais. Estas pressões interagentes serão tratadas no capítulo e inseridas no contexto de mudanças na biodiversidade, ocorridas em períodos de tempo mais longos (ou seja, geológicos).

2.1 BIODIVERSIDADE: DEFINIÇÕES E IMPORTÂNCIA

A Convenção sobre Diversidade Biológica define diversidade biológica como a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo a totalidade de genes, espécies, variedades, ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte, compreendendo, ainda, a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas.

Este relatório adota esta definição, mas faz referência a aspectos particulares da biodiversidade, quando pertinente. A biodiversidade e todos os vegetais, animais, e microorganismos nela incluídos, pode ser medida e expressada em diferentes unidades, tais como, genes, indivíduos, populações, espécies, ecossistemas, comunidades e paisagens (Boyle e Boontawee 1995, Garay e Dias 2001, Gaston 1996, UNEP 1995). A diversidade funcional, que descreve as funções ecológicas de espécies, ou de grupos de espécies, em um ecossistema (por exemplo, abundância relativa de espécies de arbustos, árvores e ervas; espécies anuais e espécies perenes), proporciona um meio adicional de medir a biodiversidade. Níveis diferentes de diversidade funcional podem causar impactos sobre o funcionamento de ecossistemas; usar a diversidade funcional para descrever a biodiversidade proporciona uma forma alternativa de compreensão dos efeitos de perturbações, inclusive a mudança de clima, sobre a provisão de bens e serviços de ecossistemas (Chapin et al. 1996, Hawksworth 1991, Mooney et al. 1996, Schulze e Mooney 1993, UNEP 1995; e, ver Schwartz et al. 2000).

São muitos os fatores que determinam a biodiversidade presente em uma determinada área em um determinado momento. Os determinantes da biodiversidade incluem: a) o clima médio e sua variabilidade; b) a disponibilidade de recursos e produtividade global do local (medidas em termo de produtividade primária e características do solo), inclusive a disponibilidade adequada de substrato, energia, água e nutrientes; c) o regime de perturbação e ocorrências de perturbações de origem cósmica, tectônica, climática, biológica ou antrópica; d) o estoque original de biodiversidade e oportunidades ou barreiras de dispersão; e) o nível de heterogeneidade espacial; f) a intensidade e interdependência de interações bióticas, tais como, competição, predação, mutualismo e simbiose, e; g) a intensidade e tipo de reprodução sexual e recombinação genética (Huston 1994, Kunin e Gaston 1997, Ricklefs e Schluter 1993, Rosenzweig 1995, UNEP 1995).

Portanto, a biodiversidade não é um conceito estático, pois as dinâmicas dos processos evolutivo e ecológico causam taxas históricas de mudanças. A mudança de clima, induzida por atividades humanas, e causada pelo aumento da emissão de gases de efeito estufa é uma perturbação nova, introduzida no século passado, que irá causar impactos sobre a biodiversidade, diretamente ou em sinergia com os determinantes acima.

Os ecossistemas proporcionam muitos bens e serviços essenciais à sobrevivência e ao bem-estar da humanidade. Os serviços de ecossistemas podem ser classificados como funcionais, usando categorias de serviços de apoio, regulação, suprimento e culturais, conforme adotados pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (Quadro 2.1).

Quadro 2.1. Serviços de Ecossistemas

Os principais serviços de ecossistemas proporcionados por meio da biodiversidade são:

Serviços de apoio (serviços que mantêm as condições de vida na Terra):

Formação e retenção do solo; ciclo de nutrientes; produção primária; polinização e dispersão de sementes; produção de oxigênio; provisão de *habitat*;

Serviços de regulação (benefícios obtidos da regulação de processos ecossistêmicos):

Manutenção da qualidade do ar; regulação climática; regulação da água; controle de inundações; controle de erosão; purificação da água; tratamento de resíduos; desintoxicação; controle de doenças humanas; controle biológico de pragas e doenças agrícolas e de rebanhos; proteção contra tempestades;

Serviços de suprimentos (produtos obtidos de ecossistemas):

Alimento; lenha; fibra; bioquímicos; medicamentos naturais; fármacos; recursos genéticos; recursos ornamentais; água doce; minerais, areia e outros recursos não vivos;

Serviços culturais (benefícios não-materiais obtidos de ecossistemas):

Diversidade e identidade cultural; valores espirituais e religiosos; sistemas de conhecimento; valores educacionais; inspiração; valores estéticos; relações sociais; senso de lugar; patrimônio cultural; recreação e ecoturismo; comunidade; valores simbólico.

Fonte: Relatório de 2003 da Avaliação Ecossistêmica do Milênio "Povos e Ecossistemas: Uma Estrutura para Avaliação".

A provisão de bens e serviços pelos ecossistemas é enfatizada por meio de vários aspectos da biodiversidade, apesar da complexidade da relação. O termo "biodiversidade" é composto e multidimensional, e não há uma relação simples entre a biodiversidade e os serviços de ecossistemas. O funcionamento de um ecossistema pode ser sensível à biodiversidade em alguns níveis e escalas e insensível em outros. A relação entre diversidade de espécies, em si, e aspectos particulares da produtividade de ecossistemas é discutível. A maioria dos experimentos mostra uma relação positiva, porém a interpretação destes experimentos e sua aplicabilidade a ecossistemas naturais são questionáveis (Loreau et al. 2001). Além da diversidade de espécies, a diversidade genética dentro de populações é importante para permitir a adaptação contínua às condições de mudança, por meio da evolução e, principalmente, para a provisão contínua de bens e serviços de ecossistemas. Da mesma forma, a diversidade dentro e entre *habitats*, e no nível de paisagem, é igualmente importante de várias maneiras para permitir que processos adaptativos ocorram.

Bens e serviços proporcionados pela biodiversidade têm valor econômico significativo, mesmo quando alguns destes bens e a maioria dos serviços não são comercializados pelo mercado. Quantificar o valor de bens e serviços dependentes da biodiversidade é difícil e pode depender do interesse de grupos de interessados. Os serviços de ecossistemas podem valer trilhões de dólares anualmente (Costanza et al. 1997), mas a maioria destes serviços não é comercializada em mercados e não tem etiquetas de preço para alertar a sociedade sobre as mudanças em seu suprimento, ou mesmo sobre sua perda. A manutenção de bens derivados da biodiversidade é um serviço proporcionado

à sociedade a um custo baixo e por meio de ecossistemas manejados de maneira não-intensa. Calcula-se que 40% da economia global são provenientes diretamente de produtos e processos biológicos, e os bens proporcionados pela biodiversidade representam uma parte importante de muitas economias nacionais. Os ecossistemas também proporcionam serviços essenciais para muitas comunidades locais e populações indígenas. Por exemplo, cerca de 20.000 espécies são utilizadas na medicina tradicional, formando a base dos cuidados básicos de saúde para cerca de 80% dos três bilhões de pessoas que vivem em países desenvolvidos. Valorizações recentes, realizadas por Balmford et al. 2002, demonstraram o valor de serviços de ecossistemas. Muitos serviços de ecossistemas não são reconhecidos em sua importância global, ou no papel central que desempenham ao atender as necessidades de determinadas regiões. Por exemplo, a biodiversidade contribui para a absorção, por meio de ecossistemas terrestres e oceânicos, de aproximadamente 60% do carbono emitido na atmosfera, atualmente, a partir de atividades humanas, desacelerando, desta forma, o ritmo das mudanças globais de clima.

2.2 IMPACTOS ATUAIS E PASSADOS SOBRE A BIODIVERSIDADE

Esta sessão analisa como a biodiversidade foi afetada pelas mudanças do clima global, no passado. Os impactos, observados e projetados, dos efeitos atuais e futuros da mudança do clima sobre a biodiversidade são discutidos no Capítulo 3. No entanto, ao analisar aqui as tendências passadas, o leitor poderá compreender mais facilmente possíveis efeitos futuros da mudança global de clima sobre a biodiversidade. É importante observar que mudanças na biodiversidade, motivadas pelas mudanças no clima passado, não foram influenciadas por atividades humanas. O registro Pleistocênico (últimos 1.8 milhões de anos) é bastante pertinente para colocar em perspectiva as preocupações futuras, por duas razões principais: (1) as espécies que floresceram durante o Pleistoceno são idênticas ou estreitamente relacionadas às espécies atuais; e (2) há muitos dados independentes de variação de clima para este período.

2.2.1 Impactos ambientais no passado

A maioria das discussões nesta sessão refere-se a mudanças de temperatura como indicador de eventos climáticos passados, porém a precipitação, as alterações no nível do mar e os eventos climáticos extremos também influenciaram o período Pleistocênico. O Pleistoceno caracterizou-se por longos períodos glaciais (geralmente cem mil anos de duração), com climas amenos flutuantes interrompidos por períodos interglaciais relativamente curtos (dez mil a vinte mil anos), durante os quais os climas se aproximavam do clima atual (Lowe e Walker 1997). Estes ciclos glaciais-interglaciais são compreendidos como tendo sido causados por mudanças cíclicas na distribuição sazonal da radiação solar (devido a mudanças na órbita da Terra), ampliadas pela neve, gelo, vegetação e retro-alimentação de gases de efeito estufa produzidos naturalmente. A variação climática não foi uniforme através do planeta: altas latitudes e as regiões centrais dos continentes sofreram as maiores mudanças. Os intervalos glaciais mais frios haviam

baixado as temperaturas globais em aproximadamente 5°C, enquanto os interglaciais em seus picos chegavam a ser até 3°C mais quentes do que hoje (Kukla et al. 2002). Houve importantes alterações na precipitação, e a maioria (mas nem todas) as áreas tornaram-se mais secas durante os períodos glaciais. As transições entre os intervalos glaciais mais frios e os intervalos interglaciais foram mais rápidas.

Mudanças no clima global passado resultaram em reorganizações marcantes de comunidades biológicas, paisagens e biomas, e importantes alterações na distribuição geográfica de espécies. Durante as glaciações do Pleistoceno ocorreu a expansão de biomas, tais como tundra, deserto, estepe, savanas, áreas de parques de florestas boreais abertas, e savanas, enquanto as florestas temperadas fechadas e florestas tropicais úmidas retrocederam rumo ao Equador e se tornaram fragmentadas (Kohfeld e Harrison 2000). Muitas florestas tropicais úmidas no sudeste da Ásia e na bacia amazônica permaneceram intactas através das transições glaciais-interglaciais, enquanto as savanas sazonais secas expandiram amplamente (Flenley 1979, Colinvaux et al. 2000). Os efeitos negativos dos baixos níveis de CO₂ atmosférico (ca. 180 ppm) sobre a vegetação de cobertura pode ter promovido estas grandes mudanças nos biomas (Levis et al. 1999). A rápida expansão global da vegetação de matas e florestas fechadas ocorreu durante as transições glaciais-interglaciais, e durante os picos interglaciais os tipos de florestas úmidas atingiram sua abundância máxima. A expansão e a contração das mantas de gelo do norte, e as alterações de climas glaciais mais frios e secos com alterações interglaciais mais quentes e úmidas, forçaram grandes mudanças na distribuição geográfica de espécies, especialmente nas altas latitudes do norte. O nível do mar e a temperatura da superfície do mar também variaram muito, de acordo com os ciclos glaciais-interglaciais, e provocaram reorganizações na biota marinha. Entretanto, na maior parte do planeta, especialmente nos trópicos e subtropicais, latitudes sul e regiões montanhosas e desérticas, a resposta mais comum foi a redução de *habitats* (Colinvaux et al. 2000, Markgraf et al. 1995, Thompson et al. 1993).

Após examinar as mudanças biológicas passadas, resultantes de mudanças de clima, fica claro que comunidades vegetais e animais atuais não se assemelham às comunidades antigas. A união e desagregação de comunidades de vegetais, animais, e biomassa ocorreram repetidamente no passado, em todas as escalas espaciais e temporais (Andriessen et al. 1993, Marchant et al. 2002). Registros bióticos passados indicam muitas alterações na estrutura de comunidades, mesmo durante períodos de climas relativamente estáveis. Comunidades não-análogas (comunidades passadas nas quais, atualmente, as espécies dominantes não ocorrem juntas, ou, cuja abundância relativa é inconsistente com qualquer outra conhecida sobre as comunidades atuais), foram frequentemente formadas, geralmente durante os períodos glaciais, na medida em que as espécies respondiam individualmente à mudança ambiental. Por exemplo, durante o Pleistoceno tardio na América do Norte, muitos mamíferos que atualmente não têm distribuições sobrepostas viviam muito próximos, enquanto as distribuições atuais mostram pouca semelhança com aquelas do passado (FAUNMAP, Working Group, 1996). Uma extensa rede de dados de pólen, do nordeste dos Estados Unidos, mostrou comu-

nidades extensas e não-análogas de plantas, especialmente durante o Pleistoceno tardio (Webb et al. 1993). Mudanças semelhantes foram documentadas em muitas regiões tropicais (Colinvaux et al. 2000).

Movimentos repetidos de espécies devido a flutuações de clima afetaram suas estruturas genéticas. Estudos genéticos mostraram a diversidade de rotas de distribuição e de origem de genomas da taxa atual (Petit et al. 2002). Em alguns casos estes estudos genéticos confirmaram a inferência - embasada em registros fósseis - de que populações de algumas espécies sobreviveram a múltiplas glaciações em refúgios que são, portanto, centros de diversidade genética, ao passo que a expansão e contração repetida de populações em resposta ao clima fora destes refúgios, levaram a mudanças estocásticas da diversidade genética (Hewitt 1999). Refúgios glaciais e expansões e contrações repetidas, norte-sul e leste-oeste criaram, em relação à mudança de clima, padrões complexamente estruturados de diversidade genética em todo o continente europeu (Hewitt 1999).

Em períodos de rápidos aquecimentos no clima, durante o Pleistoceno, muitas espécies de árvores e arbustos, excluídas pelo gelo, frio e/ou climas secos, migraram para locais mais favoráveis. Barreiras físicas pareciam ter apenas um efeito limitado sobre a migração, em algumas regiões (Davis 1989, Huntley e Birks, 1983, Webb et al. 1993, Pitelka et al. 1997). É questionável se as espécies de árvores serão capazes, hoje, de migrar como no passado, através das atuais paisagens fragmentadas (especialmente quando a espécie tem uma baixa abundância de indivíduos).

As extinções de espécies ocorreram especialmente no início de episódios de grandes mudanças climáticas. É mais provável que as extinções ocorram durante os períodos de rápidas mudanças climáticas e de cobertura de vegetação (Webb e Barnosky 1989, Alroy 2001). Alterações prolongadas no clima para um estado mais quente ou menos quente, resultaram invariavelmente em adaptações no número e tipos de espécies (Crowley e North 1988). A última grande adaptação global no número de espécies ocorreu durante o início do resfriamento do Pleistoceno; por exemplo, ocorreu um alto nível de extinções de organismos marinhos em muitas bacias oceânicas, cerca de um a dois milhões de anos atrás (Jackson e Johnson 2000), e ambas as floras temperadas, do norte e do sul, sofreram perdas de diversidade (Lee et al. 2001, Huntley 1993, van der Hammen e Hoooghiemstra 2000). A extinção de plantas durante o Pleistoceno parece ter sido pequena. Usando as árvores como exemplo, apenas uma espécie foi documentada como extinta durante a última transição glacial-interglacial na América do Norte (Jackson e Weng 1999), apesar das maciças readaptações de ecossistemas florestais, naquele período.

Amplas extinções de grandes vertebrados, nos últimos cinquenta mil anos, ocorreram geralmente durante períodos de importantes alterações no clima e em *habitats*, porém a caça praticada pelo homem ou a introdução de predadores sempre foram um fator contribuinte. Em todo o planeta ocorreram vastas extinções de grandes vertebrados, durante os últimos cinquenta mil anos. Em algumas áreas, especialmente em ilhas, o homem e os predadores introduzidos pelo homem foram, claramente, os principais responsáveis (Steadman 1995, Millien-Parra e Jaeger 1999). Em regiões continentais, a interrupção de *habitats* por meio de rápidas mudanças no final do último período

glacial tem sido considerada o principal agente, mas mesmo aqui, evidências recentes apontam que a caça praticada pelo homem é, no mínimo, um agente contribuinte (Cardillo e Lister 2002).

Implicações para os tempos atuais

A biota global atual está adaptada a mudanças de clima, dentro das variações de concentrações de CO₂ na atmosfera, de temperatura e precipitação do Pleistoceno. As mudanças de clima, propriamente, não são necessariamente prejudiciais à biodiversidade, pois a maioria das comunidades bióticas jamais foi estável no passado, por qualquer período de tempo. As espécies adaptaram sua distribuição e abundância constantemente em resposta a vários fatores, inclusive concentrações de CO₂ na atmosfera, temperatura e precipitação. Portanto, a biota global atual parece estar bem adaptada aos níveis pleistocênicos de flutuações de CO₂ atmosférico, de temperatura e precipitação e, no passado, lidou com isto por meio da plasticidade de espécies, movimentos de distribuição ou habilidade de sobreviver em fragmentos de *habitats* favoráveis (refúgios). Na ausência de outras perturbações humanas (tais como, uso do solo e mudança na cobertura do solo, fragmentação de *habitats*), até mesmo o rápido aquecimento no próximo século, dentro da variedade do Pleistoceno, seria improvável de causar importantes extinções de espécies.

As projeções de ritmo e magnitude de mudanças de clima, para o século XXI, são inéditas quando comparadas àquelas dos últimos 1.8 milhões de anos, e a habilidade de adaptação das espécies, dadas as atuais paisagens dominadas pelo ser humano, é questionável. Enquanto alterações nas temperaturas médias para um determinado local, dentro de uma variação de 1-3° C acima das temperaturas pré-industriais, foram experimentadas de tempos em tempos durante os períodos interglaciais Pleistocênicos, aumentos acima desta variação irão criar climas jamais vistos durante milhões de anos. Durante o Pleistoceno, os níveis atmosféricos de CO₂ nunca atingiram os níveis atuais, e menos ainda os níveis de um futuro próximo. A taxa de aquecimento, induzida pela emissão de gases de efeito estufa, parece ser historicamente inédita (Capítulo 3), e deve-se questionar a habilidade de adaptação de espécies a paisagens existentes dominadas por humanos, pois muitas espécies existem em locais fragmentados e infestados de ervas daninhas e pestes, confinadas a pequenas áreas dentro de seus espaços anteriores, reduzidas a pequenas populações com reduzida diversidade genética e, portanto, limitadas a qualquer adaptação à mudança de clima por meio da migração. Portanto, não há qualquer modelo confiável, no passado recente, sobre o que esperar da mudança global de clima impulsionada pela manutenção do efeito estufa. O aquecimento acima da variação de temperaturas Pleistocênicas pode levar a uma grande rotatividade e extinção biótica, além da substituição esperada de comunidades bióticas atuais por comunidades não-análogas. As espécies podem ser afetadas diferentemente pela mudança de clima, em seus limites de distribuição norte e sul, e algumas poderão ser extintas enquanto outras poderão se tornar pestes.

2.2.1 Impactos humanos atuais

A Terra está sujeita a muitas pressões naturais e induzidas pelo ser humano que alteraram, degradaram, desalojaram e fragmentaram significativamente ecossistemas terrestres, resultando freqüentemente em paisagens biologicamente empobrecidas. As pressões incluem aquelas da crescente demanda por recursos; exploração seletiva ou destruição de espécies; mudança no uso do solo e na cobertura do solo; ritmo acelerado de deposição antrópica de nitrogênio; poluição do solo, água e ar; introdução de espécies não-nativas, desvio de água para ecossistemas de manejo intenso e sistemas urbanos; fragmentação, urbanização e industrialização (ver quadro 2.2). Entre as transformações mais graves do solo, está a transformação da floresta primária em floresta degradada e áreas completamente desmatadas, porque as florestas mantêm a maioria das espécies terrestres. Onde ainda permanece a cobertura parcial de florestas, os efeitos da fragmentação resultam na perda de muitas espécies que estariam associadas a *habitats* mais contínuos (Bierregaard et al. 1992, Andren 1994). Em áreas secas, mais de 50% do solo foi convertido em áreas agrícolas, nos últimos noventa anos (Houghton 1994). Como resultado, uma grande proporção de espécies de savanas está ameaçada e outras tantas foram extintas. Mundialmente falando, cerca de 70% das áreas secas, usadas na agricultura, foram degradadas, inclusive por meio da desertificação (UNEP 1995) e cerca de 40% das áreas agrícolas foram bastante, ou excessivamente, degradadas nos últimos cinquenta anos pela erosão, salinização, compactação, perda de nutrientes, degradação biológica ou poluição química. Ainda mais importante, estamos enfraquecendo, cada vez mais, a capacidade produtiva de ecossistemas para que proporcionem os serviços que desejamos. A mudança de clima é uma pressão adicional sobre os ecossistemas e bens e serviços que eles proporcionam (IPCC 2002, UNEP 1995, Vitousek et al. 1997, Sala et al. 2000).

As taxas atuais de extinção de espécies, relacionadas a atividades humanas, excedem em muito as taxas normais passadas e tendem a aumentar na medida em que a mudança de clima pode acrescentar outros estresses sobre as espécies ameaçadas. As principais causas de extinção de espécies, como resultado de atividades humanas, são a introdução e competição de espécies exóticas invasoras, a destruição e conversão de *habitats*, a sobre-exploração, a expansão agrícola e urbana, sobre-pastagem e queimadas. As taxas atuais de extinção de espécies, relacionadas a atividades humanas, excedem em muito as taxas normais passadas (Pimm et al. 1995, Lawton e May 1995). Estimativas atuais sugerem que de 400 a 500 vertebrados, cerca de 400 invertebrados e aproximadamente 650 plantas foram extintos nos últimos 400 anos (UNEP, 1995). Atualmente, 12% das aves, 24% dos mamíferos, 30% dos peixes e 8% das plantas já estão ameaçados de extinção (UNEP 1995, SCBD 2001). As taxas de extinção de espécies têm sido, geralmente, maiores em ilhas e lagos, especialmente devido à sua singularidade biológica e caráter endêmico. Apesar das espécies terem certo nível de resistência a mudanças, e podem continuar a existir em populações isoladas, muitas espécies têm grande probabilidade de se tornarem extintas.

Quadro 2.2 Principais vetores de mudança da biodiversidade

Principais vetores indiretos (causas subjacentes):

Demográfico (tais como tamanho da população, idade e estrutura de gênero e distribuição espacial);

Econômico (tais como renda nacional e *per capita*, políticas macroeconômicas, comércio internacional e fluxo de capital);

Sociopolítico (tais como democratização, o papel da mulher, da sociedade civil e do setor privado e mecanismos internacionais de contestações);

Científico e tecnológico (tais como níveis de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, e níveis de adoção de novas tecnologias, inclusive tecnologias da informação); e

Cultural e religioso (valores não-utilitários).

Principais vetores diretos (causas ou pressões imediatas):

Mudanças locais no uso e na cobertura do solo;

Introduções ou remoções de espécies;

Adaptação e uso de tecnologias;

Contribuições externas (por exemplo, uso de fertilizantes, controle de peste, irrigação);

Colheita;

Vetores físicos naturais e biológicos (por exemplo, vulcões, deslizamentos de terra, inundações, tufões);

Poluição do ar e da água; e Clima e mudança de clima.

Fonte: Relatório de 2003 da Avaliação Ecosistêmica do Milênio "Povos e Ecossistemas: Uma Estrutura para Avaliação"

Os impactos humanos alteraram, degradaram e desalojaram, de forma significativa, os ecossistemas aquáticos, resultando em um mosaico de corpos aquáticos biologicamente empobrecidos. Não há, no mundo, qualquer pesca comercial importante que seja sustentavelmente manejada, e a maioria delas está decrescendo devido à sobre-pesca (FAO, 1994; UNEP, 1995). Além da exploração direta, a humanidade afetou os sistemas oceânicos e de água doce por meio do escoamento e sedimentação agrícola, o que resultou em impactos importantes sobre ecossistemas costeiros e da orla marítima. Outros impactos incluem a poluição por descarte de resíduos, inclusive resíduos radioativos, mudança global de clima e alteração de *habitats* (solo marinho). A poluição, a elevação das temperaturas e os impactos humanos parecem estar causando grandes perdas de ecossistemas de recife de coral o que, por sua vez, elimina o *habitat* de inúmeros organismos aquáticos (UNEP 1995, SCBD 2001). Danos a muitos sistemas de água doce ocorreram como resultado da poluição, acidificação, invasão por espécies exóticas, sobre-exploração e fluxos alterados da água devido às represas. Sistemas de águas subterrâneas também são afetados por meio do acúmulo de nitrogênio oriundos de fertilizantes e do uso insustentável, especialmente em áreas secas. Atualmente, as atividades humanas retiram cerca de 20% do fluxo dos rios mundiais, e durante o século passado a taxa de aumento de retiradas foi mais do que duas vezes a taxa de crescimento da população.

Atividades humanas afetaram a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. Durante o período compreendido entre 1750 e 2000, a concentração de CO₂ atmosférico aumentou 31±4% principalmente devido à queima de combustível fóssil,

uso do solo, e mudança de uso do solo a partir de 1900, em sua maioria. A queima de combustível fóssil liberou cerca de 5.4 GtC yr⁻¹ durante a década de 1990. Cerca de ¾ do aumento do CO₂ atmosférico, durante esta mesma década, foi causado pela queima de combustível fóssil, sendo que a mudança no uso do solo, inclusive o desmatamento, foi responsável pelo restante (Tabela 2.1). A concentração de CH₄ atmosférico aumentou em 151± 25% entre 1750 e 2000, devido, principalmente, às emissões do uso de combustível fóssil, da pecuária, da agricultura de arroz e de aterros sanitários. Os aumentos nas concentrações de ozônio troposférico, o terceiro gás de efeito estufa em importância, são atribuídos diretamente à queima de combustível fóssil, bem como a outras emissões industriais e agrícolas. O enriquecimento de CO₂ na atmosfera parece exercer efeitos significativos diretos sobre a biodiversidade (o chamado efeito de fertilização do CO₂), causando impacto sobre a taxa de crescimento, qualidade da folhagem e abundância de espécies (Malhi e Grace 2000, Körner 2000, Niklaus et al. 2001, Shaw et al. 2002).

Tabela 2.1: Mudanças nas concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, devido a atividades humanas (Relatório Síntese de 2001 e 2002 do IPCC)

Indicadores de concentração	Indicadores de concentração
Concentração de CO ₂ atmosférico	280 ppm (partes por milhão) para o período entre 1000-1750 a 368 ppm no ano 2000 (31±4% de aumento).
Troca de CO ₂ terrestre biosférico	Fonte cumulativa de cerca de 30 GtC entre os anos 1800-2000; mas na década de 1990 um sumidouro líquido de cerca de 14±7GtC.
Concentração de CH ₄ atmosférico	700 ppb (partes por bilhão) para o período entre 1000- 1750 ppb no ano 2000 (151±25% de aumento).
Concentração de N ₂ O atmosférico	270 ppb para o período entre 1000-1750 a 360 ppb no ano 2000 (17±5% de aumento).
Concentração de O ₃ troposférico	Aumento de 35±15% dos anos 1750 a 2000, varia com a região.
Concentração de O ₃ estratosférico	Diminuição entre os anos 1970 a 2000, varia com a altitude e latitude.
Concentrações de HFCs, PFCs e SF ₆ na atmosfera	Aumento global nos últimos cinquenta anos.

Atividades humanas afetaram também os ciclos hidrológicos e biogeoquímicos.

Represas, barragens, desmatamentos e uso excessivo da água alteraram o ciclo hidrológico. Desde 1950, o ciclo de nitrogênio tem sido alterado também pelo aumento da fixação de N por atividades humanas, até o fator 8, e é esperado um aumento adicional de 40% antes de 2030 (Galloway et al. 1994). Todas estas mudanças têm efeitos sobre climas global, regionais e locais, sobre a qualidade do ar, e na qualidade e quantidade de água da chuva (UNEP 1995, Vitousek et al. 1997). A chuva ácida continua afetando ecossistemas, especialmente na Europa, China e leste da América do Norte.

É provável que a mudança de clima interaja com a mudança de uso do solo e outros impactos humanos, como um fator principal de impacto sobre a biodiversidade.

A principal mudança histórica no uso do solo tem sido o aumento global de áreas dedicadas à agricultura e à pastagem (Houghton 1994, WWF 2002). No passado, a maior parte da mudança de uso de solo ocorreu na Europa, Ásia e América do Norte, onde as florestas nativas foram desmatadas em grande escala. Nas últimas décadas, uma alta taxa de desmatamento e conversão de terras para agricultura e/ou terras degradadas de baixa produtividade, ocorreu nos trópicos (Houghton 1994). Sala et al. (2000), desenvolveram cenários de mudança de biodiversidade para o ano de 2100, fundamentados em cenários de mudanças no dióxido de carbono atmosférico, clima, vegetação, uso do solo e a conhecida sensibilidade da biodiversidade a estas mudanças. Eles propuseram que, para os ecossistemas terrestres, a mudança de uso do solo seguida da mudança de clima, provavelmente teria um efeito maior sobre a biodiversidade, enquanto que para os ecossistemas de água doce, a troca biótica (ou seja, a introdução intencional e não intencional de organismos) terá o maior efeito. Os autores enfatizaram que o nível de mudanças na biodiversidade dependerá de interações entre os diferentes vetores que as propiciam, e que, por outro lado, a compreensão destas interações é uma das grandes incertezas nos prognósticos sobre o futuro da biodiversidade (ver também Capítulo 3).

2.3. EFEITOS DA BIODIVERSIDADE SOBRE O FUNCIONAMENTO DE ECOSISTEMAS: CONEXÕES COM A MUDANÇA DE CLIMA

Para um dado ecossistema, ecossistemas altamente diversos e/ou funcionalmente diversos podem se adaptar mais facilmente às mudanças de clima e variabilidade de clima do que ecossistemas funcionalmente empobrecidos. Na medida em que a biodiversidade é degradada ou perdida, as comunidades e a própria sociedade humana tornam-se mais vulneráveis, porque as opções de mudança podem diminuir. A biodiversidade é sensível a uma gama de fatores externos, mas o que nos interessa aqui é que os níveis de biodiversidade influenciam o funcionamento de ecossistemas (Chapin et al. 2000, Purvis e Hector 2000). Estudos experimentais indicaram que ecossistemas intactos, não intensamente manejados, bem como sistemas agrícolas e florestais altamente diversificados, podem lidar melhor com a variabilidade climática de longo prazo do que ecossistemas biologicamente empobrecidos e ecossistemas pouco diversos produzidos pelo homem. Deve-se enfatizar, no entanto, que a natureza e a magnitude do efeito da biodiversidade sobre muitos processos ecossistêmicos são ainda bem pouco conhecidas. Existe, porém, o consenso de que pelo menos um número mínimo de espécies é essencial ao funcionamento do ecossistema, e que um número maior de espécies é, da mesma forma, essencial para a manutenção da estabilidade de processos ecossistêmicos em ambientes de mudanças (Loreau et al. 2001). Há também uma evidência crescente de que os efeitos da biodiversidade nos processos ecossistêmicos são maciçamente dependentes de determinados níveis de diversidade funcional e não do número total de espécies (Chapin et al. 2000).

Isto se deve ao fato de que, tanto o número quanto a variedade de tipos funcionais presentes em uma comunidade afetam amplamente os processos ecossistêmicos (revisado em Díaz e Cabido 2001). Além disso, quanto maior o número de espécies funcionalmente semelhantes dentro de um ecossistema (por exemplo, várias espécies de árvores) maior a probabilidade de que, pelo menos, algumas destas espécies sobreviverão às mudanças no meio ambiente e manterão suas propriedades vitais (Chapin et al. 1996). No entanto, o funcionamento de ecossistemas pode, por vezes, ser determinado por algumas poucas espécies dominantes. As chamadas espécies fundamentais são exemplos de espécies cujo papel ecossistêmico é desproporcionalmente alto em relação à sua biomassa relativa. Como exemplos podemos citar algumas espécies “engenheiras de ecossistemas” (Jones et al. 1994) e espécies de plantas que formam mutualismos com bactérias fixadoras de nitrogênio (Vitousek e Walker 1989).

Dois elementos essenciais do funcionamento de ecossistema, resistência e resiliência, são fortemente influenciados por atributos-chave de suas espécies dominantes. Entretanto, estes elementos não podem ser concomitantemente maximizados (Lepš et al. 1982). A resistência é a habilidade de um sistema de evitar mudanças, ou sua capacidade para permanecer no mesmo estado diante de perturbações. A resiliência é o ritmo no qual o sistema retorna a seu estado anterior, após ter sido deslocado pela perturbação (Lepš et al. 1982). A habilidade de persistência de ecossistemas depende de sua resiliência, resistência a mudanças, sua capacidade para “migrar” devido a condições de mudanças ambientais (ver Capítulo 3) e da gravidade da variação ambiental (Pimm, 1991). A diversidade funcional também poderá desempenhar um papel; por exemplo, a dominância de plantas de ciclo curto e crescimento rápido (por exemplo, gramíneas anuais), resulta em alta resiliência e baixa resistência, enquanto a dominância de plantas longevas (por exemplo, árvores), de crescimento lento e tolerantes ao estresse, favorece a resistência. Isto pode ter conseqüências importantes para o armazenamento de longo prazo de carbono em ecossistemas. Portanto, os atributos de espécies e tipos de espécies (por exemplo, árvores, arbustos, gramíneas) podem ter implicações importantes em projetos de mitigação de mudança de clima, pois podem determinar a longevidade, a taxa e a direção dos processos ecossistêmicos desejáveis (por exemplo, taxa de absorção de carbono atmosférico).

O grau de variabilidade genética dentro de espécies pode ser importante para a manutenção do desempenho do ecossistema e para permitir a adaptação contínua a condições de mudanças. Portanto, há a possibilidade de que a perda de variação genética dentro de espécies conduza à instabilidade diante de um ambiente de mudanças (Joshi et al. 2001). Grime et al. (2000) relataram que, em comunidades herbáceas, aquelas compostas por populações geneticamente uniformes, parecem perder mais espécies ao longo do tempo do que aquelas com populações mais geneticamente heterogêneas. Isto fica evidente em áreas agrícolas, especialmente na agricultura de subsistência praticada por povos tradicionais. A erosão genética ocorre geralmente durante o processo de optar por produzir variedades de cultivos altamente produtivos (Pretty 1995, Altieri 1995, Shiva 2000). Culturas com alta diversidade genética tendem a ser mais resistentes a pestes (Zhu et al. 2000).

Sistemas de cultivos mistos podem resultar em maiores rendimentos combinados do que aqueles de monoculturas, especialmente se houver grandes diferenças funcionais e morfológicas entre as espécies de cultivos (Trenbath 1974, Vandermeer 1989). A cobertura mista do solo pode ser maior do que aquela de monoculturas, reduzindo a água superficial de escoamento (Pretty 1995). Entretanto, é discutível se o cultivo misto resulta, necessariamente, em melhores produções do que as alternativas de monocultura, exceto para culturas mistas, leguminosas e não-leguminosas, (Vandermeer 1989), e muitos sistemas de produção embasados na monocultura parecem ser estáveis. Sistemas tropicais de produção de arroz, por exemplo, parecem ser estáveis apesar de serem geralmente monoculturas geneticamente uniformes. A estabilidade pode estar relacionada aos altos níveis de diversidade na biodiversidade associada essa cultura, inclusive de artrópodes que proporcionam homeostase em termos da dinâmica entre predadores e pestes (Settle et al. 1996). Pretty (1995) salienta que, em sociedades pastoris tradicionais (onde a maioria dos estudos foi realizada), o cultivo intercalado é praticado não como forma de maximizar a produção, mas para diluir o risco ao lidar com um ambiente espacial e temporalmente variável. Experimentos ad hoc sobre o papel da biodiversidade de plantas no funcionamento de ecossistemas florestais são bem mais raros, devido a dificuldades operacionais evidentes. Entretanto, há alguns experimentos com cultivos mistos de baixa diversidade e revisões embasadas em dados de inventários florestais (Cannell et al. 1992) que sugerem que a combinação de múltiplas espécies de árvores pode ser mais produtiva do que parcelas de monoculturas, embora este padrão esteja longe de se tornar universal (Cannell et al. 1992, Wormald 1992, Caspersen e Pacala 2001). Há poucas evidências consistentes sobre os benefícios de cultivos intercalados de árvores para os processos que ocorrem abaixo do nível do solo (Rothe e Binkley, 2001).

2.4. NECESSIDADES DE PESQUISA E LACUNAS DE INFORMAÇÕES

Nosso conhecimento ainda é insuficiente para proporcionar assessoramento científico detalhado sobre muitos aspectos das interligações entre biodiversidade, mudança de clima induzida por atividades humanas e o funcionamento de ecossistemas. Pesquisas futuras necessitarão avaliar: (1) quais funções de ecossistemas são mais vulneráveis à perda de espécies; e (2) a relação entre biodiversidade e estrutura ecossistêmica, seu funcionamento e produtividade; e a produção de bens e serviços de ecossistemas.

É necessário também realizar pesquisas adicionais acerca da interação entre os impactos decorrentes da mudança de clima e da mudança de uso do solo sobre a biodiversidade, e os efeitos do enriquecimento do CO₂ atmosférico sobre a produtividade, composição de espécies e dinâmicas de carbono em diferentes ecossistemas, e também sobre a resistência e resiliência de ecossistemas.

2.5. REFERÊNCIAS

- Alroy, J. (2001). A multispecies overkill simulation of the end-Pleistocene megafaunal mass extinction. *Science* 292: 1893-1896.
- Altieri, M.A. (1995). *Agroecology – The Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press, London.
- Andren, H. (1994). Effects of fragmentation birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71:355-366.
- Andriessen P. A. M.; Helmens, K. F.; Hooghiemstra, H.; Riezebos, P. A.; Van der Hammen, T. (1993). Absolute chronology of the Pliocene-Quaternary sediment sequence of the Bogota area, Colombia. *Quaternary Science Reviews* 12: 483-501.
- Balmford A., Bruner A., Cooper P., Costanza R., Farber S., Green R.E., Jenkins M., Jefferiss P., Jessamy V., Madden J., Munro K., Myers N., Naeem S., Paavola J., Rayment M., Rosendo, S., Roughgarden J., Trumper K., and Turner R.K. (2002). Economic Reasons for conserving wild nature. *Science* 297: 950-953.
- Bierregaard, R.O., T.E. Lovejoy, V. Kapos, A.A. dos Santos, and R.W. Hutchings (1992). The biological dynamics of tropical rain forest fragments. *Bioscience* 42:859-866.
- Boyle, T.J.B and Boontawe, B. (eds.). (1995). *Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forests*. Bogor, Center for International Forestry Research, 395p.
- Cannell, M.G.R., D.C. Malcolm, and P.A. Robertson (1992). *The ecology of mixed species stands*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Cardillo, M. and Lister, A. (2002). Death in the slow lane. *Nature* 419: 440-441.
- Caspersen, J.P., and S.W. Pacala (2001). Successional diversity and forest ecosystem function. *Ecological Research*, 16, 895-904.
- Chapin III, F.S. et al. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.
- Chapin III, F.S. et al. (1996). The functional role of species in terrestrial systems. In *Global Change and Terrestrial Ecosystems* [Walker, B. and W. Steffen, (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, pp. 403-428.
- Colinvaux, P. A.; de Oliveira, P. E.; Bush, M. B. (2000). Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales: the failure of the aridity and refuge hypotheses. *Quaternary Science Reviews* 19: 141-169.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton and M. van den Belt (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Crowley, T. J.; North, G.R. (1988). Abrupt climate change and extinction events in Earth history. *Science* 240: 996-1002.
- Davis, M.B. (1989). Lags in vegetation response to greenhouse warming. *Climate Change* 15:75-82.
- Díaz, S. and Cabido, M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem functioning (review article). *Trends in Ecology and Evolution* 16: 646-655.
- FAO. (1994). *Fisheries technical paper 335*. Rome, Italy.
- FAUNMAP Working Group (Graham, R.W. et al.) (1996). Spatial response of mammals to late Quaternary environmental fluctuations. *Science* 272: 1601-1606.
- Flenley, J. (1979). *The Equatorial Rain Forest: a geological history*. Butterworths, London.
- Galloway, J.N., H. Levy, and P.S. Kasibhatla (1994). Year 2020: consequences of population growth and development on deposition of oxidized nitrogen. *Ambio* 23: 120-123.
- Garay I. and B. Dias (editors). (2001). *Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais: Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Petrópolis, Editora Vozes, 430p.
- Gaston, K. J. (editor). (1996). *Biodiversity: A Biology of Numbers and Difference*. Oxford, Blackwell Scientific.

-
- Grime, J. P. et al. (2000). The response of two contrasting limestone grasslands to simulated climate change. *Science* 289: 762-765.
- Hawksworth, D.L. (editor). (1991). *The Role of Biodiversity in Agricultural Systems*. Wallingford, UK, Commonwealth Agriculture Bureau – CAB International.
- Hewitt, G. M. (1999). Post-glacial re-colonization of European biota. *Biological Journal of the Linnean Society* 68: 87-112.
- Houghton, R.A. (1994). The worldwide extent of land-use change. *Bioscience* 44:305-313.
- Huntley, B. (1993). Species-richness in north-temperate zone forests. *Journal of Biogeography* 20: 163-180.
- Huntley, B.; Birks, H. J. B. (1983). *An Atlas of past and present pollen maps for Europe 0-13, 000 years ago*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Huston, M.A. (1994). *Biological Diversity: The Coexistence of Species on Changing Landscapes*. Cambridge, Cambridge University Press.
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 398 pp.
- IPCC. (2002). *Climate change and Biodiversity*. WMO and UNEP, Intergovernmental Panel on Climate Change, Technical Paper 5, 86p. Jackson, J. B. C.; Johnson, K. G. (2000). Life in the last few million years. *Paleobiology* 27: 221-235.
- Jackson, S.T.; Weng, C. (1999). Late Quaternary extinction of a tree species in eastern North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96: 13847- 13852.
- Jones, C. G. et al. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373-386.
- Joshi, J. et al. (2001). Local adaptation enhances performance of common plant species. *Ecology Letters* 4: 536-544.
- Kohfeld, K. E., Harrison, S. P. (2000). How well can we simulate past climates? Evaluating the models using global palaeoenvironmental datasets. *Quaternary Science Reviews* 19: 321-346.
- Körner, C. (2000). Biosphere responses to CO₂ enrichment. *Ecol. Appl.* 10:1590- 1619.
- Kukla, G. J. et al. (2002). Last interglacial climates. *Quaternary Research* 58: 2-13.
- Kunin, W.E. and K.J. Gaston (1997). *The Biology of Rarity: Causes and consequences of Rare-Common differences*. London, Chapman and Hall, 280p.
- Lawton, J.H., and R.M. May (eds.). (1995). *Extinction rates*. Oxford Univ. Press, Oxford, UK.
- Lee, D. E.; Lee, W. G.; Mortimer, N. (2001). Where and why have all the flowers gone? Depletion and turnover in the New Zealand Cenozoic angiosperm flora in relation to palaeogeography and climate. *Australian Journal of Botany* 49: 341- 356
- Lešps J., Osbornova Kosinova, J. and Rejmanek, M. (1982). Community stability, complexity and species life-history strategies. *Vegetatio* 50, 53-63.
- Levis, S.; Foley, J. A.; Pollard, D. (1999). CO₂, climate, and vegetation feedbacks at the Last Glacial Maximum. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 104: 31191-31198.
- Loreau, M., S. Naeem, P. Inchausti, J. Bengtsson, J. P. Grime, A. Hector, D. U. Hooper, M. A. Huston, D. Raffaelli, B. Schmid, D. Tilman, and D. A. Wardle (2001). Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science* 294: 804-808.
- Lowe, J. J., and Walker, M. J.C. (1997). *Reconstructing Quaternary Climates*. 2nd Edition. Longman, London.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. London, Croom Helm.
- Malhi, Y. and Grace, J. (2000). Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. *Trends Ecol. Evol.* 15:332-337.

-
- Marchant, R., Boom, A., Hooghiemstra, H. (2002). Pollen-based biome reconstructions for the past 450 000 yr from the Funza-2 core, Colombia: comparisons with model-based reconstructions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 171 (1-2): 29-45.
- Markgraf, V.; McGlone, M.S.; Hope, G.S. (1995). Neogene paleoenvironmental and paleoclimatic change in southern temperate ecosystems – a southern perspective. *Trends Ecol. Evol.* 10:143-147.
- Millien-Parra, V. and Jaeger, J.-J. (1999). Island biogeography of the Japanese terrestrial mammal assemblages: an example of a relict fauna. *Journal of Biogeography* 26: 959-972.
- Mooney, H.A., J.H. Cushman, E. Medina, O.E. Sala and E.-D. Schulze (editors). (1996). *Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective*. Chichester, UK, John Wiley and Sons.
- Niklaus, P.A.; Leadley, P.W.; Schmid, B.; Körner, C. (2001). A long-term field study on biodiversity x elevated CO₂ interactions in grassland. *Ecol. Monogr.* 71:341- 356.
- Petit, R. J. et al. (2002). Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. *Forest Ecology and Management* 156: 49-74.
- Pimm, S.L. (1991). *The Balance of Nature?: Ecological Issues in the Conservation of Species and Communities*. Chicago, The University of Chicago Press, 434p.
- Pimm, S.L., G.J. Russell, J.L. Gittleman, and T. Brooks. (1995). The future of biodiversity. *Science* 269:347-350.
- Pitelka, L. F. and the Plant Migration Workshop Group. (1997). Plant migration and climate change. *American Scientist* 85: 464-473.
- Pretty, J.A. (1995). *Regenerating Agriculture – Policies and Practice for sustainability and Self-Reliance*. Earthscan Publications Ltd, London.
- Purvis, A. and Hector, A. (2000). Getting the measure of biodiversity. *Nature* 405: 212-219.
- Ricklefs, R.E. and D. Schlüter (editors). (1993). *Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives*. Chicago, The University of Chicago Press, 414p.
- Rosenszweig, M.L. (1995). *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge, Cambridge University Press, 436p.
- Rothe, A. and D. Binkley (2001). Nutritional interactions in mixed species forests: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research* 31:1855-1870.
- Sala, O. E., Chapin III, F. S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M. and Wall, D.H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287:1770- 1774.
- Settle WH, Ariawan H, Astuti ET, Cahyana W, Hakim AL, Hindayana D, Lestari A, Pajarningsih and Sartanto (1996). Managing tropical rice pest through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology* 77:1975-1988. Schulze, E.-D. and H.A. Mooney (editors) (1993). *Biodiversity and Ecosystem Function*. Berlin, Springer Verlag (Ecological Studies 99).
- Schwartz, M. W., C. A. Brigham, J. D. Hoeksema, K. G. Lyons, M.H. Mills and P. J. van Mantgem (2000). Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology. *Oecologia* 122: 297-305.
- SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. (2001). *Global Biodiversity Outlook*. Montreal, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, United Nations Environment Programme – UNEP, 282p.
- Shaw, R., Zavaleta, E.S., Chiariello, N.R., Cleland, E.E., Mooney, H.A., Field, C.B. (2002). Grassland responses to global environmental changes suppressed by elevated CO₂. *Science* 298:1987-1990.
- Shiva, V. (2000). *Stolen Harvest – The Hijacking of the Global Food Supply*. South End Press, Cambridge.
- Steadman, D.W. (1995). Prehistoric extinctions of Pacific island birds – biodiversity meets zooarchaeology. *Science* 267: 1123-1131.

-
- Stocker, T. (2000). Past and future reorganisations in the climate system. *Quaternary Science Reviews* 19: 301-319.
- Thompson, R. S.; Whitlock, C.; Bartlein, P. J.; Harrison, S. P.; Spauling, W. G. (1993). Climatic changes in the Western United States since 18,000 yr B.P. In: *Global Climates since the Last Glacial Maximum*. Eds Wright, H. E. et al. University of Minnesota Press, Minneapolis. Pp 468-513.
- Trenbath, B.R. (1974). Biomass productivity of mixtures. *Advances in Agronomy* 26: 177-210.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME--UNEP--(1995). *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press.
- Vandermeer, J. (1989). *The Ecology of Intercropping*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Vitousek, P. M., and L.R Walker (1989). Biological invasion by *Myrica faya* in Hawai'i: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects. *Ecological Monographs* 59: 247-265.
- Van der Hammen, T. and Hooghiemstra, H. (2000). Neogene and Quaternary history of vegetation, climate and plant diversity in Amazonia. *Quaternary Science Reviews* 19: 725-742.
- Vitousek, P.M., H.A. Mooney, J. Lubchenco, and J.M. Melillo (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277:494-499.
- Webb, S. D.; Barnosky, A. D. (1989). Faunal dynamics of Pleistocene mammals. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 17: 413-438. Webb, T. III; Bartlein, P. J.; Harrison, S.P.; Andersen, K. H. (1993). Vegetation, lake levels, and climate in eastern North America for the past 18,000 years. In: *Global Climates since the Last Glacial Maximum*. Eds. Wright, H. E. et al. University of Minnesota Press, Minneapolis. Pp 415-467.
- Wormald, T.J. (1992). *Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics*. FAO, Rome, Italy.
- WWF (Worldwide Fund for Nature), (2002). *Living Planet Report 2002*. WWF International. Mont Blanc, Switzerland. Available at: <http://www.panda.org/livingplanet/lpr02/downloads.cfm>
- Zhu, Y., et al. (2000). Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 406: 718- 722.

3. MUDANÇA DE CLIMA E BIODIVERSIDADE: IMPACTOS OBSERVADOS E PROJETADOS

Autores principais: *Habiba Gitay, Miguel Lovera, Avelino Suarez, Yoshitaka Tsubaki, Robert Watson.*

Colaboradores: *Muna Faraj, Mirna Marin, Peter Straka, Andreas Volentras, Clive R. Wilkinson.*

INTRODUÇÃO

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) organizou seu trabalho sob os seguintes programas temáticos: biodiversidade agrícola, biodiversidade de áreas secas e subúmidas, biodiversidade de florestas, biodiversidade de águas continentais, biodiversidade de montanhas e biodiversidade marinha e costeira. Este capítulo resume as mudanças observadas e projetadas no sistema de clima e os impactos destas mudanças sobre os tipos ecossistêmicos acima, e os impactos potenciais de mudanças de larga escala na biodiversidade sobre climas regionais e globais.

Grande parte do material para este capítulo foi retirada de relatórios do Painel Intergovernamental sobre a Mudança de Clima (IPCC)¹⁶, especialmente o Estudo Técnico V sobre mudança de clima e biodiversidade, que sintetizou o material dos relatórios do IPCC pertinentes a este capítulo. O Apêndice A do Estudo Técnico V do IPCC proporcionou um conjunto adicional de literatura de alguma pertinência a este capítulo; além disso, uma pesquisa completa de literatura foi realizada de 1999 até o final de 2002. Há, portanto, várias publicações pertinentes a este capítulo, publicadas após o Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC e estas foram avaliadas e citadas. De modo geral, as publicações adicionais apoiaram as descobertas IPCC, freqüentemente com exemplos específicos sobre uma taxa, ecossistema ou região em particular.

O IPCC em seu Grupo de Trabalho II (impactos, adaptação e vulnerabilidade – IPCC 2001, IPCC 2002 – Seção 1), proporciona definições de conceitos importantes para este capítulo. Os principais conceitos são impactos, adaptação e vulnerabilidade, e suas definições aceitas são as seguintes:

¹⁶ As publicações do IPCC baseiam-se em extensas avaliações da literatura, tanto aquela revisada por seus pares quanto às publicações (revistas, jornais etc) de todas as partes do mundo.

-
- (a) A *magnitude* do impacto é uma função da extensão da mudança nos parâmetros climáticos (por exemplo, uma característica do clima médio, variabilidade de clima e/ou frequência e magnitude de extremos) e a sensibilidade do sistema a estímulos relacionados ao clima. As projeções para os impactos das mudanças de clima incluem mudanças diretas em muitos aspectos da biodiversidade e nos regimes de perturbações (por exemplo, mudanças na frequência e intensidade de queimadas, pestes e doenças).
- (b) *Medidas de adaptação* podem reduzir alguns destes impactos. Sistemas humanos e naturais irão adaptar-se, até certo ponto, à mudança climática de maneira autônoma. Adaptações planejadas (ver Seção 4.11) podem complementar a adaptação autônoma, porém opções e incentivos são maiores para adaptações de sistemas humanos do que para sistemas naturais. Sistemas humanos e naturais são considerados vulneráveis quando expostos e/ou sensíveis à mudança de clima e/ou se as opções de adaptação forem limitadas.
- (c) A *vulnerabilidade* é o nível de suscetibilidade do sistema, ou sua inabilidade para lidar com efeitos adversos de mudança de clima, inclusive variabilidade de clima e climas extremos. A vulnerabilidade é uma função do caráter, magnitude e taxa de variação de clima, à qual o sistema está exposto, sua sensibilidade e capacidade de adaptação.
- (d) *Capacidade de adaptação* é a habilidade de um sistema para adaptar-se à mudança de clima (inclusive variabilidade de clima e climas extremos), para reduzir danos potenciais, para tirar proveito de oportunidades, ou para lidar com as consequências.

O Capítulo 2 discutiu as conexões entre fatores climáticos e biodiversidade. Neste capítulo, utilizando as descobertas do IPCC, as mudanças observadas e projetadas no sistema de clima, pertinentes à biodiversidade, são resumidas nas seções 3.1 e 3.2. Estas incluem mudanças na composição da atmosfera (por exemplo, a concentração de CO₂ atmosférico), o clima da Terra (por exemplo, temperatura da superfície, inclusive diurno e sazonal, intensidade e frequência de precipitação, cobertura de neve, mar, rio, lago congelado, geleira, nível do mar e variabilidade de clima), bem como os eventos do El Niño Oscilação Sul (ENOS). Os eventos ENOS afetam, consistentemente, as variações regionais de precipitação e temperatura em grande parte dos trópicos, subtropicais e em algumas áreas de média latitude; em algumas regiões provocam eventos climáticos extremos (por exemplo, ondas de calor e grandes precipitações).

Como exposto no Capítulo 2, os ecossistemas proporcionam muitos bens e serviços essenciais ao bem-estar humano, inclusive para comunidades locais e populações indígenas. Estes incluem alimento, fibra, combustível, energia, forragem, medicamentos, água limpa, ar limpo, controle de inundações/tempestades, polinização, dispersão de sementes, controle de pestes e doenças, formação e manutenção do solo, valores culturais, espirituais, estéticos e recreativos. As atividades humanas criam muitas pressões sobre os ecossistemas, tais como mudança de uso do solo, poluição do solo, água e ar. Em muitos casos, a mudança de clima é um estresse a mais. O clima e a mudança de clima podem

afetar os ecossistemas e a biodiversidade de várias maneiras. Os impactos das mudanças observadas e projetadas sobre sistemas terrestres, áreas alagadas continentais (inclusive sistemas de água doce), sistemas marinhos e costeiros e sobre os bens e serviços que proporcionam, estão resumidos nas seções 3.3 a 3.5. É muito provável que a mudança de clima cause impactos sobre populações tradicionais e indígenas, e as projeções desses impactos estão resumidas na Seção 3.6. Alguns ecossistemas são sensíveis a fatores climáticos e têm opções limitadas de adaptação, o que os torna vulneráveis à mudança de clima; estes estão resumidos na Seção 3.7. Algumas mudanças na biodiversidade terrestre e marinha podem afetar o clima regional e global, e estas interações estão resumidas na Seção 3.8. O capítulo termina com um resumo das necessidades de pesquisa e das lacunas de informação que devem ser consideradas para aprimorar a compreensão dos impactos das mudanças climáticas sobre os ecossistemas, e para reduzir algumas incertezas quando da projeção desses impactos.

3.1. MUDANÇAS OBSERVADAS NO CLIMA

Mudanças climáticas ocorrem como resultado da variabilidade interna do sistema de clima e de fatores externos (natural e como resultado de atividades humanas). As emissões de gases de efeito estufa e aerossóis, decorrentes de atividades humanas, mudam a composição da atmosfera. O aumento de gases de efeito estufa tende a aquecer o clima da Terra, enquanto o aumento de aerossóis pode tanto esfriar quanto aquece-lo.

Os resultados do IPCC sobre as mudanças observadas durante o século XX na composição da atmosfera (por exemplo, aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, tais como CO₂ e metano (CH₄), no clima da Terra (por exemplo, temperatura, precipitação, nível do mar, gelo do mar e, em algumas regiões, eventos climáticos extremos, inclusive ondas de calor, grandes precipitações e secas), estão resumidos nesta seção (IPCC 2001, questões 2, 4 e 5 e Grupo de Trabalho I do IPCC, SPM).

- a) **Concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, de um modo geral, aumentaram.** Durante o período entre 1750 e 2000, as concentrações de CO₂ na atmosfera aumentaram até 31±4%, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis, uso do solo e mudança de uso do solo (ver também Capítulo 4, sobre explicação do ciclo de carbono). A concentração de CH₄ na atmosfera aumentou até 151±25%, entre os anos 1750 e 2000, principalmente devido a emissões do uso de combustível fóssil, pecuária, cultivo de arroz e aterros sanitários. Aerossóis estratosféricos de grandes erupções vulcânicas conduziram a importantes, porém breves, forçamentos negativos, especialmente nos períodos entre 1880-1920 e 1963-1994.
- b) **Durante o século XX houve um aquecimento consistente, e de larga escala, da superfície da terra e dos oceanos.** Grande parte do aquecimento observado nos últimos cinquenta anos está relacionada ao aumento da concentração de gases de efeito estufa. A temperatura média global da superfície aumentou até 0.6°C (variação de 0.4 – 0.8°C) nos últimos 100 anos. O aquecimento foi maior nas médias e altas latitudes. Desde 1950, o aumento da temperatura da superfície do mar é

cerca de metade do aumento da temperatura média do ar da superfície da Terra, e as temperaturas noturnas mínimas diárias sobre o solo aumentaram, em média, cerca de 0.2°C por década, cerca de duas vezes a taxa de aumento das temperaturas máximas do ar durante o dia.

- c) **Durante o século XX, a precipitação aumentou *muito provavelmente*¹⁷ de 5 a 10% na maioria das latitudes médias e altas dos continentes do Hemisfério Norte, mas em contrapartida a precipitação *provavelmente* diminuiu em até 3%, em média, na maioria das áreas subtropicais.** *Provavelmente* houve um aumento de 2 a 4% na frequência de fortes eventos de precipitações (50mm em 24 horas) nas latitudes médias e altas do Hemisfério Norte, durante a segunda metade do século XX. Durante o século XX, houve um crescimento relativamente pequeno de áreas com experiências de seca ou chuvas intensas: em muitas regiões estas mudanças são dominadas por variabilidades de clima inter-decadal e multi-decadal, sem tendências significativas evidentes.
- d) **A extensão da cobertura de neve e gelo diminuiu.** *Muito provavelmente* a cobertura de neve diminuiu cerca de 10%, em média, no Hemisfério Norte, desde o final da década de 1960 (especialmente sobre a América, Europa e Ásia, por meio de alterações na primavera) e, em latitudes médias e altas do Hemisfério Norte, a duração anual da cobertura de gelo em lagos e rios foi reduzida em até duas semanas durante o século XX. Ainda no século XX, houve uma retração extensa de geleiras montanhosas em regiões não polares. A extensão de gelo oceânico, durante a primavera e o verão no Hemisfério Norte, diminuiu em até 10 a 15%, entre os anos 1950 e 2000.
- e) **A média anual de elevação do nível do mar foi de 1 a 2mm, durante o século XX.** Isto está fundamentado nos poucos e longos registros de medição de maré do Hemisfério Norte e após a correção de movimentos verticais da Terra. *Muito provavelmente* o aquecimento, durante o século XX, contribuiu de forma significativa para a elevação observada no nível do mar, por meio da expansão termal da água do mar e ampla perda de gelo terrestre.
- f) **Episódios de aquecimento do fenômeno ENOS têm sido mais frequentes, persistentes e intensos desde meados da década de 1970, comparados aos cem anos anteriores.**
- g) Foram observadas mudanças em alguns eventos extremos de tempo e clima. *Provavelmente* houve temperaturas máximas mais altas, mais dias quentes e um aumento no índice de calor, e *muito provavelmente* houve temperaturas mínimas mais altas, menos dias frios e dias gelados, em quase todas as áreas de terrestres. Além disso, *provavelmente* houve um aumento na estiagem de verão em nível continental e, em poucas áreas, riscos associados de seca.

¹⁷ De acordo com o uso do dicionário do Grupo de Trabalho I do IPCC, as seguintes palavras foram usadas, onde apropriado, para indicar níveis de confiança: *muito provavelmente* (90 a 99% de chance) e *provavelmente* (66 a 90% de chance). Quando as palavras *provavelmente* e *muito provavelmente* aparecem em itálico, estas definições são aplicadas, de outra forma, elas têm o significado normal de uso.

3.2. PROJEÇÕES DE MUDANÇAS NO CLIMA

As contribuições do Grupo de Trabalho I ao Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC (IPCC 2001) proporcionaram projeções globais revisadas e, até certo ponto, projeções regionais de mudança de clima fundamentadas em uma nova série de cenários de emissão, do Relatório Especial sobre Cenários de Emissão do IPCC (Special Report on Emissions Scenarios - SRES). Os cenários SRES são compostos por seis grupos de cenários, fundamentados em narrativas de eventos. Todos eles são plausíveis e internamente consistentes, e não foram apontadas probabilidades de ocorrências. Os cenários incluem quatro combinações de pressupostos de amplo desenvolvimento demográfico, social, econômico e tecnológico. Cada um desses cenários resulta em um conjunto de concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa e aerossóis, a partir dos quais é possível projetar as mudanças de clima. As projeções indicam que as concentrações de CO₂, a média global da temperatura da superfície e o nível do mar aumentarão durante o século XXI. Diferenças substanciais são projetadas para as mudanças regionais de clima e nível do mar, quando comparadas à mudança global média. É projetado, também, um aumento na variabilidade de clima e alguns eventos extremos de clima. As mudanças projetadas, extraídas da Seção 4 do IPCC (2002), e que são pertinentes à biodiversidade – complementadas por outras literaturas recentes – são resumidas abaixo.

- a) **As projeções indicam que as concentrações de gases de efeito estufa aumentarão no século XXI, enquanto que haverá um decréscimo de aerossol sulfato.** As projeções de concentrações de CO₂ para 2100, variam de 540 a 970ppm (partes por milhão), comparadas a cerca de 280 ppm na era pré-industrial, e cerca de 368 ppm em 2000. Nos seis cenários SRES ilustrativos, as projeções indicam que as concentrações de aerossol sulfato cairão, até 2100, abaixo dos níveis atuais, enquanto os aerossóis naturais (por exemplo, sal marinho, poeira) e emissões que conduzem a aerossóis de sulfato e carbono (por exemplo, sulfídio dimetil – DMS – emitido por algumas espécies de fitoplancton) tenderão a aumentar como resultado de mudanças climáticas.
- b) **As projeções indicam que os aumentos médios globais de temperatura serão de duas a dez vezes maiores que o valor central de aquecimento observado durante do século XX**, e a taxa de aquecimento projetada de 1.4 a 1.8°C, para o período de 1990 a 2100, *muito provavelmente* será inédita para os últimos dez mil anos, no mínimo. As principais áreas de aquecimento são as áreas continentais das regiões norte (por exemplo, América do Norte e regiões norte e central da Ásia), que excedem em mais de 40% o aquecimento médio global em cada modelo de clima. Inversamente, o aquecimento será menor do que a mudança na média global durante o verão no sul e sudeste da Ásia, e durante o inverno no sul da América do Sul.
- c) **Projeta-se que a média global de precipitação anual aumentará durante o século XXI**, com aumentos e declínios na precipitação de cerca de 5 a 20%, projetados em escala regional. A precipitação, *provavelmente* aumentará em regiões de alta latitude, tanto no verão quanto no inverno. Também há aumentos projetados para as lati-

tudes médias do norte, África tropical e Antártica, no inverno, e no sul e leste da Ásia, no verão. A Austrália, a América Central e o sul da África mostram declínios consistentes nas precipitações de inverno. *Muito provavelmente* ocorrerão maiores variações de precipitação, ano-a-ano, na maioria das áreas, para as quais é projetado um aumento na precipitação média.

- d) **Os modelos projetam que o aumento das concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa resultará em mudanças na variabilidade de temperaturas diárias, sazonais, interanuais e decadais.** Projeta-se um declínio nas variações da temperatura diurna em muitas áreas, com aumento maior das baixas noturnas do que das altas diurnas. A maioria dos modelos mostra um decréscimo geral na variabilidade diária da temperatura do ar de superfície, no inverno, e aumento na variabilidade diária, no verão, em áreas do Hemisfério Norte. Apesar das mudanças futuras na variabilidade do El Niño diferirem de modelo para modelo, as projeções atuais mostram poucas mudanças ou um pequeno aumento na amplitude dos eventos El Niño, para os próximos cem anos. Muitos modelos mostram uma resposta média do tipo de eventos El Niño no Pacífico tropical, e projeta-se um aquecimento maior nas temperaturas da superfície do mar do Pacífico equatorial, central e do leste do que no Pacífico equatorial do oeste, e uma alteração de precipitação média correspondente no leste. Mesmo com pouca ou nenhuma mudança na força do El Niño, o aquecimento global provavelmente levará a grandes extremos de seca e precipitação e aumentará o risco de secas e inundações que ocorrem com os eventos El Niño, em várias regiões diferentes. Não há um acordo claro entre os modelos relacionados às mudanças na frequência ou estrutura de outros padrões naturais de circulação, que ocorrem na atmosfera oceânica, tal como a Oscilação do Atlântico Norte (NAO).
- e) *Muito provavelmente*, **a amplitude e frequência de eventos extremos de precipitação** aumentarão em muitas áreas, e projeta-se um decréscimo nos períodos de retorno aos eventos extremos de precipitação. Isto conduziria a inundações mais frequentes, mesmo em áreas onde houver um decréscimo na precipitação global (Christensen e Christensen 2003). Uma precipitação menor em áreas continentais centrais *provavelmente* levará a aumentos nas secas de verão e poderá aumentar o risco de queimadas.
- f) *Muito provavelmente* **ocorrerão mais dias quentes e ondas de calor e menos dias frios e gelados sobre todas as áreas terrestres.**
- g) **Estudos de modelagem de alta resolução sugerem que, em algumas áreas, a intensidade de pico de vento de ciclones tropicais** *provavelmente* **aumentará durante o século XXI** de 5 a 10%, e as taxas de precipitação podem aumentar de 20 a 30%, mas nenhum dos estudos sugere mudanças nos locais onde ocorrem os ciclones tropicais. Há pouca evidência de consistência nos modelos para mudanças na frequência de ciclones tropicais.
- h) **Não há informação suficiente sobre a mudança dos fenômenos de pequena escala.** Fenômenos em escala muito pequena, como tempestades, tornados, granizo,

tempestades de granizo e relâmpagos não são simulados corretamente pelos modelos globais de clima.

- i) **As projeções indicam que as geleiras e as calotas de gelo continuarão sua vasta retração durante o século XXI.** A manta de gelo da Antártica *provavelmente* ganhará massa devido à grande precipitação, enquanto a manta de gelo da Groenlândia *provavelmente* perderá massa, porque o aumento de escoamento excederá o aumento de precipitação.
- j) **As projeções indicam que o nível médio global do mar será elevado de 0.09 a 0.88m entre 1990 e 2100, com substanciais variações regionais.** O aumento projetado para o nível do mar deve-se principalmente à expansão térmica e a perda de massa das geleiras e calotas de gelo. O nível projetado de variação regional na mudança do nível do mar é substancial comparado à projeção do nível médio global da elevação do nível do mar, porque o nível do mar na orla é determinado por muitos fatores adicionais (por exemplo, pressão atmosférica, estresse de ventos e profundidade da termoclina). Confia-se pouco na distribuição regional da mudança do nível do mar a partir de modelos complexos, porque há pouca semelhança entre os resultados de modelos; no entanto, praticamente todos os modelos projetam elevações além da média no Oceano Ártico, e abaixo da média no Oceano Sul.
- l) **A maioria dos modelos projeta um enfraquecimento da circulação termohalina do oceano, o que leva a uma redução do transporte de calor para altas latitudes da Europa.** As atuais projeções não exibem uma interrupção completa da circulação termohalina até 2100. Após 2100, algumas evidências sugerem que a circulação termohalina poderá interromper-se completamente, e talvez irreversivelmente, em qualquer um dos hemisférios, caso a mudança no forçamento radiativo seja grande o suficiente e aplicada por tempo suficiente. O impacto disto sobre a biodiversidade é desconhecido.

3.3 MUDANÇAS OBSERVADAS EM ECOSISTEMAS TERRESTRES E MARINHOS, ASSOCIADAS À MUDANÇA DE CLIMA

O IPCC avaliou o efeito da mudança de clima sobre sistemas biológicos ao analisar 2.500 estudos publicados. Entre estes, 44 estudos que incluíram cerca de 500 táxons e atenderam aos seguintes critérios: 20 anos ou mais de coleta de dados; medição de temperatura como uma das variáveis; os autores dos estudos encontraram uma mudança estatisticamente significativa nos parâmetros biológicos/físicos e temperatura medida; e uma correlação estatisticamente significativa entre a temperatura e a mudança no parâmetro biológico/físico. Alguns destes estudos investigaram ao mesmo tempo diferentes táxons (por exemplo, aves e insetos). Portanto, um total de 59 espécies de plantas, 47 espécies de invertebrados, 29 espécies de anfíbios e répteis, 388 espécies de pássaros, e 10 espécies de mamíferos. Aproximadamente 80% mostraram mudanças no parâmetro biológico medido (por exemplo, começo e fim da estação de procriação, alterações nos padrões de migração, alterações nas distribuições de animais e plantas e mudanças no tamanho

do corpo), de forma esperada com o aquecimento global, enquanto 20% mostraram mudanças na direção oposta. A maioria destes estudos foi realizada (graças às decisões de financiamentos de pesquisas de longo prazo) em áreas temperadas e de alta latitude e em algumas áreas de altitude elevada. Os principais resultados do IPCC indicam que alguns ecossistemas que são particularmente sensíveis a mudanças no clima regional (por exemplo, ecossistemas de alta latitude e alta altitude), já foram afetados pela mudança de clima (IPCC 2002 – Seção 5.1, Root et al. 2003, Parmesan e Yohe 2003). Mais especificamente, houve, no século XX, um impacto visível da mudança regional do clima sobre sistemas biológicos, especialmente dos aumentos de temperatura. Mudanças específicas salientadas no estudo do IPCC, complementado por material recente, inclui mudanças nas distribuições terrestres de espécies (inclusive de água doce), tamanhos de populações, composição de comunidades e produtividade de vegetais: declínios de espécies de sapos e alguns pássaros foram avaliados pelo Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC, mas não está claro que a mudança de clima é o fator causal, pois há pressões de atividades humanas implicadas. Os principais resultados do Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC (IPCC 2002) são:

- a. **Foram observadas mudanças no tempo de eventos biológicos (fenologia).** Estas incluem mudanças no tempo de crescimento, florescência e reprodução. Tais mudanças foram observadas em algumas espécies de insetos, anfíbios, répteis, pássaros e vegetais.
- b. **Foram observadas mudanças na distribuição de espécies, ligadas às mudanças nos fatores climáticos.** Estas incluem a ampliação do limite de distribuição de algumas espécies em direção aos pólos, especialmente no hemisfério Norte. Foram observadas alterações na distribuição e densidade de animais, associadas às secas, em muitas partes do mundo.
- c. **Muitos táxons (pássaros, insetos, vegetais), mostraram mudanças em morfologia, fisiologia e comportamento,** associadas a mudanças nas variáveis climáticas.
- d. **Mudanças nas variáveis climáticas levaram a surtos de pestes e doenças mais frequentes e intensos,** acompanhadas de alterações na distribuição dos organismos agentes de pestes/doenças, em direção ao pólo ou altitudes elevadas.
- e. **Foram observadas mudanças no fluxo dos rios, inundações, secas, temperatura da água e qualidade da água** e estas mudanças afetaram a biodiversidade e os bens e serviços proporcionados por ecossistemas.
- f. **Em ecossistemas de alta latitude no Hemisfério Norte, o clima mais quente resultou em dias cada vez mais quentes para a agricultura e a silvicultura.** Entretanto, a quantidade de luz solar, e talvez a proporção de luz solar direta e difusa, também influenciem a produtividade de vegetais. Devido à *thermocarst*, houve alteração na composição de espécies de plantas na tundra, especialmente de plantas herbáceas e líquens, e algumas florestas boreais no Alasca central foram transformadas em grandes áreas alagadas, durante as últimas décadas do século XX. A área de floresta boreal queimada anualmente no oeste da América do Norte dobrou nos últimos vinte anos, paralelamente às tendências de aquecimento na região.

-
- g. **Observou-se um declínio na sobrevivência de pingüins adultos.** Nos últimos cinquenta anos, a população de pingüins imperadores, em Terre Adelie, decresceu em 50% devido ao declínio na sobrevivência de indivíduos adultos durante o final da década de 1970, quando houve um prolongado período anormal de calor e redução da área de gelo do mar (Barbraud e Weimerskirch 2001).
 - h. **Eventos climáticos extremos e variabilidade (por exemplo, inundações, granizo, temperaturas congelantes, ciclones tropicais, secas), e as conseqüências de alguns destes eventos (por exemplo, deslizamentos de terra e queimadas) afetaram ecossistemas em muitos continentes.** Eventos climáticos, tais como o evento El Niño dos anos 1997-1998, causaram grandes impactos sobre muitos ecossistemas terrestres.

Os ecossistemas costeiros e marinhos são sensíveis a mudanças na temperatura da água e a eventos climáticos extremos. Resultados específicos do IPCC (2002 - Seção 5.2, IPCC 2001, SYR, questão 2) incluem:

- a. **Recifes tropicais e subtropicais de coral foram afetados adversamente** pelo aumento da temperatura da superfície do mar, especialmente durante os eventos El Niño, durante os quais as temperaturas aumentam além da variação sazonal normal. Estes eventos de branqueamento geralmente estão associados a outros fatores negativos, tais como sedimentação e poluição. As repercussões dos eventos de branqueamento e mortalidade em massa, ocorridos em 1998, terão conseqüências prolongadas (Reaser et al. 2000).
- b. **Ecossistemas costeiros foram afetados por doenças e toxicidade** relacionadas ao aumento sazonal ou anual de temperaturas da água.
- c. **Mudanças em sistemas marinhos, particularmente nas populações de peixes, estão ligadas a oscilações de larga escala no clima.**
- d. **Foram detectadas grandes flutuações na abundância de pássaros e mamíferos marinhos, em partes do Pacífico e oeste do Ártico,** e estas podem estar relacionadas a mudanças nos regimes de perturbações, variabilidade de clima e eventos extremos.

3.4 PROJEÇÕES DE IMPACTOS DAS MUDANÇAS NO CLIMA MÉDIO E DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS SOBRE ECOSISTEMAS TERRESTRES (INCLUSIVE RIOS, LAGOS E ÁREAS ALAGADAS) E MARINHOS

Projeções indicam que a mudança de clima e as concentrações elevadas de CO₂ na atmosfera afetarão indivíduos, populações, espécies, composição e função de ecossistemas tanto diretamente (por exemplo, por meio de aumentos na temperatura e mudanças na precipitação, mudanças em eventos climáticos extremos e, no caso de sistemas aquáticos, mudanças na temperatura da água, nível do mar etc.), e indiretamente (por exemplo, o clima muda a intensidade e freqüência de perturbações, tais como queimadas). Os im-

pactos da mudança de clima dependerão de outras pressões antrópicas significativas. As pressões mais importantes são a intensificação do uso do solo e a destruição associada de *habitats* naturais e seminaturais, perda e fragmentação (ou unificação de *habitats*, especialmente no caso de corpos de água doce), a introdução de espécies invasoras, e efeitos diretos sobre a reprodução, dominância e sobrevivência por meio de tratamentos químicos e mecânicos. Pode-se fazer projeções não-realistas das condições futuras de ecossistemas da Terra sem levar em conta padrões humanos de uso do solo e da água – passados, presentes e futuros. O uso humano danificará alguns ecossistemas terrestres e aquáticos, aumentará a sobrevivência de outros e afetará bastante a habilidade de adaptação dos organismos à mudança de clima via migração (Capítulo 2). Independente da mudança de clima, projeta-se um declínio de biodiversidade no futuro, devido às múltiplas pressões de atividades humanas – a mudança de clima é uma pressão adicional. A quantificação isolada dos impactos de mudança de clima, dadas às pressões múltiplas e interativas que atuam sobre os ecossistemas da Terra, é difícil e possivelmente variará regionalmente. Perdas de espécies podem conduzir a mudanças na estrutura e função de ecossistemas afetados, e a perda de renda e valores estéticos (IPCC 2002 – Seção 6, introdução e 6.1).

O IPCC (2002 – Seção 6.1, 6.2) relatou que a projeção de mudanças na biodiversidade, em resposta à mudança de clima, apresenta alguns desafios significativos, especialmente em pequena escala. A modelagem requer projeções de mudança de clima de alta resolução espacial e temporal e, freqüentemente, depende do equilíbrio entre variáveis mal projetadas pelos modelos de clima (por exemplo, precipitação local e demanda de evaporação). Além disso, requer a compreensão da interação entre espécies, e como estas interações afetam as comunidades e ecossistemas dos quais fazem parte. Os dados e modelos necessários à projeção da extensão e natureza de mudanças futuras em ecossistemas e mudanças na distribuição geográfica de espécies estão incompletos, o que significa que esses efeitos poderão ser apenas parcialmente quantificados. Os modelos de mudança na distribuição global de vegetação são freqüentemente mais sensíveis às variáveis para as quais se tem somente pobres projeções (por exemplo, o equilíbrio hídrico) e dados iniciais inadequados.

A biodiversidade é, reconhecidamente, uma questão importante em muitas regiões do mundo. Ela também proporciona bens e serviços para o bem-estar da humanidade (Quadro 2.1). Regiões diferentes têm diferentes quantidades de biodiversidade e níveis variados de espécies endêmicas. As projeções dos impactos de mudança de clima, no nível regional, estão resumidas nos quadros 5 a 15 do IPCC (2002) e não serão resumidas aqui. Vale ressaltar que há uma limitação de estudos específicos no nível regional e de país, sobre os impactos da mudança climática sobre a biodiversidade, particularmente no nível genético.

3.4.1 Projeções de impactos sobre indivíduos, populações, espécies e ecossistemas

De acordo com os Relatórios do IPCC (2001;2002) e material adicional (conforme listado), alguns exemplos de como indivíduos, populações, espécies e ecossistemas e alguns

processos ecológicos poderão ser afetados pela mudança de clima (direta ou indiretamente) incluem:

- (a) **Enquanto, por um lado, há poucas evidências de que a mudança de clima irá diminuir as perdas de espécies, por outro lado, há evidências de que poderá aumentar essas perdas.**
- (b) **A extinção de populações silvestres poderá ser acelerada pelo aumento da variabilidade temporal de precipitação.** Modelos de populações de borboletas *Euphydras editha* (uma espécie comumente encontrada na América do Norte), mostraram que mudanças na precipitação ampliaram as flutuações da população, conduzindo a extinções rápidas (McLaughlin et al. 2002). Este processo será particularmente notado quando a população estiver isolada devido à perda de *habitat*.
- (c) **Já foram observadas mudanças na fenologia, tais como a data de brotação de vegetais, eclosão, e migração de insetos, aves e mamíferos, e a expectativa é de que continuem.** Isto pode ser benéfico ou prejudicial: por exemplo, as mudanças na fenologia de plantas podem conduzir a altas produtividades, mas podem tornar os vegetais mais vulneráveis ao início antecipado ou tardio de geadas e surtos de pestes/doenças. Poderá haver interação adicional entre a fenologia e mudanças em eventos climáticos extremos, por exemplo, a falta de geadas em algumas regiões poderá impedir o início da floração e, portanto, a formação de frutos (por exemplo, no sul da Austrália – Pittock et al. 2001).
- (d) **Ecossistemas dominados por espécies longevas (por exemplo, árvores longevas) freqüentemente levarão mais tempo para mostrar as evidências de mudanças,** bem como para se recuperarem de estresses relacionados ao clima, pois as mudanças no clima podem não ser suficientes para causar aumento de mortalidade entre indivíduos adultos. As mudanças no clima também afetam, freqüentemente, os estágios vulneráveis de vida, como o estabelecimento de mudas, e a expectativa é de que isto permaneça.
- (e) **A expectativa é de que as comunidades de vegetais se tornem desorganizadas,** pois as espécies que formam uma comunidade provavelmente não serão alteradas ao mesmo tempo. Em sistemas de lagos e rios, as mudanças na qualidade da água devido à alteração climática, poderão causar a eutroficação e, portanto, mudar a composição de espécies.
- (f) **Grande parte da biota do solo tem temperatura favorável relativamente ampla, portanto, é improvável que seja diretamente afetada pelas mudanças nas temperaturas. Porém há falta de informação sobre o efeito das mudanças na umidade do solo.** Há evidências que apóiam as mudanças no equilíbrio entre tipos funcionais de solo (ver Seção 2.3 para discussão sobre tipos funcionais).
- (g) **Em áreas alagadas continentais, mudanças nos padrões de precipitação e inundação através de grandes áreas de terras áridas, afetarão adversamente espécies de aves** que dependem de uma rede de áreas alagadas e lagos, que são alternadamente, ou mesmo periodicamente, úmidas e doces e secas e salinas (Roshier et al. 2001). Ou mesmo de um pequeno número de áreas alagadas, como aquelas usadas

pela ave *Cladorhynchus leucocephalus*, que se reproduz, de maneira oportunista, no árido interior da Austrália (Williams, 1998). Respostas a estas mudanças induzidas pelo clima podem ser afetadas também pela fragmentação de *habitats* ou pela desorganização ou perda de corredores de migração, ou mesmo pelas mudanças em outra biota, como a maior exposição de aves pernaltas a predadores (Butler e Vennesland 2000, van Dam et al. 2002).

- (h) **A falta de refúgios termais e de rotas migratórias em lagos, riachos e rios podem causar a diminuição na distribuição de muitas espécies de peixes.** Por exemplo, a temperatura mais quente da água dos lagos reduzirá a concentração dissolvida de oxigênio e diminuirá o nível de termoclina, resultando muito provavelmente em perda de *habitat* para espécies de peixes de água fria, em áreas como em Wisconsin e Minnesota (oeste dos Grandes Lagos). Além disso, a redução dos fluxos de verão e o aumento das temperaturas causarão a perda de *habitats* adequados para espécies de peixes de água fria, em ambientes ribeirinhos na região das Montanhas Rochosas (British Columbia, oeste do Canadá; Gitay et al. 2001).
- (i) **As projeções indicam que espécies e ecossistemas sofrerão impactos dos eventos climáticos extremos.** Por exemplo, projeta-se que temperaturas máximas mais altas, mais dias quentes e ondas de calor aumentarão o estresse de calor em plantas e animais, e reduzirão a produtividade dos vegetais; temperaturas mínimas mais altas, menos dias frios, dias gelados e ondas de frio, poderão resultar na ampliação de distribuição e de atividade de alguns vetores de pestes e doenças, no aumento da produtividade de algumas espécies de vegetais e de ecossistemas; projeta-se que eventos mais intensos de precipitação resultarão em maior erosão do solo e mais escoamento por inundação; projeta-se que, em interiores continentais de média latitude, o aumento da seca no verão e seus riscos associados, resultará no decréscimo da produtividade de vegetais, no aumento do risco de queimadas e em surtos de pestes e doenças; o aumento da variabilidade de precipitação das monções de verão na Ásia e o aumento da intensidade das tempestades de latitude média podem conduzir ao aumento da frequência e da intensidade de inundações e danos em áreas costeiras.
- (j) **O impacto geral da mudança climática fará com que os *habitats* de muitas espécies se desloquem em direção aos pólos ou mais acima** de seus locais atuais, sendo que as mudanças mais rápidas ocorrerão onde elas são aceleradas pelas alterações nos padrões de perturbações naturais ou antrópicas. Espécies daninhas (ou seja, aquelas que são altamente móveis e podem se estabelecer rapidamente) e espécies invasoras terão vantagens sobre as outras.
- (k) **Processos de seca e desertificação resultarão no deslocamento de *habitats* de muitas espécies, a partir de seus locais atuais, em direção a áreas de maior precipitação.**
- (l) **As zonas climáticas, adequadas para espécies vegetais temperadas e boreais, podem ser deslocadas em até 200-1200km em direção aos pólos** (comparada à distribuição da década de 1990), até o ano 2100. A composição de espécies de florestas provavelmente mudará, e novos grupos de espécies poderão substituir atuais tipos de florestas. Estas novas formações podem apresentar menor diversidade de espé-

cies devido à inabilidade de algumas delas de migrarem rápido o bastante, e devido à fragmentação de *habitat*. O aumento da frequência e intensidade de queimadas e mudanças causadas pelo degelo também afetará alguns destes ecossistemas.

- (m) **Em lagos e riachos, os efeitos de mudanças relativas à temperatura serão menores nos trópicos, moderados em latitudes médias e pronunciados em latitudes altas**, para onde há projeções de grandes mudanças em temperatura. O aumento das temperaturas irá alterar os ciclos termais de lagos e a solubilidade de oxigênio e outros materiais e, portanto, afetará a estrutura e função desses ecossistemas. Mudanças na frequência e intensidade de precipitação, combinadas à mudança do uso do solo em áreas de bacias hidrográficas, resultou em maior erosão do solo e assoreamento dos rios. Estes, associados ao aumento do uso de adubo, de fertilizantes químicos, de pesticidas e herbicidas, bem como a deposição atmosférica de nitrogênio, afetaram a química dos rios e resultou na eutroficação, com importantes implicações na qualidade da água, composição de espécies, e sobre a pesca. Projeta-se que a extensão e duração da cobertura de gelo diminuirão em alguns lagos de alta latitude e, portanto, a biodiversidade poderá ser afetada pela redução da cobertura sazonal estacional de gelo (Christensen e Christensen 2003).
- (n) **A mudança climática terá efeitos mais pronunciados sobre áreas alagadas devido a alteração do regime hidrológico, pois a maioria dos processos em áreas alagadas** continentais é intrinsecamente dependente de áreas de captação hídricas (bacias hidrográficas) ou águas costeiras. As projeções indicam que isto afetará a biodiversidade e a fenologia de espécies de áreas alagadas (van Dam et al. 2002).
- (o) **A degradação do solo origina-se tanto de atividades humanas quanto de condições adversas de clima, mas sua atribuição quantitativa exata é difícil e controversa.** Fatores relacionados ao clima, como o aumento da seca, poderão resultar no aumento do risco de degradação e desertificação do solo (Bullock et al. 1996, Le Houerou 2002, Nicholson 2001).
- (p) **As perturbações podem tanto aumentar a taxa de perda de espécies quanto criar oportunidades para o estabelecimento de novas espécies (inclusive espécies exóticas).** Mudanças na frequência, intensidade, extensão e localização de perturbações, tais como queimadas, surtos de pestes e doenças, afetarão quando e como os ecossistemas existentes se reorganizarão, e o ritmo no qual serão substituídos por novas formações de vegetais e animais (ver Seção 2.2.1).
- (q) **O efeito das interações entre mudança climática e mudanças nos regimes de perturbações e seus efeitos sobre interações bióticas podem levar a mudanças rápidas na composição e estrutura da vegetação.** Entretanto, a extensão quantitativa dessas mudanças é difícil de ser projetada, devido à complexidade das interações.

3.4.2 Projeções de mudanças na biodiversidade e na produtividade

O IPCC 2002 (Seção 6.2.2) relatou que mudanças na biodiversidade e mudanças no funcionamento de ecossistemas, associadas àquelas, podem afetar a produtividade biológica. Estas mudanças podem afetar bens e serviços essenciais (ver Capítulo 2) e o total

de seqüestro de carbono em ecossistemas oceânicos e terrestres, o que poderá afetar o ciclo global de carbono e a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. A produtividade pode ser medida como Produtividade Primária Líquida (PPL), Produtividade Líquida do Ecossistema (PLE) ou Produtividade Líquida do Bioma (PLB – ver quadro 4 do IPCC 2002).

3.4.2.1 Efeitos das concentrações elevadas de CO₂ atmosférico sobre a vegetação

A mudança de clima pode tanto aumentar quanto reduzir os efeitos diretos de CO₂ sobre a produtividade, dependendo do tipo de vegetação, da região e do cenário de mudança de clima. Na maioria dos sistemas de vegetação, o aumento das concentrações de CO₂ aumentaria a produtividade líquida primária (freqüentemente referida como efeito de fertilização do CO₂) e as produtividades líquidas ecossistêmicas, causando, com o passar do tempo, o acúmulo de carbono na vegetação e nos solos; isto supondo-se que o aumento de temperatura seja de 2-3° C e que a limitação de umidade seja pequena ou inexistente (Gitay et al. 2001).

A avaliação do IPCC revelou que durante o século XIX, e grande parte do século XX, a biosfera global terrestre foi uma fonte de CO₂ atmosférico. Porém, antes do final do século XX tornou-se um sumidouro devido a uma combinação de fatores como, por exemplo, mudanças no uso do solo e nas práticas de manejo do solo (por exemplo, reflorestamento e revegetação de áreas abandonadas), aumento da deposição antrópica de nitrogênio, aumento das concentrações de CO₂ na atmosfera e possível aquecimento do clima (IPCC 2001, SYR, Questão 2, IPCC 2001, Seção 6.2.2 – ver também Capítulo 4). Durante as últimas décadas, a amplitude dos extremos do ciclo sazonal das concentrações de CO₂ atmosférico aumentou, e a fase avançou nas estações norte do 55°N de observação de CO₂ no Ártico e Subártico. Esta mudança na dinâmica do carbono na atmosfera provavelmente reflete alguma combinação no aumento de absorção durante a primeira metade da estação de crescimento, o que poderia explicar o aumento observado na biomassa de alguns arbustos, aumento do efluxo de inverno e aumento da sazonalidade da troca de carbono associada a perturbações. Esta abordagem “inversa” concluiu, de modo geral, que as latitudes médias do norte foram um sumidouro primário de carbono durante a década de 1980 e início da década de 1990. Nas latitudes altas do norte, estes modelos proporcionam uma variedade mais ampla de estimativas, e algumas análises apontam uma estimativa de fonte e outras uma estimativa de sumidouro.

Os experimentos de enriquecimento de CO₂ ao ar livre (*Forest Absorbing Carbon Emissions* (FACE) - Emissões de Carbono Absorvidas pela Floresta) sugerem que as taxas de crescimento de árvores, o incremento da literia e de raízes finas, e a produção líquida primária total em sistemas florestais podem aumentar. Projeta-se a saturação destes efeitos porque parcelas de florestas tendem a alcançar sua capacidade máxima de suporte, e as plantas podem se aclimatar aos níveis elevados de CO₂.

Experimentos de longo prazo com espécies de árvores produzidas sob níveis elevados de CO₂, em espaços abertos e sob condições de campo em várias estações de cresci-

mento, mostram uma estimulação da fotossíntese contínua e consistente, pouca evidência de perda de sensibilidade ao CO₂ no longo prazo, efeito relativo sobre a massa seca acima do solo altamente variável e maior do que indicado pelos estudos com mudas de árvores, e aumento anual na massa de madeira por unidade de área foliar. Estes resultados contradizem alguns resultados dos experimentos FACE.

Em escala global, os modelos terrestres projetam que a mudança climática reduziria a taxa de absorção de carbono por ecossistemas terrestres; eles continuariam sendo sumidouros primários de carbono, porém diminuindo até 2100 (IPCC, 2001, Questão 3).

A interação entre as concentrações atmosféricas de CO₂, a temperatura e a umidade do ar é particularmente notável no contexto de interações planta-planta (inclusive alterações na competitividade de alguns grupos de plantas, por exemplo, espécies C₃ e C₄ e lianas). Projeta-se que a fotossíntese em plantas C₃ responda mais fortemente ao enriquecimento de CO₂ do que em plantas C₄. Se este for o caso, provavelmente resultará em aumento na distribuição geográfica de C₃ (muitas das quais são plantas lenhosas) à custa de gramíneas C₄. Entretanto, os impactos não são assim tão simples. Em experimentos com vasos, verificou-se que o CO₂ elevado melhora as relações com a água e aumenta a produtividade da pequena gramínea C₄ *Bouteloua gracilis*. Em estudos experimentais e de modelagem, a PPL de gramíneas C₃ e C₄ aumentou sob CO₂ elevado para uma variedade de temperaturas e precipitação, mas essas condições poderiam resultar em mudanças relativamente pequenas em suas distribuições geográficas. Há interações adicionais com as características do solo e fatores climáticos. O ritmo e duração de cada mudança provavelmente serão afetados pelas atividades humanas, onde as altas pressões de pastoreio podem significar mais locais de estabelecimento para as gramíneas C₄ (Gitay et al. 2001). Phillips et al. 2002 relataram aumento na competitividade e dominância de lianas na Amazônia brasileira sob situações de maiores níveis de CO₂. Poderá haver uma degradação resultante da estrutura florestal com a diminuição de árvores por meio do aumento da biomassa de lianas.

3.4.2.2 Resumo dos resultados das projeções de mudanças na biodiversidade e mudanças na produtividade

Os principais resultados do IPCC (2002 – Seção 6.2.2) são:

- (a) **Onde houver a desorganização significativa de ecossistema (por exemplo, perda de espécies dominantes ou grandes perdas de número de espécies), poderá haver perdas na PLE durante a transição.**
- (b) **O papel da biodiversidade na manutenção da estrutura, funcionamento e produtividade de ecossistemas ainda é pouco compreendido (ver também Seção 2.3).**

3.5 PROJEÇÃO DE IMPACTOS SOBRE A BIODIVERSIDADE DE ECOSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS

A mudança climática irá afetar as características físicas, biológicas e biogeoquímicas de oceanos e suas áreas costeiras em diferentes escalas de tempo e espaço, modificando as

estruturas e funcionamentos de seus ecossistemas. Isto, por sua vez, poderá realimentar a mudança do clima (IPCC, 2002 Seção 6.3).

As populações humanas, dependentes de sistemas costeiros e de recifes, enfrentam perdas de biodiversidade marinha, pescas e proteção da orla marítima. Mesmo aqueles recifes que tenham proteção legal bem regulamentada, como santuários marinhos ou aqueles manejados para uso sustentável, estão ameaçados pela mudança climática global e, portanto, haveria repercussões para as populações humanas que dependem deles para vários bens e serviços (Reaser et al. 2000). Áreas alagadas, recifes, atóis, manguezais e aquelas áreas alagadas em pradarias, florestas tropicais e boreais e em ecossistemas polares e alpinos, estão entre os sistemas naturais considerados especialmente vulneráveis à mudança de clima, devido a suas capacidades limitadas de adaptação e, provavelmente, sofrerão mudanças significativas e irreversíveis (IPCC, 2001 – WG2 SPM).

Outras áreas alagadas que podem sofrer impactos da mudança de clima são aquelas em regiões que experimentam fenômenos do tipo El Niño (para os quais as projeções indicam um aumento) e/ou áreas que estão localizadas no interior de continentes e, portanto, provavelmente experimentarão mudanças na captação hidrológica (van Dam, et al. 2002).

3.5.1 Projeções de impactos sobre ecossistemas em regiões costeiras

Alguns dos resultados do IPCC (2002 – Seção 6.3.1), complementados por materiais recentes, incluem:

- a) **Os recifes de corais sofrerão impactos deletérios, caso as temperaturas da superfície do mar aumentem mais de 1° C acima da temperatura máxima sazonal.** Além disso, um aumento na concentração de CO₂ atmosférico e, portanto, no aumento de CO₂ oceânico, afeta a habilidade de plantas e animais dos recifes de formarem esqueletos de calcário (calcificação de recifes); a duplicação das concentrações de CO₂ atmosférico poderá reduzir a calcificação de recifes, bem como a habilidade de crescimento vertical dos corais para manter o ritmo da elevação do nível do mar (ver também Seção 3.7).
- (b) **Em sistemas marinhos e costeiros próximos à orla, muitas áreas alagadas podem ser indiretamente impactadas como resultado da mudança climática, devido a mudanças no empilhamento da superfície da água provocando uma elevação do nível do mar.** Como resultado, haverá intrusão de água salgada em sistemas de água doce. Isto poderá resultar no deslocamento, em larga escala, de populações em países que tenham baixos recifes de coral, onde as ressacas tropicais jogam poluem os suprimentos de água e áreas agrícolas com a água salgada (Wilkinson e Buddemeier 1994). Projeta-se que manguezais e lagoas costeiras sofrerão rápidas mudanças, e mesmo perdas, pois a relocação poderá ser impedida por fatores físicos, inclusive pela infra-estrutura e características físicas geográficas (van Dam et al. 2002). Alguns exemplos incluem os sistemas costeiros dos Estados Unidos da América do Norte, onde as crescentes taxas da elevação do nível do mar e intensidade e frequência de tempestades costeiras e furacões nas próximas décadas,

irá aumentar as ameaças aos desenvolvimentos na orla marítima, áreas alagadas e costeiras (Scavia et al. 2002, Burkett e Kusler 2000).

- (c) **Elevação do nível do mar e mudanças em outros fatores climáticos (por exemplo, chuvas de monções mais intensas, ondas mais altas ou ressacas) podem afetar uma gama de áreas alagadas continentais em regiões mais baixas.** Por exemplo, em regiões tropicais, várzeas inundáveis e pântanos associados podem ser deslocados por *habitats* de água salgada, devido à ação combinada da elevação do nível do mar, chuvas de monções mais intensas, e ondas maiores ou ressacas. Tais mudanças provavelmente resultarão no deslocamento ou até mesmo desalojamento de muitas espécies de áreas alagadas, plantas e animais. Plantas, quelônios, alguns sapos e cobras, uma gama de espécies de invertebrados, populações de aves e peixes e espécies não tolerantes ao aumento da salinidade ou de inundações, têm sido e podem continuar sendo eliminadas ou restritas em sua distribuição, enquanto espécies de manguezais tolerantes ao sal podem se expandir a partir de *habitats* costeiros próximos.
- (d) **A combinação de pressões da elevação do nível do mar e de desenvolvimento urbano costeiro (resultando no estreitamento da costa), poderá reduzir a disponibilidade de zonas entre marés,** resultando na perda deste *habitat* provedor de alimentos, e levando ao declínio da população de aves limícolas durante o inverno (Lindström e Agrell 1999). Para muitas espécies de pássaros que migram entre a África e o Ártico, as áreas de inverno na África e as áreas de reprodução no Ártico serão ameaçadas pela elevação do nível do mar, especialmente devido à perda de alagadiços (Bayliss et al. 1997, Lindström e Agrell 1999, van Dam et al. 2002). Animais migratórios e residentes, tais como aves e peixes, podem perder importantes áreas de concentração, alimentação e procriação (Bayliss et al. 1997, Eliot et al. 1999, Finlayson et al. 1993, Lal et al. 2001, Li et al. 1999, van Dam et al. 2002).
- (e) **Projeta-se que as praias e barreiras, atualmente em erosão, sofrerão erosão adicional na medida em que ocorram mudanças no clima e elevação da superfície do mar.**
- (f) **Globalmente, cerca de 20% das áreas alagadas costeiras podem ser perdidas até o ano 2080,** devido à elevação do nível do mar, com variações regionais significativas.
- (g) **O impacto da elevação do nível do mar sobre ecossistemas costeiros (por exemplo, manguezais, pântanos e algas marinhas sésseis), variará regionalmente** e dependerá das interações entre os processos de erosão, decorrentes de processos de deposição do mar resultantes da elevação do nível da terra e do mar. A habilidade dos recifes costeiros e de barreira, para reduzir os impactos de tempestades e suprir sedimentos, pode ser diversamente afetada pela elevação do nível do mar.

3.5.2 Impactos projetados sobre ecossistemas marinhos

Os ecossistemas marinhos incluem vários mares e oceanos funcionalmente diferentes. As mudanças nas características físicas e químicas dos oceanos e mares (por exemplo, padrões de correntes ou circulação, disponibilidade de nutrientes, pH, salinidade e temperatura das águas dos oceanos) afetarão os ecossistemas marinhos. Os impactos da

mudança de clima sobre os ecossistemas marinhos incluem alterações na distribuição geográfica da biota, induzidas pela temperatura da superfície do mar, e mudanças na composição da biodiversidade, especialmente em altas latitudes. A literatura sobre esta área não é tão extensa quanto aquela sobre ecossistemas terrestres e costeiros. Além disso, o conhecimento atual sobre os impactos de mudanças potenciais sobre ecossistemas inteiros, devido à mudança de clima, ainda é bastante limitado.

Cenários atuais de mudança climática global incluem projeções no aumento de ressurgência, com o conseqüente resfriamento da temperatura, e de zonas subtropicais de ressurgência. As evidências ecológicas, apesar de limitadas, sugerem que tal resfriamento poderá romper os relacionamentos tróficos e favorecer estruturas comunitárias inversas naquelas áreas localizadas (Aronson e Blake 2001, Barret 2003).

A resposta da produtividade marinha à mudança de clima, usando dois sistemas biogeoquímicos oceânicos diferentes e dois modelos acoplados diferentes de circulação geral atmosfera-oceano (GCM), sugere uma redução na produção marinha de exportação (- 6%); no entanto, as mudanças regionais poderão ser negativas e positivas (de -15% em média na zona dos trópicos à + 10% no Oceano Sul; Bopp et al. 2001).

Os principais resultados do IPCC (2002, Seção 6.3.2), complementados pela literatura recente, incluem:

- (a) **A distribuição média de plâncton e a produtividade marinha dos oceanos poderão variar, em muitas regiões, durante o século XXI**, e as projeções indicam mudanças na temperatura da superfície do mar, velocidade do vento, suprimento de nutrientes e luz solar.
- (b) **A mudança de clima terá impactos tanto positivos quanto negativos sobre a abundância e distribuição da biota marinha.** Descobertas recentes mostram que o aquecimento irá causar uma alteração nos limites norte de distribuição do bacalhau (*Gadus morhua*) e do peixe-carneiro europeu (*Zoarces viviparus*) com um aumento no desempenho de crescimento e fecundidade, maiores do que o esperado na região norte, e menor crescimento ou mesmo extinção das espécies no sul. Esta alteração pode afetar bastante as atividades de pesca no Mar do Norte (Portner et al. 2001).
- (c) **A produtividade de espécies de peixes comercialmente importantes poderá ser afetada.** Há ligações bem claras entre a intensidade e posição do sistema Aleutiano de Baixa Pressão no Oceano Pacífico e a tendência de produção de várias espécies de peixes comercialmente importantes (ver também Napp e Hunt 2001).
- (d) **Há probabilidade de haver uma alteração na produção marinha em direção ao pólo** devido principalmente a um prolongamento da estação de crescimento em altas latitudes. Em latitudes baixas, poderá prevalecer o efeito da ressurgência reduzida. Projeta-se que o aquecimento dos oceanos causará alterações polares nas distribuições de muitos organismos, inclusive espécies comerciais, e estas alterações podem ter efeitos secundários sobre seus predadores e presas (Bopp et al. 2001).
- (e) **A mudança climática poderá afetar cadeias alimentares, particularmente** aquelas que incluem mamíferos marinhos. A redução das geleiras marinhas no Ártico e na

Antártica poderá alterar a distribuição sazonal, distribuições geográficas, padrões de migração, condições nutricionais, reprodução bem-sucedida e, finalmente, a abundância de mamíferos marinhos.

3.6 PROJEÇÕES DE IMPACTOS SOBRE POVOS TRADICIONAIS E INDÍGENAS

Povos tradicionais¹⁸ e indígenas dependem diretamente de recursos diversos de ecossistemas e da biodiversidade para muitos bens e serviços (por exemplo, alimentos e remédios das florestas, de áreas alagadas costeiras e de áreas de pastagens - ver também Capítulo 2). Estes ecossistemas já estão sob pressão decorrentes de muitas atividades humanas atuais, e projeta-se que serão afetados adversamente pela mudança de clima (IPCC 2002 – Seção 6.6). Os principais resultados do IPCC (2002 – Seção 6.6, Quadro 5-12), complementados com materiais adicionais, incluem:

- (a) **Provavelmente, os efeitos da mudança climática sobre os povos indígenas e populações locais serão sentidos antes dos impactos gerais.** A subsistência de povos indígenas será adversamente afetada, caso as mudanças de clima e de uso do solo resultem em perdas de biodiversidade - especialmente de mamíferos, pássaros, plantas medicinais, e plantas ou animais que tenham distribuição restrita (mas que são importantes em termos de alimento, fibra ou que tenham outros usos para estes povos) - e perdas de ecossistemas terrestres, costeiros e marinhos dos quais estes povos dependem. Em alguns ecossistemas terrestres, as opções de adaptação - tais como, irrigação eficiente de pequena escala ou de hortas, aproveitamento mais efetivo da água da chuva para a agricultura, mudanças nos padrões de cultura, cultivos consorciados e/ou uso de cultivos que demandem menores quantidades de água, plantio convencional e de corte de árvores para lenha - podem reduzir alguns dos impactos e reduzir a degradação do solo (ver também Seção 4.10).
- (b) **A mudança climática afetará práticas tradicionais de povos indígenas no Ártico,** particularmente a pesca, a caça e a criação de renas. O interesse existente entre grupos indígenas, no que diz respeito ao conjunto de conhecimentos tradicionais, e as observações destes grupos sobre a mudança de clima e os impactos desta mudança sobre suas comunidades, podem proporcionar futuras opções de adaptação.
- (c) **A elevação do nível do mar e a mudança de clima podem afetar locais de práticas culturais e espirituais.** Alterações na ocorrência de eventos críticos ou na distribuição de espécies silvestres devido à mudança de clima podem causar impactos na vida cultural e religiosa de alguns povos indígenas. A elevação do nível do mar e a mudança de clima, somadas a outras mudanças ambientais, afetarão alguns, mas nem todos, sítios culturais e espirituais únicos em áreas costeiras e, conseqüentemente, as pessoas que neles residem.

¹⁸ Segundo o IPCC (2002) “Povos Tradicionais” se refere aqui a populações locais com estilos de vida tradicionais e que são, freqüentemente, rurais. Os povos tradicionais podem, ou não, ser nativos do local.

-
- (d) **As projeções dos impactos da mudança de clima sobre a biodiversidade, no nível de ecossistemas e espécies, inclusive vetores de doenças, podem causar impacto sobre a saúde humana.** Muitas populações indígenas e locais vivem em condições rurais isoladas e têm maiores probabilidades de ficarem expostas a vetores de doenças transmitidas pela água, e a extremos climáticos e, conseqüentemente, seriam adversamente afetados pela mudança de clima. A perda de alimentos básicos e espécies medicinais podem resultar em impacto indireto, e pode significar ainda a perda potencial de futuras descobertas de produtos farmacológicos e fontes de alimento, fibras e plantas medicinais para estes povos (Gitay et al. 2001, McMichael et al. 1996, 2001).
- (e) **Poderá haver perdas de fontes de alimento e de renda de setores-chave, tais como turismo e pesca.** Conforme resumo na Seção 3.5.1, os recifes de coral serão negativamente afetados pelo branqueamento. A pesca, apesar de ser quase toda artesanal ou comercial de pequena escala, é uma atividade importante na maioria das ilhas pequenas, e contribui significativamente para a ingestão de proteínas dos habitantes insulares e poderá, portanto, conduzir à perda de fonte alimentar e de renda.
- (f) **Em áreas montanhosas, mudanças na produção alimentar e nos fluxos de água poderão afetar os povos indígenas e as populações locais daquelas áreas.** Para os povos indígenas e populações locais que vivem em regiões montanhosas, as projeções são que os impactos da mudança climática resultarão na alteração da produção alimentar, já marginal, em mudanças na sazonalidade do fluxo da água e, portanto, nos *habitats* de muitas espécies das quais estes povos dependem.
- (g) **A potencial expansão de monoculturas de árvores, a serem usadas como “sumidouro de carbono”, pode competir com práticas tradicionais de uso do solo,** utilizadas pelas comunidades locais e povos indígenas como, por exemplo, na África do Sul (ver também Capítulo 4). Entretanto, o envolvimento e o conhecimento da comunidade poderão ajudar a conduzir a situações onde todos se beneficiem.

3.7 POPULAÇÕES, ESPÉCIES E ECOSISTEMAS VULNERÁVEIS À MUDANÇA DE CLIMÁTICA

Muitas espécies da Terra já estão em risco de extinção devido a pressões decorrentes de processos naturais e de atividades humanas. A mudança climática aumentará estas pressões para muitas espécies ameaçadas e vulneráveis. A mudança de clima poderá aliviar um pouco as pressões existentes sobre algumas poucas espécies (IPCC 2002 – Seção 6.4). Projeta-se uma variação regional dos impactos da mudança de climática sobre a biodiversidade, devido às múltiplas interações entre os vetores de perda de biodiversidade. Os principais resultados do IPCC (2002) são:

- (a) **Espécies com distribuições limitadas pelo clima e/ou exigências restritas de *habitats* são, tipicamente, as mais vulneráveis à extinção.** Isto inclui espécies em áreas montanhosas (pois não podem se deslocar para lugares mais altos), e aquelas espécies restritas a ilhas ou penínsulas (por exemplo, o *Cape Floral Kingdom*, que

inclui a região de arbustos finos regionais (fynbos) no extremo sul da África do Sul). Adicionalmente, a biota com características fisiológicas e fenológicas particulares (por exemplo, a biota cuja determinação do sexo depende da temperatura, como as tartarugas marinhas e crocodilos, e anfíbios com peles e ovos permeáveis) podem ser especialmente vulneráveis. A disponibilidade de *habitat* aumentará para algumas espécies ameaçadas (por exemplo, projeta-se que os peixes de água morna se beneficiarão em lagos rasos de regiões temperadas frias), reduzindo, possivelmente, a sua vulnerabilidade.

- (b) **O risco de extinção aumentará para muitas espécies, especialmente aquelas que já estão em risco** devido a fatores tais como: populações reduzidas, *habitats* restritos ou fragmentados, variações climáticas limitadas, ou ocorrências em ilhas de baixa altitude ou, ainda, próximas ao topo de montanhas.
- (c) **Ecosistemas geograficamente restritos, especialmente em regiões onde há outras pressões derivadas de atividades humanas, são potencialmente vulneráveis à mudança climática.** Exemplos de ecossistemas geograficamente restritos e vulneráveis incluem recifes de coral, florestas de manguezais e outras áreas alagadas costeiras, ecossistemas de montanhas altas (de 2.000 a 3.000m), pradarias alagadas, remanescentes de pastagens nativas, ecossistemas sobre solos permanentemente gelados e ecossistemas que margeiam os glaciais.
- (d) **Muitos importantes sistemas de reservas podem precisar ter suas áreas expandidas ou conectadas a outras reservas, mas para alguns isso não mais será possível pela falta de espaço.**

3.8 IMPACTOS DE MUDANÇAS NA BIODIVERSIDADE TERRESTRE E MARINHA SOBRE O CLIMA REGIONAL E GLOBAL

Mudanças na biodiversidade genética ou de espécies podem resultar em mudanças na estrutura e no funcionamento de ecossistemas e em suas interações com a água, carbono, nitrogênio e outros ciclos biogeoquímicos importantes e, portanto, podem afetar o clima. Mudanças na diversidade em escalas de ecossistema e de paisagem, em resposta à mudança de clima e outras pressões, podem afetar adicionalmente o clima regional e global. As mudanças no fluxo de gases-traço são mais prováveis de exercer seus efeitos em escala global, devido à rápida mistura de gases de efeito estufa na atmosfera, enquanto a retroalimentação do clima, decorrente de mudanças na troca de água e energia, ocorrem no nível local e regional (IPCC 2002 – Seção 6.5). Os resultados do IPCC (2002 - Seção 6.5) são:

As mudanças na composição de uma comunidade e na distribuição de um ecossistema, devido à mudança de clima e a perturbações humanas, podem resultar em retroalimentações que afetarão o clima regional e global. Por exemplo, em regiões de altas latitudes, as mudanças na composição de uma comunidade e na cobertura do solo, associadas ao aquecimento, provavelmente alterarão *feedbacks* de clima. Caso o aquecimento regional da superfície nas tundras tenha continuidade, é provável que as redu-

ções no albedo aumentem a absorção de energia durante o inverno, agindo como um *feedback* positivo ao aquecimento regional, devido ao degelo antecipado da neve e, no longo prazo, devido ao movimento em direção ao pólo, aumentem o limite climático para o crescimento de árvores. O ressecamento da superfície e a mudança na dominância de musgos para plantas vasculares, também aumentariam o fluxo sensível de calor e o aquecimento regional na tundra, durante a estação de crescimento ativo. Entretanto, queimadas em florestas boreais podem promover o resfriamento, porque ecossistemas herbáceos e de florestas decíduas pós-queimada, têm maior albedo e menor fluxo de sensibilidade ao calor do que a vegetação sucessional anterior pré-queimada. As áreas alagadas do norte contribuem de 5 a 10% para as emissões globais de CH₄ na atmosfera. Na medida em que ocorrem mudanças na temperatura, hidrologia e composição de comunidades e no derretimento da camada gelo em solos permanentemente congelados, há potencial para liberar grandes quantidades de gases de efeito estufa das áreas alagadas do norte, o que pode proporcionar uma retroalimentação positiva adicional ao aquecimento do clima.

- (a) **Atividades humanas que resultaram na remoção de longo prazo e na perda de vegetação lenhosa contribuíram e continuam contribuindo significativamente para os gases de efeito estufa na atmosfera.** Em muitos casos, a perda da diversidade de espécies associada à remoção de florestas, resulta em uma longa transição de uma floresta para áreas de savanas com diversidade relativamente baixa, e mantidas por meio de queimadas e/ou pastagens, com menor conteúdo de carbono do que as florestas originais. As atividades de desmatamento e a remoção de vegetação em geral, contribuíram com cerca de 1/5 das emissões de gases de efeito estufa (1.7 ± 0.8 GtC yr⁻¹) durante a década de 1990, sendo que em sua maioria oriundas de desmatamentos de regiões tropicais. Um total de 136 ± 55 GtC foi liberado na atmosfera devido à remoção da vegetação, desde 1850.
- (b) **Mudanças nas características da superfície do solo – tais como aquelas criadas pela mudança na cobertura do solo – podem modificar os fluxos de energia, de água e de gás, podem afetar a composição atmosférica gerando mudanças no clima local, regional e global.** A evapotranspiração e o albedo afetam o ciclo hidrológico local e, portanto, uma redução na cobertura de vegetação pode conduzir à redução da precipitação em escala local e regional, e mudar a frequência e a persistência de secas. Por exemplo, na bacia Amazônica pelo menos 50% da precipitação origina-se da evapotranspiração dentro da bacia. O desmatamento reduz a evapotranspiração, o que pode reduzir a precipitação em até 20%, produzir um período sazonal seco e aumentar as temperaturas superficiais locais em até 2°C. Por sua vez, isto poderá resultar no declínio da área de florestas tropicais úmidas e sua reposição permanente por florestas decíduas secas menos diversas, ou por florestas tropicais secas ou matas.
- (c) **Ecossistemas marinhos podem ser afetados por fatores relacionados ao clima, e estas mudanças, por sua vez, podem agir como retroalimentações adicionais sobre o sistema climático.** Algumas espécies de fitoplâncton causam a emissão de

dimetil-sulfido na atmosfera, o que está relacionado à formação de núcleos de nuvens de condensação. Mudanças na abundância ou na distribuição de tais espécies de fitoplâncton podem causar retroalimentações adicionais sobre a mudança de clima.

3.9 NECESSIDADES DE PESQUISA E LACUNAS DE INFORMAÇÃO

É necessária pesquisa adicional sobre os impactos presentes ou projetados das mudanças climáticas sobre solos e ecossistemas costeiros e marinhos. Há, também, algumas lacunas de informação que afetam a possibilidade de se fazer projeções confiáveis de impactos. As principais se relacionam ao desenvolvimento de dados e modelos para:

- (a) A distribuição geográfica de espécies terrestres, de água doce, de espécies costeiras e marinhas, especialmente aquelas fundamentadas em informações quantitativas e de alta resolução. Deve-se dar atenção especial aos invertebrados, às plantas inferiores (plantas não vasculares) e às espécies-chave em ecossistemas.
- (b) A inclusão de padrões humanos de uso do solo e da água, pois estes afetarão amplamente a habilidade dos organismos de responderem à mudança de clima por meio da migração, visando proporcionar uma projeção realista da condição futura dos ecossistemas da Terra.
- (c) Informações que permitam a compreensão dos impactos de mudança de clima comparados a pressões de outras atividades humanas.
- (d) Projeções sobre mudanças na biodiversidade em resposta à mudança de clima, especialmente no nível regional e local.
- (e) Avaliação de impactos e adaptações à mudança de clima no nível genético, de população e de ecossistema.

3.10 REFERÊNCIAS

Aronson, R.B. and Blake, D.B. (2001). Global climate change and the origin of modern benthic communities in Antarctica. *American Zoologist* 41: 27 – 39.

Barbraud, C. and H. Weimerskirch. (2001). Emperor penguins and climate change. *Nature* 411: 183-186.

Barret, P. (2003). Cooling a continent. *Nature* 421: 221-223.

Bayliss B, Brenman K, Elliot I, Finlayson M, Hall R, House T, Pidgeon B, Walden D and Waterman, P. (1997). Vulnerability Assessment of Predicted Climate Change and Sea Level Rise in the Alligator Rivers Region, Northern Territory Australia. Supervising Scientist Report 123, Supervising Scientist, Canberra, 134 pp.

Bopp, L., P. Monfray, O. Aumont, J.L. Dufresne, H. Le Treut, G. Madec, L. Terray, and J.C. Orr. (2001). Potential impact of climate change on marine export production. *Global Biogeochemical Cycles* 15: 81-99.

Bullock, P., Le Houeou, H., Hoffmann, M.T., Rouseville, M., Seghal, J. and Várallyay, G. (1996). Chapter 4. Land Degradation and Desertification. IN *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigations of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the International Panel on Climate Change.* Watson, R.T., Zinyowera, M.C. and Moss, R. H. (eds). pp.170-200. IPCC/Cambridge University Press

Burkett, V. and J. Kusler (2000). Climate change: Potential impacts and interactions in wetlands of the United States. *Journal of the American Water Resources Association* 36: 313-320.

Butler, R.W. and Vennesland R.G. (2000). Integrating climate change and predation risk with wading bird conservation research in North America. *Waterbirds* 23(3): 535-540.

Christensen J.H. and Christensen O.B. (2003). Climate Modelling: Severe summertime flooding in Europe. *Nature* 421: 805-806.

Eliot I., Waterman P. and Finlayson C.M. (1999). Monitoring and assessment of coastal change in Australia's wet-dry tropics. *Wetlands Ecology and Management* 7: 63-81.

Finlayson C.M., Volz, J. and Chuikow, Y. (1993). Ecological change in the wetlands of the Lower Volga, Russia. In ME Moser, RC Prentice and J van Vessem (eds) *Waterfowl and Wetland Conservation in the 1990s - A Global Perspective*, IWRB Special Publication No 26, Slimbridge, UK. pp 61-66.

Gitay, H., Brown, S., Easterling, W., Jallow, B. et al. (2001). Chapter 5. Ecosystems and Their Goods and Services. IN *Climate Change 2001: Impacts, Adaptations, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the International Panel on Climate Change*. McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. (eds). pp. 235-342. IPCC/Cambridge University Press.

IPCC. (2001). *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 398 pp.

IPCC. (2002). *Climate Change and Biodiversity. A Technical Paper of the IPCC*. Edited by Gitay, H., Suarez, A., Watson, R.T and Dokken, D. WMO/IPCC publication.

Lal M., Harasawa, H., Murdiyoso, D (2001). Chapter 11. Asia. In: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptations, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the International Panel on Climate Change*.

McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. (eds). pp 533-590. Cambridge University Press.

Le Houerou, H.N. (2002.) *Man-made deserts: Desertization processes and threats*. *Arid Land Research and Management* 16: 1-36.

Li, P., Jun Y, Lejun L and Mingzuo, F. (1999). Vulnerability assessment of the Yellow River Delta to predicted climate change and sea level rise. In *Vulnerability assessment of two major wetlands in the Asia-Pacific region to climate change and sea level rise*, eds RA van Dam, CM Finlayson and D Watkins. *Supervising Scientist Report 149*, Supervising Scientist, Darwin, Australia, pp. 7-73.

Lindström, A. and Agrell, J. (1999). Global changes and possible effects on the migration and reproduction of arctic-breeding waders. *Ecological Bulletins* 47: 145-159.

McLaughlin, J.F., J.J. Hellmann, C.L. Boggs, and P.R. Ehrlich. (2002). Climate change hastens population extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 6070-6074.

McMichael, A.J. M. Ando, R. Carcavallo, P. Epstein, A. Haines; G. Jendritzky, L. Kalkstein, R. Odongo, J. Patz, W. Piver, et al. (1996). Chapter 18. Human Population Health. IN *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigations of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the International Panel on Climate Change*. Watson, R.T., Zinyowera, M.C. and Moss, R.H. (eds). pp. 350-380. IPCC/Cambridge University Press.

McMichael, et al. Chapter 9: Human health. (2001). IN *Climate Change 2001: Impacts, Adaptations, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the International Panel on Climate Change*. McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. (eds). IPCC/Cambridge University Press

Napp, J.M. and G.L. Hunt (2001). Anomalous conditions in the south-eastern Bering Sea 1997: linkages among climate, weather, ocean, and Biology. *Fisheries Oceanography* 10: 61-68.

Nicholson, S.E. (2001.) *Climatic and environmental change in Africa during the last two centuries [Review]*. *Climate Research* 17: 123-144.

Parmesan, C. and Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37- 42.

-
- Phillips, O.L. et al. (2002). Increasing dominance of large lianas in Amazonian forests. *Nature* 418: 770–774.
- Pittock, B., Wratt, D. (with Basher, R., Bates, B., Finlayson, M., Gitay, H. and Woodward, A.). (2001). Chapter 12. Australia and New Zealand. In: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptations, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the International Panel on Climate Change*. McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. (eds). Pp. 591-640. Cambridge University Press.
- Portner, H.O., Berdal, R. Blust, O., Brix, A., Colosimo, B., De Wachter, A., Giuliani, T., Johansen, T., Fischer, R., Knust, G., Lannig, G., Naevdal, A., Nedenes, G., Nyhammer, F.J., Sartoris, I., Serendero, P., Sirabella, S., Thorkildsen, and M. Zakhartsev. (2001). Climate induced temperature effects on growth performance, fecundity and recruitment in marine fish: developing a hypothesis for cause and effect relationships in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common eelpout (*Zoarces viviparus*) [Review]. *Continental Shelf Research* 21: 1975-1997.
- Reaser, J.K., R. Pomerance, and P.O. Thomas. (2000). Coral bleaching and global climate change: Scientific findings and policy recommendations. *Conservation Biology* 14: 1500-1511.
- Root, T. L., J.T. Price, K.R. Hall, S.H. Schneider, C. Rosenzweig, and J. A. Pounds. (2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57 - 60.
- Roshier, D.A., P.H. Whetton, R.J. Allan, and A.I. Robertson (2001). Distribution and persistence of temporary wetland habitats in arid Australia in relation to climate. *Austral Ecology* 26: 371-384.
- Scavia, D., J.C. Field, D.F. Boesch, R.W. Buddemeier, V. Burkett, D.R. Cayan, M. Fogarty, M.A. Harwell, R.W. Howarth, C. Mason, D.J. Reed, T.C. Royer, A.H. Sallenger, and J.G. Titus. (2002). Climate change impacts on US coastal and marine ecosystems [Review]. *Estuaries* 25: 149-164.
- van Dam, R., Gitay, H. and Finlayson, M. (2002). *Climate Change and Wetlands: Impacts and Mitigation*. Ramsar Draft COP8 paper.
- Wilkinson, C.R. and Buddemeier, R.W. (1994). *Global Climate Change and Coral Reefs: Implications for People and Reefs*. Report of the UNEP-IOC-ASPEI-IUCN Global Task Team on Coral Reefs. IUCN, Gland Switzerland, pp.124
- Williams, W.D. (1998). Dryland wetlands. In: McComb, A.J. and Davis, J.A. (eds).
- Wetlands for the Future*. Gleneagles Publishing, Glen Osmond, Australia. pp 33-47.

4. OPCÕES DE MITIGAÇÃO E DE ADAPTAÇÃO À MUDANÇA CLIMÁTICA: CONEXÕES COM A BIODIVERSIDADE E IMPACTOS SOBRE A BIODIVERSIDADE

Autores principais: *Horst Korn, Phocus Ntayombya, Outi Berghäll, Janet Cotter, Robert Lamb, Gregory Ruark, Ian Thompson.*

Colaboradores: *Kathrin Ammerman, Asa Aradottir, Yasemin E. K. Biro, Peter Bridgewater, Vaclav Burianek, Samuel Dieme, David Coates, David Cooper, Claudio Forner, Andy Gillison, Manuel R. Guariguata, Hans Joosten, Patrick McCully, Beverly McIntyre, Ndegwa Ndiang'i, Bernd Neukirchen, Ian Noble, Angelika Thuille, Heikki Toivonen, Marjo Vierros.*

INTRODUÇÃO

Este capítulo tem a finalidade de rever as possíveis implicações das atividades de mitigação e de adaptação à mudança climática para a biodiversidade, e as abordagens para a integração das questões da biodiversidade nestas atividades, visando gerar resultados mutuamente benéficos ou, ao menos, para minimizar aqueles que são conflitantes. A primeira sessão descreve brevemente a atual condição do ciclo de carbono da Terra. A Seção 4.2 discute artigos e disposições da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima e seu Protocolo de Kyoto, pertinentes à presente avaliação. As questões da biodiversidade, pertinentes às ações de mitigação e de adaptação, são discutidas à luz da filosofia subjacente da Abordagem Ecosistêmica da Convenção sobre Diversidade Biológica (Seção 4.3). As Seções 4.4 até 4.8 seguem, de modo geral, as atividades do Protocolo de Kyoto (ou seja, uso do solo, mudança de uso do solo e silvicultura, e tecnologias energéticas de baixa ou nenhuma emissão de gás de efeito estufa). As opções de mitigação relacionadas ao manejo florestal e do solo têm recebido considerável consideração, pois suas relações com a biodiversidade são atualmente melhores compreendidas nestas situações. A Seção 4.9 discute algumas opções de mitigação que podem ser pertinentes às políticas nacionais de mudança climática e/ou de biodiversidade, apesar de não serem credenciadas pelo Protocolo de Kyoto (por exemplo, o sequestro de carbono em sistemas oceânicos, áreas alagadas e formações geológicas). As opções de mitigação voltadas para a redução de emissões oriundas da geração de energia são consideradas também, porque algumas delas podem causar impactos sobre a biodiversidade (Seção 4.10). O foco da discussão na Seção 4.11 é a identificação de questões fundamentais para a conservação de biodiversidade em atividades de adaptação, voltadas para ajudar na adaptação de ecossistemas às mudanças de clima (no entanto, deve-se notar que determinadas atividades podem ser consideradas tanto como opções de mitigação quanto como de adaptação).

4.1 O CICLO DO CARBONO

Quando uma floresta é plantada (ou quando é naturalmente jovem, como durante as primeiras sucessões secundárias), ela atua como um sumidouro de carbono, absorvendo o dióxido de carbono atmosférico e estocando-o na biomassa viva das plantas e em materiais que se acumulam sobre e no solo das florestas. Em florestas primárias (antigas), os estoques de carbono se mantêm praticamente constantes ou aumentam ao longo do tempo, e a floresta é chamada de um sumidouro de carbono, ao menos nos sistemas temperados e tropicais (Carey et al. 2001), podendo, no entanto, ser submetidas ao inverso, por exemplo, durante condições do tipo El Niño na Amazônia (Tian et al. 1998). Entretanto, quando uma floresta e produtos de madeira são queimados, muito do carbono armazenado é rapidamente convertido em dióxido de carbono e a floresta atua então como uma fonte de dióxido de carbono na atmosfera. A madeira explorada e estocada em produtos que não são queimados, funciona como um reservatório de carbono por muito tempo, dependendo do uso e nível de preservação.

As concentrações de dióxido de carbono na atmosfera têm uma oscilação histórica entre cerca de 180ppm (partes por milhão), durante períodos glaciais, e 280ppm durante períodos interglaciais. Entretanto, desde o início da revolução industrial, em meados do século XIX, as atividades humanas, principalmente por meio da queima de combustíveis fósseis e mudanças no uso do solo, têm perturbado e continuam a perturbar o ciclo de carbono, aumentando a concentração atmosférica de dióxido de carbono ao nível atual, cerca de 368ppm.

Enquanto a biosfera terrestre tem sido, historicamente (de 1800 até aproximadamente 1930) uma fonte líquida de carbono na atmosfera, nas últimas décadas tornou-se um sumidouro líquido. Desde 1930, tem havido uma absorção cada vez maior pela biosfera terrestre, com a absorção terrestre bruta excedendo as emissões oriundas das mudanças no uso do solo.

A Tabela 4.1 e a Figura 4.1 (ambas baseadas em Watson e Noble 2002), mostram que durante a década de 1990, a absorção líquida global de carbono pela biosfera terrestre foi aproximadamente 1.4 Gigatons (Gt) de C, por ano. Presumindo que as emissões de desmatamentos tropicais, na década de 1990, tenham sido aproximadamente 1.6 Gt C por ano (o mesmo que na década de 1980), então a absorção global bruta de carbono pela biosfera terrestre foi aproximadamente 3 Gt C por ano. A modelagem inversa sugere que cerca de metade da absorção global ocorre nos trópicos e a outra metade em latitudes média e alta do Hemisfério Norte; portanto, as emissões líquidas dos trópicos são próximas a zero, enquanto as emissões líquidas nas latitudes média e alta são aproximadamente 1.5 Gt C por ano. Considera-se que a principal causa da absorção atual - aproximadamente 1.5 Gt C, por ano, na América do Norte, Europa e Ásia - é a regeneração da vegetação resultante de práticas de manejo em áreas agrícolas abandonadas, nas quais a contribuição de dióxido de carbono, fertilização por nitrogênio e mudança de clima são possivelmente menores.

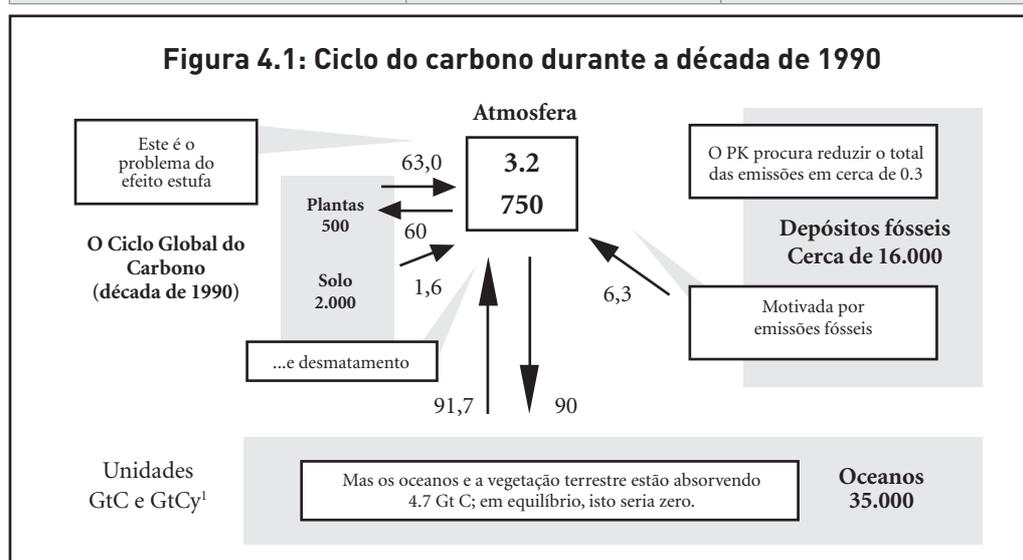
Uma importante característica do ciclo de carbono é a considerável variabilidade, ano a ano, no crescimento do dióxido de carbono atmosférico, com a taxa anual de

crescimento variando até ± 2 Gt C. Esta variabilidade é causada, principalmente, pelas mudanças na absorção e liberação de carbono na biosfera terrestre, com mudanças menores na absorção e liberação de dióxido de carbono nos oceanos. A causa mais provável da variabilidade temporal é resultante do efeito do clima sobre reservatórios de carbono com curtos períodos de vida, por meio de variações na fotossíntese, respiração e queimadas. A evidência sugere que variações na respiração, e não na fotossíntese, são as principais causas. Uma questão fundamental é: como medir a adequação conformidade com o Protocolo de Kyoto em relação a esta variabilidade histórica, ano a ano, de aproximadamente ± 2 Gt C em torno da média?

O Painel Intergovernamental sobre Mudança de Clima, fundamentado em futuras mudanças demográficas, econômicas, sociopolíticas, tecnológicas e de comportamentos plausíveis, e na ausência de ações internacionais coordenadas para proteger o sistema de clima por meio da redução da emissão de gases de efeito estufa, projetou que a concentração de dióxido de carbono atmosférico aumentaria do nível atual de aproximadamente 368ppm, para entre 540 e 970ppm, até o ano 2100, sem levar em consideração possíveis liberações adicionais da biosfera induzidas pelo clima, em um mundo mais quente.

Tabela 4.1: Fluxos estimados de carbono para dois períodos de tempo diferentes (em gigatons)

Tipo de fluxo	Década de 1980	Década de 1990
Aumento atmosférico	3.3 ± 0.1	3.2 ± 0.1
Emissões fósseis	5.4 ± 0.3	6.3 ± 0.4
Fluxo oceano atmosfera	-1.9 ± 0.6	-1.7 ± 0.5
Fluxo líquido solo atmosfera	-0.2 ± 0.7	-1.4 ± 0.7
Mudança no uso do solo	$1.7 \pm ?$	1.6 ± 0.8
Sumidouro terrestre residual	$-1.9 \pm ?$	$-3.0 \pm ?$



4.2 A UNFCCC E O PROTOCOLO DE KYOTO

O Artigo 4.1 (b) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima (UNFCCC) declara que todas as Partes deverão elaborar e implementar programas nacionais que contenham medidas para mitigar a mudança climática por meio do tratamento das fontes de emissões antrópicas e pela remoção, por meio de sumidouros, de gases de efeito estufa; e facilitar a adaptação adequada à mudança de clima. Reconhecendo que as Partes têm responsabilidades em comum, porém diferentes a UNFCCC divide os países em dois grupos principais: os do Anexo I, que inclui a maioria dos países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (Organization for Economic Cooperation and Development - OECD), e países com economias em transição (EIT); todos os outros países são designados como não-Anexo I. O principal objetivo da UNFCCC é a estabilização da concentração atmosférica de gases de efeito estufa em níveis que preveniriam interferências antrópicas perigosas no sistema climático. Este nível deve ser atingido dentro de um cronograma adequado, afim de permitir que ecossistemas se adaptem naturalmente à mudança do clima, para assegurar que a produção de alimentos não seja ameaçada, e para possibilitar que o desenvolvimento econômico prossiga de maneira sustentável (Artigo 2).

O Artigo 3.1 da UNFCCC reconhece que as Partes do Anexo I deveriam liderar o combate à mudança climática e os efeitos adversos decorrentes. Com esta finalidade, estas Partes concordaram, sob o Artigo 4.2 (a), em adotar políticas nacionais e medidas correspondentes para mitigar a mudança climática por meio de dois caminhos principais: (a) ações voltadas para a redução ou limitação das emissões de gases de efeito estufa (por exemplo, mudança de combustível, uso de energias renováveis e outras); e (b) a proteção e aprimoramento de sumidouros e reservatórios de carbono (principalmente atividades relacionadas à silvicultura).

Com a adoção do Protocolo de Kyoto, as Partes do Anexo I concordaram em reduzir, entre 2008 e 2012, suas emissões antrópicas agregadas de gases de efeito estufa em até, pelo menos, 5% abaixo dos níveis da década de 1990. Para alcançar esta meta, as Partes do Anexo I podem usar duas alternativas básicas:

Primeira, o Artigo 2 do Protocolo de Kyoto identifica políticas e medidas a serem implementadas no nível doméstico, e que podem incluir, entre outros:

- (a) Atividades relacionadas à energia, inclusive o aprimoramento da eficiência energética e o uso de fontes renováveis.
- (b) Atividades relacionadas ao uso do solo, inclusive a proteção e o aprimoramento de sumidouros (também conhecido como LULUCF¹⁹) e a promoção de formas sustentáveis de agricultura. O Artigo 3.3 declara que as Partes podem realizar atividades de florestamento, reflorestamento e desmatamento, e deverão se responsabilizar pelas emissões e remoções destas atividades que tenham ocorrido desde 1990. O Artigo 3.4 do Protocolo de Kyoto, permite que as Partes do Anexo I implemen-

¹⁹ LULUCF significa Uso do Solo, Mudança de Uso do Solo e Silvicultura.

tem atividades adicionais relacionadas ao uso do solo. Estas atividades adicionais foram definidas pelos Acordos de Marrakesh²⁰ e incluem o manejo florestal, revegetação, manejo de áreas de pastagem e/ou manejo de áreas agrícolas. Uma Parte do Anexo I pode escolher quais atividades implementar a partir desta lista.

Segunda, ações domésticas podem ser complementadas com três mecanismos de flexibilidade, que incluem:

Implementação Conjunta (Joint Implementation - JI) (Artigo 6 do Protocolo de Kyoto), composta de projetos desenhados entre duas ou mais Partes do Anexo I e que sejam implementados em uma ou mais destas Partes. Estes projetos podem incluir qualquer uma das atividades citadas acima. Por meio da JI, os investidores podem se beneficiar com o ganho de unidades resultantes destes projetos.

- (a) Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (Clean Development Mechanism - CDM) (Artigo 12 do Protocolo de Kyoto), composto de projetos que desenvolvidos em Partes não-Anexo I. A finalidade do MDL é tanto ajudar as Partes do Anexo I a alcançarem seus compromissos, quanto ajudar Partes não-Anexo I a alcançarem o desenvolvimento sustentável. Os projetos de MDL podem incluir atividades que reduzem a emissão de gases de efeito estufa, porém para as atividades relacionadas à mudança de uso do solo, a elegibilidade foi restrita ao florestamento e reflorestamento.
- (b) Comércio de Emissões (CE) (Emissions Trading) (Artigo 17 do Protocolo de Kyoto), composto de unidades de comércio de carbono entre Partes do Anexo I. O CE ocorre principalmente quando uma Parte do Anexo I tenha reduzido as emissões abaixo de sua meta, resultando, portanto, em um excedente que pode ser comercializado.

O Artigo 3.3 do Protocolo de Kyoto obriga todas as Partes do Anexo I a prestarem conta das mudanças nos estoques de carbono e emissões de outros gases de efeito estufa que não sejam dióxido de carbono, atribuíveis ao florestamento, reflorestamento e desmatamento (ARD). Se a conjunção de atividades ARD resultarem em um sumidouro primário de gases de efeito estufa, a Parte receberá créditos relativos à realização de sua meta de emissões. Por outro lado, emissões líquidas resultantes de maiores taxas de desmatamento, representarão um débito relativo à realização dos compromissos.

Os Acordos de Marrakesh permitem que as Partes do Anexo I prestem conta das mudanças nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa que não- dióxido de carbono, resultantes do manejo florestal, revegetação e manejo de áreas agrícolas e áreas de pastagem (Artigo 3.4). Uma parte poderá optar por incluir qualquer uma ou todas estas para alcançar seus compromissos. Uma vez tomada, a decisão não poderá ser mudada. Para o manejo florestal, há um limite específico quantificado para cada Parte.

²⁰ O termo “Acordo de Marrakesh” é usado neste documento para referir ao grupo de decisões adotadas em 2001 durante a 7ª Sessão da COP à UNFCCC. Estas decisões definem as regras operacionais para a implementação do Protocolo de Kyoto.

Os créditos para a revegetação, para o manejo de áreas agrícolas e áreas de pastagem são calculados sobre uma base líquida-líquida²¹. Se um sumidouro torna-se uma fonte, as emissões líquidas originadas desta fonte irão somar-se ao ônus de conformidade da Parte em questão.

Os Acordos de Marrakesh declaram que, as emissões e remoções resultantes das atividades LULUCF deverão ser medidas como mudanças verificáveis nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa de não-dióxido de carbono, durante o período de 1º de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2012. Os Acordos declaram também que estas mudanças devem ser medidas em cinco reservatórios diferentes: biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, serrapilheira, madeira morta e carbono do solo orgânico. Entretanto, uma Parte poderá optar por não prestar contas sobre um determinado reservatório, quando puder demonstrar que o reservatório não é uma fonte de gases de efeito estufa.

Os Acordos de Marrakesh afirmam a inclusão de atividades de projetos de Uso do Solo, Mudanças de Uso do Solo e Silvicultura (LULUCF) sob o MDL, e limitam a elegibilidade ao florestamento e reflorestamento. Para o primeiro período de compromisso (2008-2012) os créditos resultantes do florestamento e reflorestamento sob o MDL, limitam-se a 1% das emissões base por ano da Parte, multiplicada por cinco.

Os Acordos de Marrakesh exigem que os projetos de MDL e os projetos JI Track II²² apresentem documentação sobre a análise de impactos ambientais das atividades do projeto. Caso os participantes do projeto ou a Parte anfitriã considere estes impactos significativos, deverá ser realizada uma avaliação de impacto ambiental (AIA) em conformidade com as exigências da Parte anfitriã. Estas avaliações podem ajudar os participantes do projeto a modificarem os projetos para proteger, conservar e aumentar a biodiversidade (ver Capítulo 5).

As atividades de mitigação de mudança de clima que as Partes poderão implementar podem causar impactos sobre a biodiversidade de forma negativa e positiva (IPCC, 2002). O principal foco das políticas e medidas domésticas de mitigação, bem como as atividades JI e de MDL, será a redução de emissões da produção e uso de combustíveis fósseis, por meio do uso de tecnologias alternativas de energia (energia renovável), mas haverá também atividades nos campos da silvicultura, agricultura e disposição de resíduos. Uma atividade poderá, ou não, ter implicações para a conservação de biodiversidade, dependendo da natureza e local da atividade. Entretanto, as atividades podem ser otimizadas freqüentemente para ajudar a conservar ou mesmo incrementar a biodiversidade e, ao mesmo tempo, seqüestrar carbono, resultando em soluções ganha-ganha para a sociedade. Ações de mitigação, tais como a conservação e manejo de florestas são

²¹ A prestação de contas de atividade “líquida-líquida” específicas sob o Artigo 3.4 é realizada pela subtração de mudanças primárias nos estoques de carbono, resultantes destas atividades em 1990, multiplicadas por cinco das mudanças primárias nos estoques de carbono, resultantes destas atividades durante o período de compromisso.

²² Os projetos JI Track II seguem procedimentos de validação e verificação severos. Este Track tem que ser seguido quando a Parte onde o projeto será implementado, não atender aos critérios especificados no Anexo ao projeto de decisão da UNFCCC - /CMP.1 (Artigo 6) parágrafo 21.

particularmente pertinentes para as questões de biodiversidade, pois têm o potencial de contribuir para a conservação da diversidade biológica.

A implementação de atividades de adaptação de mudança de clima dependerá das projeções de impactos de mudança de clima no país em questão: por exemplo, elevação do nível do mar, maior risco de inundações e ocorrência de eventos extremos de clima. O Artigo 4.8 da UNFCCC proporciona uma lista de categorias de países (por exemplo, pequenos países insulares; países com áreas secas e semi-áridas, áreas de florestas, áreas passíveis de danos florestais; países com ecossistemas frágeis, inclusive regiões montanhosas), nos quais o meio ambiente seja particularmente vulnerável à mudança de clima, e onde as ações de adaptação poderão ser necessárias. As decisões, sob os Acordos de Marrakesh, relacionadas ao financiamento a países em desenvolvimento declaram que atividades de adaptação deverão ser implementadas, entre outros aspectos, em áreas de manejo de recursos hídricos, manejo do solo, ecossistemas frágeis, e manejo costeiro integrado (FCCC/2001/13/Add.1 Decisão 5/CP7). A partir desta lista, pode-se inferir que a conservação de biodiversidade pode ser um objetivo fundamental de muitas atividades de adaptação.

4.3 A ABORDAGEM ECOSISTÊMICA DA CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA

A abordagem ecossistêmica, que reconhece os três objetivos da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), é uma estratégia para o manejo integrado de recursos do solo, água e recursos vivos, e que promove a conservação e uso sustentável de maneira equitativa (Decisão V/6 da Conferência das Partes à CDB). Um ecossistema é definido como um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e microorganismos, e seus ambientes não vivos, que interagem como uma unidade funcional (CDB Artigo 2). A abordagem ecossistêmica inclui os processos, as funções e as interações essenciais entre os organismos e seus ambientes, e reconhece que os seres humanos são um componente integrante da maioria dos ecossistemas.

A abordagem ecossistêmica não impossibilita outras abordagens de manejo e conservação, tais como programas de áreas protegidas ou a conservação de uma única espécie, mas, ao contrário, pode ser usada para integrar todas estas abordagens para alcançar um manejo melhor de situações complexas. A força da abordagem ecossistêmica reside na participação de interessados; na consideração de todos os conhecimentos, inclusive o conhecimento tradicional; e no equilíbrio que ela imprime entre os interesses ecológicos, econômicos e sociais. O manejo adaptável é uma parte integrante da abordagem ecossistêmica ao prever as adaptações a situações de mudança e novos conhecimentos. A abordagem ecossistêmica fundamenta-se em doze princípios orientadores inter-relacionados, que facilitam a tomada de decisão referente à conservação e uso sustentável da diversidade biológica (Quadro 4.1)²³.

²³ Elaboraões adicionais sobre a abordagem ecossistêmica, e diretrizes propostas para sua implementação, estão contidas em UNEP/CDB/SBSTTA/9/8, e discutidas na 8ª Reunião do Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico, Técnico e Tecnológico (SBSTTA), à Convenção, em novembro de 2003.

Quadro 4.1. Os doze Princípios da Abordagem Ecosistêmica da Convenção sobre Diversidade Biológica

1. Os objetivos do manejo de recursos do solo, da água e recursos vivos como uma questão de escolha social.
2. O manejo deve ser descentralizado ao nível mais baixo apropriado.
3. Os gestores de ecossistemas devem considerar os efeitos (atuais e potenciais) de suas atividades sobre ecossistemas adjacentes e outros ecossistemas.
4. Ao reconhecer os ganhos potenciais do manejo, há geralmente a necessidade de compreender e manejar o ecossistema em um contexto econômico. Quaisquer tal programa de manejo ecossistêmico deve:
 - Reduzir aquelas distorções de mercado que afetam adversamente a diversidade biológica (ou seja, eliminar subsídios perversos, etc);
 - Alinhar incentivos para promover a conservação da biodiversidade e o uso sustentável;
 - Internalizar custos e benefícios no ecossistema em questão, tanto quanto possível (inclusive a total consideração de bens e serviços de ecossistemas).
5. A conservação da estrutura e funcionamento do ecossistema, visando manter serviços de ecossistemas, deve ser uma meta prioritária da abordagem ecossistêmica.
6. Os ecossistemas devem ser manejados dentro dos limites de seus funcionamentos.
7. A abordagem ecossistêmica deverá ser realizada na escala espacial e temporal apropriada.
8. Ao reconhecer as escalas temporais variáveis e os efeitos retardados que caracterizam os processos ecossistêmicos, os objetivos para o manejo ecossistêmico devem ser estabelecidos para o longo prazo.
9. O manejo deve reconhecer que a mudança é inevitável.
10. A abordagem ecossistêmica deverá buscar o equilíbrio apropriado entre a conservação e uso da diversidade biológica e a integração destes.
11. A abordagem ecossistêmica deve considerar todas as formas de informações pertinentes, inclusive o conhecimento científico, e o conhecimento, inovações e práticas indígenas e locais,
12. A abordagem ecossistêmica deve envolver todos os setores pertinentes da sociedade e disciplinas científicas.

Duas exigências especificadas pelos Acordos de Marrakesh fazem com que a abordagem ecossistêmica seja pertinente ao desenho e implementação de atividades de mitigação e adaptação. A primeira se refere ao fato de que as atividades LULUCF devem contribuir para a conservação de biodiversidade e uso sustentável de recursos naturais. A segunda é o objetivo do MDL para ajudar Partes não-Anexo I a alcançarem o desenvolvimento sustentável. Como declarado acima, a abordagem ecossistêmica é uma estratégia integrada que promove a conservação e uso sustentável de recursos naturais e não impede outras abordagens de manejo e conservação (por exemplo, o manejo de carbono). Portanto, a ampla perspectiva da abordagem ecossistêmica trata de maneira sinérgica os objetivos de desenvolvimento sustentável, conservação de biodiversidade e seqüestro de carbono, resultando em situações de ganho potencial.

4.4 OPÇÕES DE MITIGAÇÃO

4.4.1 Conceitos gerais relacionados à mitigação

A mitigação é definida como uma intervenção antrópica para reduzir as fontes ou aumentar os sumidouros de gases de efeito estufa (IPCC 2001a). As atividades que reduzem as emissões líquidas de gases de efeito estufa diminuem as projeções da magnitude e taxa de mudança de clima, diminuindo, desta forma, a pressão sobre sistemas naturais e humanos decorrente da mudança de clima. Portanto, espera-se que as atividades de mitigação retardem ou reduzam danos ambientais causados pela mudança de clima, proporcionando benefícios ambientais e socioeconômicos, inclusive a conservação de biodiversidade. As atividades de mitigação podem ter impactos, positivos ou negativos, sobre a biodiversidade, independente de seus efeitos sobre o sistema de clima. No entanto, é importante observar que podem ser alcançados ganhos mínimos por meio da mudança de uso do solo, relativos a ganhos maiores que podem ser alcançados por meio de reduções no uso de combustíveis fósseis (House et al. 2002).

As atividades de mitigação incluem atividades que evitam emissões e atividades de seqüestro de carbono. De acordo com o IPCC (2000), cerca de 80% do dióxido de carbono emitido na atmosfera, entre 1989 e 1998, resultou da queima de combustível fóssil e da produção de cimento, e cerca de 20% resultou de mudanças no uso do solo, especialmente do desmatamento. Atividades que evitam a emissão incluem, entre outras, o aumento da eficiência energética ou da geração de energia, aumento do uso de sistema de energia de baixo carbono ou carbono livre (inclusive energia de biomassa), solar, eólica e hidroelétrica.

4.4.2 Potencial de seqüestro de carbono das atividades de mitigação

Em sistemas terrestres, as atividades de mitigação acumulam carbono tanto acima quanto abaixo do solo. O potencial global estimado de opções de mitigação biológica em sistemas florestais, derivadas do florestamento, reflorestamento e eliminação do desmatamento, é da ordem de 60-87 Gt C (cumulativos) até o ano 2050, com 70% em florestas tropicais, 25% em florestas temperadas e 5% em florestas boreais (IPCC 2002). Além disso, o aprimoramento de ecossistemas de florestas, áreas agrícolas, pastagens, e outros ecossistemas terrestres proporciona significativo potencial de mitigação de carbono (IPCC 2000). House et al. (2002) indicam que a redução máxima provável de carbono atmosférico, alcançável por meio do florestamento e reflorestamento, está entre 17 e 31ppm, após contabilizar a resposta oceânica.

As estratégias de manejo ecossistêmico podem depender da meta para aumentar a acumulação de carbono no curto prazo ou manter as reservas de carbono ao longo do tempo. Na maioria dos sistemas, os reservatórios de carbono atingem, no final, os níveis máximos nos vários compartimentos (por exemplo, Carey et al. 2001), e a taxa de seqüestro de carbono diminui ao longo do tempo (Paul et al. 2003). No entanto, em florestas primárias (antigas), o carbono continua se acumulando no solo e na vegetação e, especialmente onde a decomposição for lenta, os estoques de carbono podem ser man-

tidos por longos períodos (Kimmins 1997, Carey et al. 2001, Schultze et al. 2000, Paul et al. 2003). Thornley e Cannell (2000) relataram que maiores quantidades de carbono foram estocadas em florestas não perturbadas do que em regimes de manejo florestal onde houve exploração de madeira. No entanto, mesmo quando a taxa de seqüestro e a quantidade de carbono seqüestrado são concomitantemente altas em alguns estágios, elas não podem ser maximizadas simultaneamente (Turner e Lambert 2000, Carey et al. 2001, Paul et al. 2003, Law et al. 2001, Klopatek 2002). O equilíbrio ecologicamente alcançado entre os dois objetivos é limitado pelo nível de degradação local, produtividade local, cronograma considerado, tipo de intervenção de manejo, origem do talhão florestal, quantidade de resíduos de madeira, e atributos de espécies (por exemplo, Amiro 2001, Knohl et al. 2002, Vesterdal et al. 2002). Espécies diferentes crescem em ritmos diferentes e, portanto, seqüestram carbono em taxas diferentes. Frequentemente, há interações entre espécies de árvores em florestas mistas que influenciam o crescimento e as condições de carbono do solo (por exemplo, Kimmins 1997, Paul et al. 2002, Vesterdal et al. 2002). Adicionalmente, não há uma resposta de crescimento biológico universalmente aplicável aos aumentos de temperatura e CO₂, pois esses fatores interagem de forma complexa juntamente a muitos outros fatores limitantes, tais como regimes de queimada e umidade (Kirschbaum 1999 e ver Seção 3.4.2.1). Para compreendermos o verdadeiro potencial de seqüestro de carbono das florestas, ao longo do tempo, é necessário haver uma modelagem no nível de talhão (oposta aos modelos embasados em árvores). Tais modelos precisam ser construídos para permitir o teste de cenários de fatores exógenos, tais como colheitas e queimadas, sobre o acúmulo de carbono ao longo do tempo. Isto é especialmente verdadeiro à luz de pesquisas recentes, que sugerem uma interação entre o aumento de temperatura e a elevação de CO₂, o que reduziu o crescimento de árvores em uma floresta tropical (Clark et al. 2003).

4.4.3 Preocupações fundamentais

Além da efetividade das opções de mitigação de carbono, deve-se levar em conta as considerações ambientais, sociais e econômicas. Os recursos do solo são finitos e o relacionamento de atividades de mitigação de clima e outras atividades de uso do solo podem ser competitivas, neutras ou complementares. Medidas adotadas em diferentes setores (por exemplo, florestal, agrícola e outros usos do solo), que visem proporcionar o seqüestro de carbono, devem procurar alcançar metas sociais, econômicas e ambientais (IPCC 2000; 2001 a, b, c) e podem ser auxiliadas ao considerarem a abordagem ecossistêmica (Quadro 4.1). A aceitação social pode influenciar a efetividade da implementação das opções de mitigação (ver Seção 6.3.1).

Para as mudanças de uso do solo, tais como florestamento ou reflorestamento, há preocupações relativas à permanência de sumidouros biológicos. A principal preocupação é que o carbono estocado será lábil, ao contrário do carbono estocado em material fóssil, que se mantém no subsolo. O carbono estocado pode ser liberado novamente na atmosfera por meio de ocorrências naturais (queimadas) ou antrópicas (Brown et al. 2002). As queimadas são particularmente preocupantes, devido sua capacidade

de emitir carbono, que são fixados por um período de cinquenta a trezentos anos, em questão de algumas horas (Körner 2003), e por causa dos recentes aumentos no número e gravidade de queimadas em florestas tropicais úmidas, onde as queimadas são historicamente raras (Cochrane 2003). Há a preocupação de que a própria mudança de clima irá reduzir a capacidade das florestas de atuarem como sumidouros, devido o aumento da respiração do solo (Royal Society 2001). Portanto, os sumidouros biológicos podem, na realidade, ser considerados como uma opção temporária de mitigação. Conceitos essenciais para o estoque de carbono e conservação de biodiversidade, em conexão com atividades de mitigação de mudança de clima, estão enumerados e discutidos no Quadro 4.2 e parágrafos abaixo.

Quadro 4.2. Conceitos e definições sobre o estoque de carbono ligados às atividades de mitigação

Permanência. O Painel Intergovernamental sobre Mudança de Clima (IPCC 2000) define permanência como sendo longevidade de um reservatório de carbono e a estabilidade de seus estoques, dado o manejo e ambiente de perturbação no qual ocorre. O conceito de permanência é freqüentemente usado em conexão com atividades de absorção de carbono, devido à exposição de reservas terrestres de carbono a fatores naturais e antrópicos, por exemplo, colheitas, queimadas e pestes. Os princípios que orientam o conceito de permanência, no Protocolo de Kyoto, estipulam que o reverso de qualquer remoção resultante destas atividades deve ser considerado no momento adequado (FCCC/CP/2003/13/Add.1). Além disso, o processo em curso para desenvolver definições e modalidades de florestamento e reflorestamento para projetos MDL deverá levar em conta a questão da não permanência.

Vazamento. O vazamento se refere a uma situação na qual a atividade de seqüestro de carbono (plantio de árvores) em um local, provoca, direta ou indiretamente, uma outra atividade em um local diferente, a qual resulta, total ou parcialmente, em emissões de carbono (IPCC 2001 a, b, c). O vazamento causado por atividades realizadas em Partes do Anexo I é considerado por meio de um sistema completo de relatórios de emissões. Nos Acordos de Marrakesh, o conceito de vazamento é considerado apenas em conexão aos projetos MDL e é definido como a mudança líquida em emissões antrópicas por fontes de gases de efeito estufa, que ocorrem fora do limite do projeto e que são mensuráveis e atribuíveis à atividade do projeto (FCCC/CP/2001/13 Add.2).

Risco e incerteza. O IPCC define incertezas como a expressão do grau no qual o valor é desconhecido. A incerteza pode resultar da falta de informação ou da discordância sobre o que é conhecido ou conhecível. A UNFCCC declara que as Partes devem tomar medidas de precaução para antecipar, prevenir ou minimizar as causas da mudança de clima e mitigar seus efeitos adversos. Onde houver ameaças de danos irreversíveis, a falta de certeza científica completa não deverá ser usada como razão para postergar tais medidas (Artigo 3). Referente à elaboração de inventários de gases de efeito estufa, as incertezas relativas à estimação e mensuração de emissões e remoções de gases de efeito estufa são tratadas por meio da aplicação da chamada “Orientação de Boa Prática”, que complementa as diretrizes revisadas do IPCC 1996 para inventários nacionais de efeito estufa. As incertezas devem ser tratadas também no contexto das definições e modalidades para atividades MDL de florestamento e reflorestamento.

Adicionalidade. Os Acordos de Marrakesh estipulam que os projetos JI e MDL devem resultar em reduções ou remoções antrópicas de emissões de gases de efeito estufa que sejam adicionais a quaisquer outras que tenham ocorrido em sua ausência, antes de 1990.

Quadro 4.2. Continuação

Marco zero. Nos Acordos de Marrakesh, o marco zero para uma atividade deve refletir as mudanças esperadas no estoque de carbono e emissões de gases de efeito estufa, que teriam ocorrido na ausência do projeto proposto.

As atividades de carbono que proporcionam benefícios múltiplos, inclusive benefícios socioeconômicos, são mais prováveis de serem mantidas pela sociedade. Por exemplo, a permanência mais longa pode estar associada a atividades de florestamento e reflorestamento desenhadas para restaurar funções fundamentais de bacias hidrográficas, estabelecer corredores biológicos, e possibilitar valores recreativos e de lazer. De forma semelhante, a revegetação de sistemas de pastagens e de áreas alagadas também pode ser percebida pela sociedade como um benefício de conservação de longo prazo.

Problemas de vazamento podem ser minimizados quando atividades de mitigação de carbono são incorporadas aos usos do solo existentes. Por exemplo, para alcançar objetivos econômicos e de conservação os projetos agroflorestais integram o plantio de árvores e arbustos às atividades agrícolas em curso, ao invés de converter áreas agrícolas em florestas. Portanto, a pressão para converter outras áreas florestais em áreas agrícolas pode ser reduzida.

Atividades de mitigação que usam a abordagem ecossistêmica para incorporar considerações de biodiversidade, podem diminuir potencialmente o risco de falhas. Por exemplo, o plantio de uma variedade de espécies nativas de árvores, ou combinações de parcelas de uma só espécie, ao contrário da monocultura de árvores, pode reduzir as probabilidades de ataques por insetos e doenças e ajudar a alcançar níveis de estrutura e funcionamento ecossistêmico que sejam melhores do que aqueles de sistemas de uma única espécie de árvore (Carnus et al. 2003, Thompson et al. 2003).

4.4.4 Monitoramento de atividades de mitigação

Todas as Partes à UNFCCC devem apresentar relatórios sobre emissões de gases de efeito estufa e atividades para tratar a mudança de clima. As Partes do Anexo I têm obrigações rigorosas: têm que apresentar inventários anuais sobre gases de efeito estufa e submeter comunicações nacionais, que proporcionem detalhes sobre atividades atuais e planejadas para tratar a mudança de clima, a cada três ou quatro anos. Ambos os relatórios estão sujeitos a revisões por especialistas internacionais. As Partes do não-Anexo I também elaboram comunicações nacionais, mas as exigências são menos rigorosas. As Partes do Anexo I devem atender as exigências de monitoramento e relatório para que sejam elegíveis à participação nos Mecanismos de Kyoto relacionados ao mercado (JI, de MDL, CE). As regras para monitorar projetos de MDL incluem a exigência de coletar e arquivar informações pertinentes aos impactos ambientais (FCCC/2001/13/Add.2).

4.5 FLORESTAMENTO, REFLORESTAMENTO E DESMATAMENTO

4.5.1 Florestamento, reflorestamento e desmatamento no Protocolo de Kyoto

Como parte dos compromissos sob a UNFCCC, as Partes devem proteger e aumentar os sumidouros e reservatórios (Artigo 4.1 (d)). Sob o Artigo 3.3 do Protocolo de Kyoto, todas as Partes do Anexo I têm que considerar o seqüestro e emissões de gases de efeito estufa atribuíveis ao florestamento, reflorestamento e desmatamento. O Protocolo especifica que a consideração, sob o Artigo 3.3, seja restrita a mudanças de uso do solo induzidas diretamente por atividades humanas que realizadas desde 1990²⁴.

No contexto do Artigo 3.3, do Protocolo de Kyoto, tanto o florestamento quanto o reflorestamento se referem à conversão de terras, sob outros usos, em florestas. Florestamento é definido com a conversão direta, induzida por atividades humanas, de terras que não tenham sido florestadas por um período de pelo menos 50 anos, em áreas florestadas por meio do plantio, sementeira e/ou promoção de fontes naturais de sementes induzidas por atividades humanas. O reflorestamento é definido como a conversão direta, induzida por atividades humanas, de terras não florestadas em terras florestadas, por meio do plantio, sementeira e/ou promoção de fontes naturais de sementes, induzida por atividades humanas, em terra florestada que tenha sido convertida em terra não florestada (observe que estas definições são diferentes daquelas geralmente usadas por silvicultores). Para o primeiro período de compromisso do Protocolo de Kyoto (2008-2012), as atividades de reflorestamento serão limitadas ao reflorestamento que ocorre em terras que tenham sido florestadas, mas que já não continham floresta em 31 de dezembro de 1989 (Acordos de Marrakesh, FCCC/CP/2001/13/Add.1;pág. 58). O limite de tempo incluído nas definições é importante; como apenas as atividades de reflorestamento em áreas não florestadas antes de 1990 podem ser consideradas, acredita-se que as atividades sob o Protocolo de Kyoto não criam, de um modo geral, um incentivo perverso para a conversão de florestas naturais em florestas plantadas. Entretanto, este incentivo não foi totalmente removido, pois as terras que não continham florestas, a partir de 1990, mas que podem ter sido reflorestadas desde então, por exemplo, por meio de sucessões naturais de floresta, serão elegíveis para atividades de reflorestamento.

Estas duas atividades são as únicas atividades de absorção de carbono que também são elegíveis ao MDL (Acordos de Marrakesh, FCCC/CP/2001/13/Add.1 e Add.2). Entretanto, neste momento, não está claro se as mesmas definições de reflorestamento e florestamento, sob o MDL, se aplicarão.

²⁴ Os Acordos de Marrakesh incluem a seguinte definição de floresta:

“Floresta” é uma área mínima de terra de 0.05 -1.0 hectare com cobertura de copa de árvores (ou nível equivalente de estoques) que tenha mais do que 10-30% de árvores com potencial para alcançar altura mínima de 2- 5 metros na idade adulta *in situ*. Uma floresta pode ser composta tanto por formações de florestas fechadas onde as árvores e a vegetação rasteira de várias alturas cobrem uma alta proporção do solo ou floresta aberta. Manchas de florestas naturais jovens e todas as formações que ainda tenham que atingir uma densidade de copa de 10-30%, ou altura de suas árvores de 2-5 metros, estão incluídas sob a categoria de florestas, bem como as áreas que normalmente formam parte da área da floresta que estão temporariamente sem estoque, como resultado de intervenções humanas tais como, colheitas, ou causas naturais, mas cuja expectativa é de que sejam revertidas em floresta. (Fonte: Acordos de Marrakesh –FCCC/CP/2001/13/Add.1, página 58). Locais reflorestados e florestados são considerados florestas (Estudo Florestal nº 140 da FAO: Avaliação Global de Recursos Florestais 2000).

4.5.2 Biodiversidade e atividades de florestamento e reflorestamento

Em florestas plantadas, a seleção de espécies resulta, frequentemente, em uma compensação entre a assimilação rápida de carbono e subsequente liberação, comparada à assimilação mais lenta de carbono e período mais longo de retenção. A forma como estas compensações são realizadas afetará a biodiversidade. Isto implica em que a rapidez de absorção de carbono da atmosfera e o período mais longo de retenção do carbono seqüestrado não podem ser maximizados ao mesmo tempo (por exemplo, Carey et al. 2001). Em muitos tipos de plantações de árvores o carbono do solo continua sendo perdido, durante os primeiros 10-20 anos, devido à lixiviação contínua (por exemplo, Turner e Lambert 2000), e a acumulação líquida se torna positiva somente ao longo do tempo, cuja duração dependerá, provavelmente, do ecossistema. O reservatório total de carbono de uma atividade de seqüestro de carbono, a taxa de mudança positiva do reservatório, e o tempo pelo qual o carbono permanecerá seqüestrado no sistema, dependem não apenas do clima, dos nutrientes do solo, e do período de rotação, mas também da espécie dominante de árvore (Paul et al. 2002, Vesterdal et al. 2002). Por exemplo, em florestas temperadas, os choupos (*Populus*) crescem rapidamente, podem se tornar bem grandes, mas têm vida curta, enquanto carvalhos (*Quercus*) e faias (*Fagus*) são de crescimento lento, também se tornam muito grandes, mas são árvores longevas. As florestas destas duas espécies são menos efêmeras do que as florestas de choupos, onde, ao contrário, a madeira morta se decompõe mais rapidamente. Considerando a perspectiva de biodiversidade, a escolha de espécies de árvores pode afetar bastante os tipos de espécies de animais e de subvegetação associada que podem ser estimulados. As metas determinarão o uso de espécies longevas ou espécies de vida curta. Ecossistemas florestais longevos estimulam relações mais complexas (planta-animal; planta-planta) do que as florestas simples e de vida curta; portanto, as florestas longevas estimulam níveis mais elevados de biodiversidade (por exemplo, Thompson et al. 2002). Em qualquer atividade de absorção de carbono (Aerts 1995, Caspersen e Pacala 2001), deve-se tomar uma decisão sobre como equilibrar os objetivos alternativos para carbono e biodiversidade (acúmulo rápido em contraste ao seqüestro no longo prazo).

4.5.3 Impactos do florestamento e reflorestamento sobre a biodiversidade

Projetos de florestamento e reflorestamento podem ter impactos positivos, neutros ou negativos sobre a biodiversidade. O impacto depende do nível e natureza da biodiversidade do ecossistema a ser substituído, da escala espacial sendo considerada (por exemplo, talhões de florestas ou paisagem) e outras questões de desenho espacial e implementação (por exemplo, espécies não nativas ou espécies nativas, espécie nativa única ou espécies nativas mistas e local). Atividades de florestamento e reflorestamento podem ajudar a promover o retorno, a sobrevivência e a expansão de populações nativas de plantas e animais. Áreas degradadas podem proporcionar as melhores oportunidades para tais atividades, pois estas áreas já perderam muito de sua biodiversidade original. As plantações podem permitir a colonização e estabelecimento de comunidades diversas de subvegetação ao proporcionarem sombra e melhorando de micro-climas severos. Lo-

cais específicos podem ser melhores candidatos para a implementação de tais atividades do que outros, de acordo com usos passados e presentes, com a importância local ou regional de sua diversidade biológica associada e pela proximidade a florestas naturais. De modo especial, a redução da fragmentação florestal, por exemplo, o estabelecimento de estratégias de regeneração florestal por meio do desenho cuidadoso de plantios com espécies nativas locais, visando proporcionar paisagens florestais que sejam funcionalmente conectadas, teria impacto positivo sobre a biodiversidade, melhorando a resiliência do ecossistema e permitindo a migração de espécies em resposta à mudança de clima (ver também Seção 4.11.4.3). Plantações de espécies exóticas poderão ser capazes de suportar apenas os níveis baixos de biodiversidade local, no nível de estande (por exemplo, Healey e Gara 2002), mas podem contribuir para a conservação de biodiversidade desde que situados apropriadamente dentro do contexto mais amplo de paisagem; por exemplo, áreas de conexão de florestas naturais facilitam a migração de espécies e a troca de genes (CIFOR 2003).

Atividades que mantêm um serviço de ecossistema de alto valor contribuem tanto para a absorção de carbono como para a conservação de biodiversidade de florestas.

Um aspecto importante é até que ponto as atividades levam em conta as preocupações de comunidades locais e populações indígenas ao atender as prioridades de crédito de carbono de investidores (Prance 2002, Pretty et al. 2002). A incorporação de biodiversidade valiosa, do ponto de vista da comunidade local, ajuda a atingir um equilíbrio entre biodiversidade e absorção de carbono, e promover a proteção de plantações no longo prazo (Díaz e Cáceres 2000, Prance 2002). A condição, nos Acordos de Marrakesh, de que os projetos de MDL devem contribuir para o desenvolvimento sustentável do país anfitrião, e que podem ser alcançados por meio da abordagem ecossistêmica da CDB, pode estimular os planejadores do projeto para que desenhem atividades que conservem e incrementem a biodiversidade.

O florestamento e o reflorestamento podem ter impactos ambientais benéficos, especialmente se modificações forem incorporadas. Apesar das plantações terem, tipicamente, menor biodiversidade do que florestas naturais (ver referências em Hunter 1999, Thompson et al. 2003), em alguns casos elas podem reduzir pressões sobre florestas naturais, funcionando como fontes de produtos florestais, deixando, portanto, áreas maiores de florestas naturais para a conservação da biodiversidade e provisão de serviços ambientais. As atividades de florestamento e reflorestamento também podem restabelecer funções ecológicas críticas, tais como o controle de erosão em bacias hidrográficas degradadas e corredores em paisagens fragmentadas. Além disso, alguns países obtiveram sucesso ao estimular ao menos algumas espécies nativas (não-lenhosas) em plantações de florestas, por meio da atenção à estrutura (estande e paisagem), população de indivíduos e combinação de espécies (Thompson et al. 2002, Carnus et al. 2003 e referências contidas). Em algumas situações, as plantações de florestas mostraram que mantêm muitas espécies locais (Carnus et al. 2003). Mesmo as mudanças mais simples no desenho do projeto têm potencial para beneficiar significativamente a biodiversidade em plantações de florestas. Por exemplo, combinar espécies diferentes ao longo do limite

do talhão, criar pequenas clareiras dentro dele, criar pequenas captações de água no estande ou próximas a ele, e permitir o crescimento de sub-vegetação podem melhorar bastante o habitat para alguns animais e criar condições de micro-locais favoráveis para algumas plantas. Pode-se alcançar benefícios significativos para a biodiversidade ao se permitir que uma porção do talhão florestal em uma paisagem se desenvolva além da fase de maturidade, por meio da redução de químicos e do controle de insetos, e evitar lugares onde existam ecossistemas e espécies raras e vulneráveis ao selecionar o local (Hunter 1999, Thompson et al. 2003). Finalmente, plantações de espécies mistas proporcionam serviços de ecossistema mais valorizados e, portanto, são mais prováveis de serem mantidas pelas comunidades locais, por períodos mais longos, do que as plantações de uma única espécie (Daily 1997, Prance 2002). Entretanto, deve-se observar que sob a mudança de clima há muitas incertezas associadas à permanência de benefícios (Royal Society 2001).

Atividades de florestamento e reflorestamento que substituem ecossistemas nativos não florestais, (por exemplo, campos nativos com diversidade de espécies, áreas alagadas, habitats de charneca e arbustos), por espécies não nativas ou por uma única espécie ou poucas espécies de qualquer origem, podem afetar a biodiversidade negativamente. Por exemplo, na África do Sul a expansão de plantações comerciais (Eucalyptus e Pinus), conduziu a declínios significativos de várias espécies endêmicas e ameaçadas de pássaros nativos de savanas e a supressão de flora nativa (Matthews et al. 1999). De forma semelhante, a drenagem de áreas alagadas para atividades de florestamento e reflorestamento pode não ser uma opção viável de mitigação de carbono, pois a drenagem levará à perda imediata de estoque de carbono e perda potencial de biodiversidade.

O florestamento com espécies não nativas pode resultar em taxas mais altas de absorção de água do que a absorção pela vegetação existente, e isto pode causar reduções significativas no fluxo da água, especialmente em ecossistemas onde a água é limitada. Estas mudanças podem ter efeitos adversos sobre a biodiversidade encontrada em córregos, matas ciliares, áreas alagadas e várzeas (Le Maitre et al. 2002, Scott e Lesch 1997). Por exemplo, a água produzida pelas captações na África do Sul foi reduzida significativamente quando as áreas de captação foram plantadas com pinos e eucaliptos (UNEP 2002).

O melhoramento florestal por meio de técnicas de silvicultura pode aumentar a produtividade associada a plantações e manter a diversidade genética de espécies locais. Espécies individuais de árvores são adaptadas a distribuições específicas de umidade e temperatura. A seleção cuidadosa de sementes e estoques de árvores sob cenários de mudança de clima, fundamentados na modelagem, facilitará o crescimento mais rápido e aumentará a sobrevivência de espécies de árvores plantadas, ou indivíduos, do que poderia ser esperado dos estoques atualmente disponíveis (por exemplo, Rehfeldt et al. 1999). Isto pode ser alcançado pela combinação da temperatura esperada e regimes de umidade para as espécies plantadas e indivíduos dentro de espécies, e ao prestar atenção à manutenção da diversidade genética de espécies para aumentar o sucesso de plantações florestais (Carlos et al. 2003). De modo contrário, plantações de uma única

espécie de árvore que seja comercialmente valiosa têm sido amplamente cultivadas em muitas regiões do mundo. Mesmo dentro de sua distribuição geográfica, estas plantações têm sido freqüentemente plantadas em outros locais, em áreas onde fatores como, solo, elevação, umidade, declives e aspectos diferem significativamente dos locais onde são normalmente encontradas na paisagem. Muitas destas plantações se tornarão suscetíveis ao crescimento reduzido ou morte gradual sob cenários de climas mais secos ou mais quentes (por exemplo, Lexer et al. 2002, Rehfeldt et al. 1999).

A mensuração do sucesso de atividades de florestamento e o reflorestamento podem ser realizados com uma série de indicadores para absorção de carbono, bem como para a biodiversidade, na escala de local e de paisagem (ver Capítulo 5). Ao desenvolver tais atividades, as seguintes considerações podem ser úteis para a biodiversidade (Noss 2001, Thompson et al. 2002, 2003; Carnus et al. 2003):

- (a) a composição da estrutura da paisagem e de espécies de árvores plantadas pode afetar a diversidade de espécies da subvegetação e de animais;
- (b) um conjunto regional de espécies de animais requer uma variedade completa de tipos locais de florestas e idades de estandes, sendo que, normalmente, as estruturas estão associadas àquelas florestas.
- (c) florestas plantadas estruturalmente diversas, mantêm mais espécies do que aquelas que têm estruturas simples (isto é, monoculturas).
- (d) florestas plantadas de espécies nativas têm capacidade de conservar melhor as espécies animais locais e regionais do que as plantações de espécies de árvores exóticas, ou monoculturas de espécies nativas.
- (e) grandes áreas de florestas mantêm mais espécies do que Pequenas áreas e florestas fragmentadas mantêm menos espécies do que florestas contínuas.
- (f) áreas núcleo e áreas protegidas conectadas por corredores de florestas ou *habitats*, aumentam os níveis de população de espécies por meio da redução de efeitos de fragmentação e melhorando a capacidade de dispersão e por meio do apoio a mais indivíduos.
- (g) algumas espécies de árvores exóticas têm o potencial de se tornarem invasoras, com conseqüências potencialmente negativas para o funcionamento do ecossistema e conservação da biodiversidade.
- (h) florestas plantadas que tenham alta diversidade genética provavelmente serão mais bem sucedidas ao longo do tempo, e sob mudanças de clima, do que aquelas com diversidade genética reduzida.
- (i) o contexto espacial onde ocorrem as atividades é importante para otimizar a biodiversidade de espécies desejadas.

A incerteza relativa aos benefícios de medidas de mitigação e adaptação sugere que o manejo adaptável deve ser desenhado em qualquer projeto. Projetos de florestamento e reflorestamento deverão ser vistos como experimentos em relação a seus possíveis benefícios à biodiversidade. Programas de monitoramento devem ser colocados em prática para facilitar a avaliação de longo prazo de benefícios comparados às ex-

pectativas, e as possíveis adaptações deverão ser realizadas conforme necessário para os esforços e desenhos futuros.

4.5.4 Florestamento e reflorestamento de pântanos e turfeiras, como um caso especial

Pântanos prístinos desempenham um papel importante no que diz respeito ao aquecimento global como reserva de carbono. Seus impactos sobre a mudança de clima devido à emissão de metano (CH_4) e óxido de nitrogênio (N_2O) são tipicamente insignificantes (Joosten e Clarke 2002). Entretanto, as produções de metano podem ser altas quando lençóis freáticos estão a 20 centímetros da superfície. Pântanos e turfeiras²⁵ caracterizam-se por sua habilidade singular de acumular e estocar material de plantas mortas originadas em líquenes, juncos, bambus, arbustos e árvores (isto é, turfa), sob condições de solo saturado de água. Cerca de 50% da matéria orgânica seca da turfa consiste de carbono. As turfeiras são as áreas alagadas mais comuns no mundo, representando de 50 a 70% de todas as áreas alagadas e cobrindo mais do que 4 milhões de km^2 - ou 3% - da superfície do solo e de água doce do planeta (Lappalainen 1996). Atualmente, entre 270 e 370 Gt de carbono é estocado somente nas turfeiras boreais e sub-boreais (Turunen et al. 2000). Isto significa que, globalmente, a turfa representa cerca de um terço do total do reservatório de carbono (cerca de 1395Gt) (Post et al. 1982). As turfás contêm o equivalente a cerca de 2/3 de todo o carbono na atmosfera e o carbono equivalente a toda biomassa terrestre no planeta (Houghton et al. 1990). As turfás existem em todos os continentes, das zonas tropicais às polares, e do nível do mar às altitudes elevadas. As atividades humanas afetam as turfeiras tanto diretamente, por meio da drenagem, conversão do solo, escavação e inundação, quanto diretamente, como resultado da poluição do ar, contaminação da água, remoção de água e desenvolvimento de infra-estrutura.

A drenagem antrópica mudou os pântanos e as turfeiras de um sumidouro global de carbono para uma fonte global de carbono (e outros gases de efeito estufa) e as atividades de florestamento e reflorestamento em turfeiras recentemente drenadas podem ter pouca importância como atividades de seqüestro de carbono (Joosten e Clarke 2002). As atividades humanas continuam sendo os principais fatores que afetam as turfeiras, tanto global quanto localmente, resultando em um decréscimo anual dos recursos de pântanos. Quando as turfeiras são drenadas para criar mais áreas agrícolas, as emissões de N_2O aumentam e estas terras se tornam mais vulneráveis a queimadas. Em alguns anos, as emissões de gases de efeito estufa, decorrentes das queimadas de turfeiras drenadas (por exemplo, no sudeste da Ásia) podem se tornar uma porção substancial das emissões globais (Page et al. 2000).

²⁵ A turfeira é uma área de paisagem com uma camada de turfa acumulada naturalmente sobre sua superfície. Um pântano é uma turfeira na qual a turfa esta se formando e acumulando atualmente. Todos os pântanos são turfeiras, mas as turfeiras que não estão mais acumulando turfás, não são considerados pântanos.

4.5.5 O agroflorestamento como um caso especial de florestamento e reflorestamento

Sistemas de agroflorestais incorporam árvores ou arbustos em paisagens agrícolas. Práticas agroflorestais podem ser consideradas elegíveis ao MDL desde que satisfaçam a definição de florestamento e reflorestamento, adotada pelo MDL. Sistemas agroflorestais incluem uma ampla variedade de práticas: sistemas agrosilviculturais, sistemas silvopastoris, sistemas arbóreos, tais como plantações de forragem, quebra-vento e amortecimento de matas ciliares. Estes sistemas são tipicamente manejados, mas também podem ser naturais, tais como os sistemas silvopastoris no Sudão. Sistemas agroflorestais podem resultar em sistemas de produção mais diversificados e sustentáveis do que sistemas agrícolas sem árvores, e podem proporcionar maiores benefícios sociais, econômicos e ambientais (IPCC 2000, Leakey 1996). O IPCC reconhece duas classes de atividades agroflorestais para aumentar os estoques de carbono: (a) a conversão do solo; e (b) uso aprimorado do solo. A conversão do solo inclui a transformação de áreas agrícolas e de savanas degradadas em novas agroflorestas (IPCC 2000). O uso aprimorado do solo requer a implementação de práticas, tais como, cultivos de alta densidade e manejo de nutrientes, que resultem no aumento dos estoques de carbono.

Globalmente, quantidades significativas de carbono poderão ser seqüestradas em sistemas agroflorestais, devido às grandes extensões de áreas agrícolas em muitos países. Em sistemas temperados, as práticas agroflorestais demonstram estocar grandes quantidades de carbono em árvores e arbustos (Kort e Turlock 1999, Schroeder 1994, IPCC 2000, Dixon et al. 1994, van Kooten et al. 1999). Foram documentadas, nos trópicos, diferenças líquidas positivas nos estoques de carbono, inclusive naqueles do solo, entre sistemas agroflorestais e práticas agrícolas comuns (IPCC 2000, Palm et al. 2002, Woomey et al. 1999, Fay et al. 1998, Sanchez et al. 1997).

Além da absorção de carbono, as atividades agroflorestais podem ter efeitos benéficos sobre a biodiversidade, especialmente em paisagens dominadas pela agricultura produtiva. O agroflorestamento pode acrescentar diversidade de vegetais e animais às paisagens às quais, do contrário, poderiam conter somente monoculturas de cultivos. Freemark et al. (2002) demonstraram o importante papel do habitat agrícola para a conservação de espécies nativas de plantas, no leste do Canadá. Na região das Grandes Planícies nos Estados Unidos, onde as áreas agrícolas ocupam maior parte da paisagem, as zonas ciliares lineares e os campos de quebra-vento desempenham papéis essenciais na manutenção de *habitats* naturais para a biodiversidade (Guo 2000). Na mesma região, Brandle et al. 1992, enfatizaram o potencial de práticas agro-florestais para proporcionar *habitats* silvestres. Sistemas agroflorestais tradicionais, por exemplo, plantações de café sombreadas, são comuns através da América Central e do Sul. Estes sistemas podem conter bem mais do que 100 espécies de plantas anuais e perenes por campo, e proporcionar *habitats* benéficos para as aves (inclusive espécies migratórias) e outros vertebrados (Altieri 1991, Thrupp 1997).

O agroflorestamento pode incrementar a biodiversidade em locais degradados e desmatados (IPCC 2002). Sistemas agroflorestais tendem a ser biologicamente mais di-

versos do que áreas agrícolas convencionais, savanas ou pastos degradados, e os primeiros estágios de descanso do solo em florestas secundárias. Entretanto, onde o agroflorestamento substitui florestas nativas, normalmente perde-se biodiversidade (IPCC 2002). O uso de espécies nativas em sistemas agroflorestais proporcionará grandes benefícios à biodiversidade. Devido a migrações humanas para as margens das florestas, as compensações ideais entre o seqüestro de carbono e os benefícios econômicos e sociais são uma determinação política importante. Exemplos de tais compensações são descritos em Gockowski et al. (1999), Vosti et al. (1999) e Tomich et al. (1998, 1999).

O agroflorestamento pode ser usado para conectar funcionalmente fragmentos de florestas e outros habitats críticos, como parte de uma ampla estratégia de manejo de paisagem. O agroflorestamento pode aumentar o suprimento de habitat florestal e sua conectividade. Isto pode facilitar a migração de espécies em resposta à mudança de clima. Mesmo quando há reservas florestais em uma área, elas podem ser muito pequenas, em tamanho, para conter as necessidades de *habitats* para todas as espécies animais, cujas populações podem ter distribuições além dos limites da reserva (Kramer et al. 1997).

4.6 DESMATAMENTO

Os Acordos de Marrakesh definem desmatamento como uma conversão direta, induzida por atividades humanas, de áreas florestais para áreas não florestais (FCCC/CP/2001/13/Add.1, pág. 58). O desmatamento, especialmente de florestas primárias, causa redução imediata dos estoques de carbono de biomassa, acima e abaixo do solo, seguido por vários anos de decréscimo em outros estoques de carbono, inclusive estoques dos solos, e um declínio conseqüente da biodiversidade associada. A elevação da temperatura do solo, após o desmatamento, resulta em aumento na taxa de decomposição da madeira morta e da serapilheira na superfície do solo, bem como na decomposição da matéria orgânica do solo; aumentando, portanto, a perda de carbono do sistema (por exemplo, Fearnside 2000, Duan et al. 2001). O desmatamento pode resultar em fragmentação florestal, o que afeta adversamente a habilidade da floresta para absorver carbono, e pode interagir sinergeticamente com outras mudanças, tais como, efeitos de borda e queimadas, conduzindo potencialmente à severa degradação do ecossistema (Gascon et al. 2000, Laurance e Williamson 2001, Laurance et al. 1997). O desmatamento em larga escala também pode causar um decréscimo na precipitação, por meio da redução da evapotranspiração vegetal, da alteração de micro-climas locais e da redução da umidade em parcelas fragmentadas, e resultar em maior potencial de queimadas (Laurance e Williamson 2001).

Nos trópicos, a expansão da agricultura é a principal causa do desmatamento. Atualmente, as florestas tropicais têm enfrentado as maiores taxas de desmatamento de todos os ecossistemas florestais. Achard et al. (2002) calculam que entre 1990 e 1997, cerca de 5.8 Mha de florestas tropicais foram perdidas a cada ano (uma estimativa bem mais baixa do que aquela da FAO [2001] de 15 Mha por ano). Globalmente, as emissões

de carbono das mudanças de uso do solo foram estimadas em 1.7 + 0.8 Gt/ano (Houghton 1999, Houghton et al. 2000, IPCC 2000). O potencial futuro da mitigação de carbono a partir da desaceleração dos níveis atuais de desmatamento tropical, foi estimado em cerca de 11-21 Gt de Carbono até 2050 (IPCC 2002). No nível mundial, as florestas representam, atualmente, um sumidouro de carbono de aproximadamente 3 Gt de carbono por ano cerca de metade é absorvida pelos ecossistemas do hemisfério norte, e a principal contribuição flutua entre a Eurásia e América do Norte. A outra metade está em ecossistemas tropicais, o que significa que a zona tropical, atualmente, não é nem uma fonte nem um sumidouro significativo (Watson e Noble 2002), mas sugere também que a desaceleração da taxa de desmatamento faria com que as florestas tropicais se tornem um sumidouro líquido de carbono.

Além dos benefícios de mitigação de mudança de clima, a desaceleração do desmatamento e/ou degradação florestal poderá proporcionar benefícios substanciais de biodiversidade. Florestas tropicais primárias contêm cerca de 50-70% de todas as espécies terrestres, e o desmatamento tropical e a degradação de florestas são as principais causas da perda global de biodiversidade. O desmatamento reduz a disponibilidade de *habitats* adequados para a coexistência de espécies, pode causar extinções locais, e pode diminuir tanto a população quanto a diversidade genética. Portanto, a redução da taxa de desmatamento é fundamental para interromper a perda de biodiversidade em florestas (Stork 1997, Iremonger et al. 1997, Thompson et al. 2002). Qualquer projeto que desacelere o desmatamento, ou a degradação florestal, poderá ajudar na conservação de biodiversidade, no entanto, os projetos em florestas ameaçadas/vulneráveis e usualmente com diversidade de espécies e globalmente raras, ou únicas na região, podem proporcionar os maiores benefícios para a biodiversidade. Os projetos que protegem as florestas contra a conversão do solo ou a degradação em bacias hidrográficas-chave, têm potencial para desacelerar a erosão do solo, proteger recursos hídricos, e conservar a biodiversidade, substancialmente.

A proteção de florestas, por meio da eliminação do desmatamento, pode ter impactos sociais, positivos ou negativos. A possibilidade de conflito entre a proteção de ecossistemas florestais e os efeitos negativos adicionais, as restrições sobre as atividades de populações locais, a redução de receitas, e/ou redução de produtos destas florestas, podem ser minimizados pelo manejo apropriado de parcelas de floresta e de paisagens, bem como pelo uso de avaliações ambientais e sociais (IPCC 2002).

Projetos piloto desenhados para evitar emissões por meio da redução do desmatamento e da degradação florestal produziram marcantes benefícios ambientais e sociais adicionais. Estes incluem a conservação de biodiversidade, proteção de bacias hidrográficas, manejo florestal melhorado e capacitação local. Mesmo não sendo uma atividade de MDL elegível, a eliminação do desmatamento é um mecanismo importante para manter a biodiversidade. É importante que o desmatamento reduzido em um local não resulte, simplesmente, no desmatamento intencional ou não intencional em outro local; isto é, em vazamento (ver Quadro 4.2).

4.7 REVEGETAÇÃO

A revegetação é uma atividade elegível sob o Artigo 3.4 do Protocolo de Kyoto. Revegetação é definida como uma atividade humana induzida diretamente para aumentar estoques de carbono no local, por meio do estabelecimento de vegetação que cubra uma área mínima de 0.05 hectares e que não atenda as definições de florestamento e reflorestamento (FCCC/CP/2001/13/Add.1, página 58).

A revegetação inclui várias atividades desenhadas para aumentar a cobertura vegetal em áreas erodidas, severamente degradadas, ou perturbadas por algum outro meio. As metas de revegetação de curto prazo são geralmente o controle de erosão, estabilidade melhorada do solo, recuperação de populações microbianas do solo, produtividade aumentada de áreas de pastagem degradadas, e aparência melhorada de locais danificados por atividades como mineração e construção. Geralmente, é o passo inicial para a restauração de longo prazo da estrutura e função do ecossistema, habitat natural e serviços de ecossistemas.

Geralmente os solos de áreas erodidas ou degradadas têm baixos níveis de carbono, mas um alto potencial para o seqüestro de carbono por meio da revegetação. As estimativas de Lal (2001) mostram que o potencial de seqüestro a partir da restauração de áreas erodidas é de 0.2-0.3 Gt de carbono por ano. As pesquisas na Groelândia demonstraram o seqüestro de carbono em solos, na biomassa acima e abaixo do solo, e na serrapilheira, mas as taxas de seqüestro dependem de vários fatores, inclusive do método de revegetação, características do solo, e clima (Aradottir et al. 2000, Arnalds et al. 2000).

Os efeitos da revegetação sobre a biodiversidade irão variar dependendo das condições do local e métodos utilizados. Os efeitos sobre a biodiversidade podem ser positivos se os esforços de revegetação criarem condições que contribuam para o aumento de espécies nativas de plantas ao longo do tempo (por exemplo, Choi e Wali 1995, Aradottir e Arnalds 2001, Gretarsdottir 2002), ou que previnam a degradação adicional e proteja ecossistemas vizinhos. De modo contrário, a biodiversidade pode ser negativamente afetada pela revegetação, caso esta resulte em condições que impeçam a colonização de espécies nativas (Densmore 1992, Forbes e McKendrick 2002). Em determinadas situações, onde, atualmente, pode ser impossível que espécies endêmicas cresçam em alguns locais severamente degradados, o uso de espécies exóticas e fertilizantes poderá proporcionar a melhor oportunidade como um catalisador para a regeneração da vegetação natural. Entretanto, em tais situações, é melhor que o uso de espécies exóticas seja temporário (D'ntonio e Mayerson 2002, Ewel et al. 1999). Além disso, as espécies exóticas usadas para a revegetação podem invadir *habitats* naturais e alterar comunidades de plantas e processos ecossistêmicos muito além das áreas onde foram usadas originalmente (por exemplo, Pickard et al. 1998, Whisenant 1999, Magnusson et al. 2001, Williamson e Harrison 2002).

Ações de revegetação que não dependam da semeadura ou plantio diretos aumentam as populações locais e têm efeitos positivos sobre a biodiversidade. Estas ações envolvem a manipulação de: processos de dispersão de sementes (Robinson e

Handel 2001), propriedades de sementeiras (Urbanska 1997, Whisenant 1999) e recursos para o estabelecimento e crescimento de plantas (por exemplo, Tongway e Ludwig 1996, Whisenant 1999). Isto deverá aumentar populações locais e ter efeitos positivos sobre a biodiversidade, a não ser que espécies exóticas sejam comuns no local.

4.8 MANEJO DO SOLO

Para que as ações de manejo do solo influenciem as emissões de gases de efeito estufa, elas podem afetar a qualidade global do meio ambiente, inclusive a qualidade e erosão do solo, a qualidade da água, a qualidade do ar e de *habitats* silvestres, o que, por sua vez, afetará a biodiversidade terrestre e aquática (IPCC 2002). As subseções abaixo focam o manejo de florestas, áreas agrícolas e de pastagem.

4.8.1 Manejo florestal

A maioria das florestas do mundo é manejada (FAO, 2001), portanto, o manejo melhorado pode aumentar a absorção de carbono, ou pelo menos, minimizar as perdas de carbono e manter a biodiversidade. Para os fins do Protocolo de Kyoto, o manejo florestal é definido como um sistema de práticas para a certificação e uso de áreas florestais, focado em realizar as funções ecológicas (inclusive biodiversidade), econômicas e sociais pertinentes da floresta, de maneira apropriada (FCCC/CP/2001/13/Add.1 página 58). O manejo florestal é uma das atividades de absorção de carbono, pelo qual os países do Anexo I podem receber crédito ao cumprirem seus compromissos sob o Protocolo de Kyoto. O manejo florestal se refere a atividades tais como colheita, raleio e regeneração. Estas atividades de manejo proporcionam condições que continuem para aumento da biodiversidade. Zhang e Justice (2001) estimaram que o manejo florestal melhorado na África Central pode proporcionar a absorção adicional de 18.3 Gt de carbono nos próximos 50 anos. Ao reduzir a quantidade de escombros resultante da exploração de madeira, por meio de boas práticas florestais, tais como a exploração de baixo impacto em florestas tropicais, é possível reter quantidades significativas de carbono na vegetação em pé, quantidades estas que teriam sido liberadas na atmosfera pela decomposição (por exemplo, Pinard e Putz 1996). A exploração de baixo impacto, minimiza também a probabilidade de queimadas florestais, pois há pouco restos lenhosos, o qual, de outra forma, serviria como combustível para as queimadas (Holdsworth e Uhl 1997).

Ecosistemas florestais são extremamente variados e os impactos, positivos ou negativos, de qualquer operação de manejo florestal sobre a biodiversidade irão diferir de acordo com o solo, clima e história do local. Portanto, não seria útil recomendar qualquer medida ou sistema específico, seja inerentemente bom ou mau para a biodiversidade, em todas as circunstâncias. As prescrições devem ser adaptadas às condições específicas da floresta local e ao tipo de ecossistema florestal sob manejo.

Como as florestas são enormes repositórios de biodiversidade terrestre em todos os níveis de organização (genético, de espécie, população e ecossistema), as boas práticas de manejo podem ter efeitos positivos sobre a biodiversidade. Práticas flo-

restais que aumentem a biodiversidade em áreas manejadas e que tenham uma influência positiva sobre a retenção de carbono nas florestas, incluem: aumento de período de rotação, exploração de baixa intensidade, conservação de restos lenhosos, silviculturas pós-colheita para restaurar comunidades nativas de plantas que sejam semelhantes à composição de espécies naturais, e exploração que se equiparem a regimes naturais de perturbação (Hunter 1999). A utilização de práticas silviculturais apropriadas pode reduzir impactos locais e assegurar, ao mesmo tempo, a proteção dos solos e de espécies de animais e vegetais no longo prazo (ver Seção 6.3.5). O uso de métodos apropriados de exploração pode diminuir os impactos negativos sobre a biodiversidade, e continuar proporcionando benefícios socioeconômicos para proprietários e comunidades locais que são muito dependentes da floresta para suas subsistências.

Medir o progresso referente à sustentabilidade, e manejar de maneira adaptável, é um aspecto importante do manejo florestal. Muitas agências nacionais e internacionais adotaram uma série de indicadores para medir o progresso na conservação da diversidade biológica no manejo florestal sustentável, para o qual existe uma vasta literatura disponível (ver Capítulo 5).

A regeneração florestal inclui práticas tais como, o plantio em níveis específicos de estoque, o enriquecimento do plantio, pastagem reduzida de savanas florestais e mudanças na procedência/genética de árvores ou espécie de árvores.

Quadro 4.3. Práticas de manejo florestal com impactos potenciais sobre a biodiversidade

Regeneração melhorada, ou a ação de renovar a cobertura de árvores pelo estabelecimento, natural ou artificial, de árvores jovens – geralmente, antes, durante ou imediatamente após a remoção do etalhão ou da floresta anterior.

Fertilização ou a adição de nutrientes para aumentar as taxas de crescimento ou corrigir a deficiência de nutrientes no solo.

Manejo de queimadas florestais, que é usado para reduzir a perda de biomassa florestal decorrente de queimadas e reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Manejo de pestes, ou a utilização de estratégias para manter as populações de pestes dentro de níveis aceitáveis.

Nível e ritmo da exploração, inclusive raleio, seleção e derrubada e remoção de árvores.

As técnicas de regeneração podem influenciar as composições de espécies, estoques e densidade, e podem afetar a biodiversidade. A regeneração natural de florestas pode proporcionar benefícios para a biodiversidade por meio da expansão da distribuição de florestas naturais ou seminaturais. Áreas adjacentes a florestas naturais demonstraram maior potencial para estas atividades. As plantações adjacentes a florestas naturais ou seminaturais, mesmo aquelas de espécies nativas, podem não proporcionar os melhores benefícios para a biodiversidade, a não ser que sejam desenhadas como parte de um esquema integrado para a posterior restauração de florestas naturais (Nielsen

et al. 2002). Os esforços para compreender e integrar o uso do solo à escala de paisagem podem aumentar a probabilidade de acomodação da biodiversidade.

A fertilização florestal pode ter efeitos ambientais negativos ou positivos. A fertilização pode afetar adversamente a biodiversidade e a qualidade do solo e da água, ao melhorar o meio ambiente para espécies indesejadas (ervas daninhas), por meio da alteração da composição de espécies e pelo aumento de nutrientes no escoamento, o que afeta adversamente os cursos d'água (por exemplo, aumento das emissões de óxido de nitrogênio [N₂O] no ar, solo e água). Mesmo que a atenção cuidadosa à taxa, ritmo e método de fertilização minimize os impactos ambientais, de modo geral, não é provável que resultem benefícios ambientais positivos da fertilização florestal, exceto em locais altamente degradados. Nestes locais, a fertilização pode ser necessária, onde os solos e nutrientes tenham sido esgotados. A fertilidade pode afetar o estabelecimento de comunidades de árvores, arbustos e de subvegetação (Oren et al. 2001). Quando o melhoramento orgânico e inorgânico foi utilizado em uma área erodida no sul da Groenlândia, houve crescimento na cobertura vegetal e na diversidade de plantas vasculares nativas e de espécies de líquens (Elmarsdottir, 2001). Outro estudo no mesmo local mostrou estoques maiores de carbono no solo, na vegetação e na serapilheira em tratamentos semelhantes, mas sucessivamente mais velhos (Aradottir et al. 2000). Abordagens que usam, não somente fertilizantes inorgânicos, mas também o melhoramento orgânico e espécies de plantas fixadoras de nitrogênio, também devem ser consideradas.

O manejo de queimadas tem impactos ambientais, difíceis de generalizar, porque em alguns ecossistemas florestais as queimadas são essenciais para os processos regenerativos. A restauração de regimes de queimadas praticamente históricos pode ser um componente importante da silvicultura sustentável, mas pode requerer também práticas tais como a construção de estradas, que podem criar efeitos ambientais prejudiciais indiretos. A supressão de ciclos naturais de queimadas resulta na acumulação excessiva de material combustível, o que leva a queimadas potencialmente maiores e mais intensas, e é improvável que proporcione o seqüestro de carbono viável no longo prazo (Noss 2001). Em alguns ecossistemas florestais as queimadas periódicas são necessárias para restaurar as comunidades de subvegetação e sua biodiversidade associada. Entretanto, em florestas não sujeitas a queimadas naturais recorrentes, por exemplo, florestas tropicais, o aumento da frequência de queimadas resulta em efeitos globais negativos sobre a biodiversidade, e perda de nutrientes do solo por meio da lixiviação e escoamento.

O uso de biocidas para controlar pestes pode resultar no aumento ou redução de biodiversidade. Muitas espécies de vegetais e plantas introduzidas tiveram impactos negativos não intencionais sobre a biodiversidade. Esforços de manejo de peste, cuidadosamente planejados, foram usados para reduzir o impacto de espécies introduzidas em populações nativas, por exemplo, a predação de aves e seus ovos. Os biocidas podem, às vezes, prevenir a mortandade de florestas em larga escala, e podem aumentar os benefícios associados à paisagem, recreação e bacias hidrográficas.

Por outro lado, os potenciais efeitos adversos de herbicidas e pesticidas sobre a biodiversidade incluem quebra da simbiose raiz-micorriza (Noss, 2001) e a redução

de populações e diversidade de espécies de plantas. O uso de pesticida pode também ter efeitos secundários indesejados sobre predadores (Noss e Cooperrider, 1994). Os pesticidas, quando não são cuidadosamente usados, podem ser lixiviados para águas superficiais e subterrâneas e causar impactos negativos na biodiversidade aquática e na saúde humana.

As práticas de exploração afetam a qualidade e quantidade de madeira produzida, o que tem implicações para o armazenamento de carbono e para a biodiversidade. A exploração pode ter impactos, positivos ou negativos, sobre a biodiversidade, a recreação e o manejo da paisagem. A exploração de pequena escala (isto é, fragmentada ou seletiva) é apropriada, geralmente, em ecossistemas florestais onde os solos não estão sujeitos à erosão.

4.8.2 Manejo de áreas agrícolas

Os acordos de Marrakesh definem o manejo de áreas agrícolas como “o sistema de práticas em áreas nas quais crescem culturas agrícolas, e em áreas reservadas ou que não estejam sendo usadas, temporariamente, para a produção de cultivos” (FCCC/CP/2001/13/Add.1 página 58).

Os maiores estoques de carbono em áreas agrícolas estão contidos no solo; atualmente estes estoques representam cerca de 8-10% do total dos estoques de carbono. Alguns estudos sugerem que a maioria dos solos agrícolas do mundo tem cerca de metade de seu carbono do solo pré-cultivo, e que a mudança no manejo do solo, especialmente a redução do cultivo direto, pode aumentar muito seus estoques de carbono (IPCC 1996, IPCC 2000).

A conversão de sistemas naturais em áreas agrícolas, resulta, geralmente, em perdas de carbono orgânico do solo, variando entre 20-50% dos estoques de carbono pré-cultivo (IPCC 2000). Por exemplo, após a conversão de florestas para agricultura rowcrop, as perdas de carbono do solo associadas às emissões de CO₂, são cerca de 20-30% dos estoques originais de carbono. De modo global, a perda histórica cumulativa de carbono dos solos agrícolas devido a práticas tais como, remoção dos resíduos de cultivos, controle inadequado de erosão e perturbação excessiva do solo, foi estimada em 55 Gt, ou praticamente 1/3 do total da perda de carbono (isto é, 150 Gt de carbono) dos solos e da vegetação (IPCC 1996, Houghton 1999).

As atividades do setor agrícola, que reduzem as emissões de gases de efeito estufa e aumentam o seqüestro de carbono, podem aumentar ou diminuir determinados níveis de biodiversidade. Há muitas atividades de manejo agrícola que podem ser usadas para seqüestrar carbono nos solos (por exemplo, intensificação, irrigação, plantio convencional e controle de erosão). As práticas podem ter efeitos positivos ou negativos sobre a biodiversidade, dependendo da prática específica e do contexto no qual é aplicada. As atividades incluem a adoção de abordagens participativas para fazendeiros; a consideração do conhecimento e de tecnologias locais; o uso de materiais orgânicos; e o uso de variedades de culturas adaptadas localmente e diversificação de cultivos.

As práticas agrícolas que aumentam e preservam o carbono orgânico do solo podem afetar as emissões de CH₄ e N₂O.

As práticas de intensificação agrícola que podem aumentar a produção e o resíduo de plantas no solo incluem as rotações de cultivos, redução de solo nú, cultivos de cobertura, variedade melhoradas, manejo integrado de pragas, otimização da fertilização inorgânica e/ou orgânica, irrigação, manejo de lençóis freáticos, e manejo localizado. Estes têm vários benefícios adicionais, inclusive o aumento da produção de alimentos, controle de erosão, conservação da água, melhoria da qualidade da água, e redução do assoreamento de reservatórios e hidrovias beneficiando a pesca e a biodiversidade. Entretanto, a qualidade do solo e da água é afetada adversamente pelo uso indiscriminado de contribuições químicas e irrigação, e aumento do uso de fertilizantes de nitrogênio irá aumentar o uso de energia fóssil que poderá aumentar as emissões de N₂O. A intensificação agrícola influencia o carbono do solo por meio da quantidade e qualidade do carbono devolvido ao solo, e por meio das influências da água e de nutrientes sobre a decomposição.

A irrigação pode aumentar a produção agrícola, mas também pode degradar ecossistemas. A irrigação aumenta também o risco de salinização e pode desviar água de rios e fluxos de inundações com impactos significativos sobre a biodiversidade de rios e várzeas. Os fluxos que retornam da irrigação podem causar impactos sobre a qualidade da água e ecossistemas aquáticos na jusante. Impactos adicionais podem incluir a expansão de doenças transmitidas pela água.

O plantio conservacionista inclui uma ampla variedade de práticas de cultivo, inclusive escarificação, em camalhões, *strip-till*, *mulch-till* e cultivo direto para conservar o carbono orgânico do solo. A adoção do plantio convencional tem muitos benefícios adicionais, inclusive o controle da erosão da água e do vento, conservação da água, maior capacidade de retenção de água, redução de compactação, melhoria do solo, qualidade da água e do ar, melhor biodiversidade do solo, redução do uso de energia, redução do assoreamento de reservatórios e hidrovias e benefícios associados para a pesca e biodiversidade. Em algumas áreas (por exemplo, Austrália), o aumento da lixiviação devido à maior retenção de água por meio do plantio convencional, poderá causar a salinização local.

A redução ou eliminação de práticas intensas de cultivo convencional do solo pode preservar e aumentar os estoques de carbono orgânico no solo. Nestas práticas, 30%, ou mais, dos resíduos dos cultivos são deixados sobre a superfície do solo após o plantio. O plantio de conservação tem o potencial de seqüestrar quantidades significativas de carbono do solo. O seqüestro de carbono do solo pode ser aumentado adicionalmente quando cultivos de cobertura são usados em combinação com plantio de conservação (IPCC 2000). Os níveis de carbono podem ser aumentados no perfil do solo, de 25 a 50 anos, ou até que seja alcançada a saturação, mas a taxa poderá ser maior nos 5-20 anos iniciais. Entretanto, o seqüestro de longo prazo de carbono do solo, por meio do cultivo de conservação, dependerá muito de seu uso contínuo, pois o retorno às práticas convencionais pode causar a perda rápida de carbono seqüestrado.

Práticas de controle de erosão que incluem estruturas de conservação da água, faixas-filtro para o manejo de zonas ciliares, e quebra-ventos agro-florestais para o controle de erosão do vento podem reduzir a quantidade global de carbono orgânico do solo deslocado pela erosão do solo. Há muitos benefícios adicionais e impactos associados, inclusive o aumento da produtividade; melhoria da qualidade da água; redução do uso de fertilizantes, especialmente de nitratos; decréscimo do assoreamento de hidrovias; redução das emissões de CH₄; reduções associadas nos riscos de inundações; e aumento de biodiversidade em sistemas aquáticos, quebra-ventos e zonas de amortecimento.

Estratégias de manejo do cultivo de arroz que incluem irrigação, fertilização e manejo de resíduos de culturas afetam as emissões de CH₄ e estoques de carbono. Porém, há pouca informação sobre os impactos da mitigação de gases de efeito estufa de atividades de manejo de cultivo de arroz, sobre a biodiversidade.

4.8.3 Áreas de pastagens e savanas

A resposta de sistemas de áreas de pastagens irá variar sob cenários potenciais de mudança de clima, dependendo de seu tipo e localização. Áreas de pastagem (que incluem campos nativos, pastos plantados, áreas de pastoreio, áreas arbustivas, savanas e savanas áridas) contêm 10-30% do carbono do solo em todo o planeta (IPCC 2000). Geralmente, a combinação de espécies de gramas, ervas, árvores e arbustos, determina a produtividade de uma determinada área de pastagem. Áreas de pastagem com percentual mais alto de grama, em relação a outros componentes vegetais, provavelmente terão maior produtividade. Um percentual maior de espécies anuais ou efêmeras sugeriria produtividade anual menor, enquanto a predominância de espécies perenes resultaria mais provavelmente em alta produtividade. Os Acordos de Marrakesh definem o manejo de áreas de pastagem como “o sistema de práticas sobre o uso do solo para a criação de animais domésticos voltado para manipulação da quantidade e tipo de vegetação e rebanho produzido” (FCCC/CP/2001/13/Add.1 página 58). Algumas vezes faz-se uma distinção operacional entre o manejo de áreas de pastagens e o manejo de savanas; áreas de pastagens são manejadas para a criação de rebanhos, enquanto as savanas podem ser manejadas para diferentes finalidades, inclusive a conservação, mas não especificamente para a criação de animais. Uma das metas do manejo de áreas de pastagem é prevenir a sobrepastagem, que é a principal causa da degradação de savanas e o fator primordial de influência humana na perda de carbono do solo em savanas (Ojima et al. 1993).

Nas áreas de pastagem, o carbono se acumula acima e abaixo do solo, e a transformação de áreas de cultivo ou áreas degradadas em savanas perenes pode aumentar a biomassa acima e abaixo do solo, o carbono do solo e a biodiversidade. A proteção de áreas de pastagens, intensamente usadas previamente, e a reversão de áreas cultivadas em savanas perenes provavelmente prevalecerão em países com excedente agrícola, mas as oportunidades para a proteção de áreas reservadas são possíveis em todos os países. Globalmente, a estimativa da área potencial de cultivo que poderá ser reservada é aproximadamente 100 Mha (IPCC 1996).

As atividades de manejo de savanas que podem ser usadas para seqüestrar carbono em solos incluem o manejo de áreas de pastagem, savanas protegidas e reservadas, melhoria da produtividade de savanas e manejo de queimadas. A produtividade de muitas áreas pastoris e, portanto, o potencial para o seqüestro de carbono, particularmente em zonas tropicais e áridas, está restrito pela limitação de nitrogênio e outros nutrientes, e pela inadequação de algumas espécies nativas para a pastagem de grande intensidade. A introdução de leguminosas fixadoras de nitrogênio e de gramas de alta produtividade ou a contribuição de fertilizantes podem aumentar a produção de biomassa e de reservatórios de carbono no solo, mas algumas destas espécies introduzidas têm potencial significativo para se tornarem ervas daninhas (IPCC 2000).

A maioria das atividades de manejo de savanas é benéfica à biodiversidade e à absorção de carbono; algumas delas, tais como a fertilização, podem diminuir a biodiversidade no local (LULUCF 2000-Tabela 4.1). Pode-se aumentar o acúmulo de carbono por meio de práticas aprimoradas quando as áreas de pastagem são manejadas intensamente ou quando são unidades de conservação. Espécies nativas adequadamente manejadas podem aumentar a biodiversidade associada a áreas de pastagem. As espécies nativas também são, freqüentemente, mais tolerantes às variações climáticas do que as espécies exóticas, e podem proporcionar habitat essencial para os animais. Buckland et al. (2001) sugerem que espécies perenes de gramas nativas têm potencial de se estabelecerem e competir efetivamente com espécies anuais, melhorando a estabilidade do sistema. Áreas de pastagem também podem se tornar mais produtivas, por exemplo, por meio da fertilização, entretanto, isto poderá reduzir a biodiversidade de savanas nativas.

4.9 SEQÜESTRO DE CARBONO EM SISTEMAS OCEÂNICOS, ÁREAS ALAGADAS E FORMAÇÕES GEOLÓGICAS

Oceanos e áreas alagadas são enormes reservatórios de carbono; atualmente, há aproximadamente cinquenta vezes mais carbono nos oceanos do que na atmosfera. Os oceanos proporcionaram um sumidouro de até 30% das emissões antrópicas de dióxido de carbono (Raven e Falkowski, 1999). Entretanto, essas atividades não podem gerar créditos para atender os compromissos sob o Protocolo de Kyoto.

Os ecossistemas marinhos podem proporcionar oportunidades de mitigação para remoção de CO₂ da atmosfera, mas as implicações para a biodiversidade e o funcionamento de ecossistema não estão bem compreendidas. A mitigação de impactos de mudança de clima, por meio da introdução direta, em águas marinhas, de dióxido de carbono derivado de combustível fóssil, foi proposta inicialmente em 1977. Subseqüentemente, outras propostas foram desenvolvidas para injetar o gás CO₂ em águas de profundidade intermediária (800m), por meio de dutos fixos na costa (Drange et al. 2001) ou dutos rebocados por navios. Outras propostas consideram a emissão de CO₂ em águas profundas para formar um lago coberto com clatrato de CO₂ (Brewer 2000).

Todos os esquemas oceânicos propostos de estoque de CO₂ têm potencial para causar perturbações ecossistêmicas (Raven e Falkowski 1999). O dióxido de carbono introduzido em águas profundas irá alterar o pH da água do mar, com consequências potencialmente adversas para os organismos marinhos (Ametistova et al. 2002). Um declínio do pH associado à nuvem de gás CO₂ pode interromper a nitrificação marinha e levar a fenômenos imprevisíveis, no nível ecossistêmico e de comunidade (Huesemann et al. 2002). Organismos impossibilitados de evitar regiões de baixo pH, devido à mobilidade limitada, serão mais afetados; camadas de água de pH baixo podem prevenir a migração vertical de espécies e alterar a composição de partículas, afetando a disponibilidade de nutrientes (Ametistova et al. 2002). Os organismos do fundo do mar são altamente sensíveis a mudanças no pH e concentrações de CO₂ (Seibel e Walsh 2001). Portanto, mesmo pequenas mudanças no pH ou CO₂ podem ter consequências adversas para a ecologia do fundo do mar e, portanto, para os ciclos biogeoquímicos globais que dependem destes ecossistemas (Seibel e Walsh 2001). A introdução de CO₂ em ecossistemas de montes marinhos, que são essencialmente os topos das montanhas ou de cadeias de montanhas abaixo do mar, levanta outras questões adicionais. Apesar dos dados serem limitados, parece que os montes marinhos têm altos níveis de biodiversidade endêmica; isto é, contêm espécies singulares que não são encontradas em nenhum outro lugar do mundo (Koslow et al. 2000, Forges et al. 2000). As implicações globais ecológicas e de biodiversidade, da liberação de CO₂ oceânico, são bastante incertas, especialmente para sistemas bênticos, devido à falta de conhecimento sobre os conjuntos de fauna prováveis de serem afetados, e a extensão das áreas afetadas. É importante observar que estas atividades provavelmente ocorrerão em alto mar, fora da jurisdição nacional.

A fertilização oceânica é outro tipo de sequestro de carbono. O conceito de mitigação de mudança de clima, por meio do aumento do sequestro biológico de dióxido de carbono em ambientes oceânicos (IPCC 2001a) focalizou principalmente a fertilização do micronutriente limitante, o ferro, em águas marinhas que têm altos níveis de nitrato e baixos níveis de clorofila (Boyd et al. 2000). O objetivo é promover o crescimento de fitoplâncton, que por sua vez irá fixar quantidades significativas de carbono. A introdução de nitrogênio no oceano superficial como um fertilizante, também foi sugerida (Shoji e Jones 2001). Entretanto, a efetividade da fertilização do oceano como meio de mitigação de mudança de clima pode ser limitada (Trull et al. 2001, Buesseler e Boyd 2003).

As consequências de introduções de ferro em grande quantidade e em longo prazo permanecem incertas. Há diversos mecanismos de retroalimentação entre sistemas oceânicos e clima, e há um risco de quebrar-se o atual funcionamento do maior ecossistema da Terra por meio de atividades de mitigação. Há preocupações de que a introdução de ferro poderia alterar cadeias alimentares e ciclos biogeoquímicos nos oceanos (Chisholm et al. 2001), causando efeitos adversos na biodiversidade. Há também possibilidades de pragas ou florescimentos de fitoplâncton tóxico e o risco de ausência de oxigênio no oceano profundo em decorrência de fertilização continuada (Hall and Safi 2001). Uma série de introduções experimentais de ferro no Oceano Antártico promoveu um florescimento de fitoplâncton (Boyd et al. 2000), mas também produziu mudanças

significativas na composição da comunidade e na cadeia alimentar microbiana (Hall and Safi 2001).

Áreas alagadas têm impactos positivos sobre a qualidade da água, proporcionam proteção contra inundações locais, ajudam a controlar a erosão do solo e costeira, e são importantes reservatórios de biodiversidade singular. Elas servem também como corredores para muitas espécies que migram longas distâncias e são importantes áreas de reprodução de peixes. A revegetação de longo prazo (isto é, restauração ecológica) de antigas áreas alagadas pode aumentar o seqüestro de carbono, mas pode levar a aumentos das emissões de outro gás. Áreas alagadas são importantes reservatórios de biodiversidade. Portanto, a restauração de áreas alagadas que tenham sido drenadas anteriormente para agricultura ou silvicultura, irá proporcionar importantes benefícios: melhoramento na qualidade da água, controle de erosão do solo e costeira, bem como proporcionar proteção contra inundações locais (IPCC, 2000). A restauração de áreas alagadas irá aumentar o armazenamento de carbono como matéria orgânica, mas poderá aumentar também as emissões de metano (CH₄).

Os efeitos do seqüestro de carbono em formações geológicas sobre a biodiversidade não são bem compreendidos. Assim como o seqüestro de carbono marinho, esta opção não está incorporada explicitamente no Protocolo de Kyoto, mas o potencial técnico é bem grande, e os setores governamental e privado estão fazendo grandes investimentos em pesquisa para o desenvolvimento adicional desta alternativa. As implicações de biodiversidade das diferentes tecnologias aplicadas (armazenamento em campos de óleo, camada de carvão e aquíferos) não são bem compreendidas; efeitos negativos possíveis podem ser conseqüentes da liberação de dióxido de carbono de armazenamentos do subsolo, ou, da mudança das propriedades químicas da água subterrânea (Reichle et al.1999).

4.10 ATIVIDADES DE ENERGIA

Cerca de 60% das emissões antrópicas globais de gases de efeito estufa originam-se da geração e do uso de energia. Portanto, a maioria dos esforços de mitigação focaliza a energia em seus aspectos de produção, transporte e aquecimento de espaços.

Uma proporção substancial das emissões antrópicas de gases de efeito estufa originam-se de fontes não energéticas. Estão sendo tomadas medidas para eliminar as emissões de fontes tais como, disposição de resíduos, silvicultura e agricultura, bem como para aumentar as remoções. Por definição, estas ações proporcionam benefícios ambientais em termos de mudança de clima; podem ter efeitos benéficos ou adversos sobre a biodiversidade. Abaixo são discutidos os impactos potenciais sobre a biodiversidade de ações para reduzir as emissões.

No setor energético, as opções de mitigação que podem afetar a biodiversidade incluem o aumento do uso de fontes renováveis de energia, tais como a bioenergia, a energia eólica e solar e energia hídrica. Algumas atividades que aumentam a eficiência na geração ou uso de combustíveis fósseis não são discutidas neste relatório, mas tam-

bém podem ter efeitos benéficos sobre a biodiversidade. O aprimoramento da eficiência nestes tipos de atividades reduzirá o uso de combustível fóssil, reduzindo também, desta forma, os impactos da mineração, extração, transporte e queima de combustíveis fósseis sobre a biodiversidade.

4.10.1 Uso de biomassa/Bioenergia

O uso de biomassa (material vegetal) como combustível pode mitigar os impactos da mudança de clima por meio do declínio do uso de combustível fóssil. Os transportadores de biomassa acumulam energia solar na forma de material orgânico, e esta pode ser usada em qualquer momento. A variedade de formas de biomassa é uma vantagem adicional: podem ser usadas no estado sólido, líquido ou gasoso para produzir tanto a eletricidade quanto calor, ou ambos. Durante seu crescimento as plantas assimilam dióxido de carbono da atmosfera. O CO_2 é liberado durante a combustão. Portanto, o uso da bioenergia produz um balanço zero de CO_2 . Qualquer diferença dependerá da quantidade de combustíveis fósseis usados para produzir, colher e converter transformadores de bioenergia. De modo geral, o uso de resíduos agrícolas ou florestais requer menor uso incremental de energia fóssil do que o cultivo de colheitas que requerem energia especializada. Entretanto, as emissões de combustíveis de biomassa ainda incluem componentes tais como partículas de sulfato e carbono preto, ou gases (tais como, N_2O e CH_4) que têm efeitos negativos sobre o meio ambiente.

Atualmente, a bioenergia responde por 11% do consumo global primário de energia (419 EJ) (Goldemberg 2000). Em alguns países desenvolvidos, a contribuição da bioenergia pode chegar a 90% do total do consumo de energia, no entanto, a média para países em desenvolvimento é de 33% (Hall 1997). De acordo com os cálculos do IPCC, cultivos para fins energéticos podem suprir muito da bioenergia moderna, que pode ser cultivada em cerca de 10% da área de terra do mundo (Tabela 4.2). Para atingir o potencial técnico indicado pelos cálculos do IPCC seria necessário reservar grandes áreas na América Latina e na África para cultivos de bioenergia.

Apesar das várias vantagens, tais como a disponibilidade global e diversidade de usos, a bioenergia também trás riscos para a biosfera global e para a segurança alimentar. Para explorar a bioenergia no potencial apresentado no Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC (IPCC, 2000 a,b,c) poderá ser necessário converter a vegetação natural, especialmente florestas, em plantações de bioenergia, o que causaria uma perda significativa de biodiversidade nas regiões afetadas. Vários estudos mostraram que as plantações de árvores para fins energéticos abrigam menos espécies e indivíduos reprodutivos de aves e mamíferos do que as florestas circunvizinhas e áreas de arbustivas (Hanowski et al. 1998). Além disso, estas plantações não são colonizadas por animais da floresta, mas por espécies típicas de paisagens abertas (Christian et al. 1997; 1998). A introdução de cultivos madeireiros para fins energéticos, em espaços abertos, muda a dinâmica de comunidades silvestres e poderá resultar na fragmentação de savanas, precipitando a perda de espécies que dependem de grandes áreas abertas (Paine et al. 1996).

Tabela 4.2: Comparação entre vários estudos que calculam os potenciais globais de bioenergia

Estudo	IPCC (2001 a,b,c)	Kaltschmitt et al. (2002)	Fischer e Schrattenholzer (2001)
Potencial (EJ)	396 (+45)	104	370-450
Áreas para cultivos de bioenergia	~10% de área de terra do planeta	~2.5% de área de terra do planeta	Toda a área de campina
	16% da África		
	32% da América Latina		
Produção para cultivos de bioenergia	Alta	Moderada	Moderada
[t ha ⁻¹]	15	6.7	4.7
Uso de residuo (média) [t ha ⁻¹]	Sem dados	Floresta: 0.5	Floresta: 1.4
		Agricultura: 0.7	Agricultura: 1.2

No entanto, os cultivos para geração de bioenergia podem resultar em impactos neutros ou positivos sobre a biodiversidade se vários aspectos forem considerados.

- (a) Plantações para a geração de bioenergia que não substituem a vegetação natural e sim áreas de cultivos ou áreas de pastagem não nativas (por exemplo, pastos ou plantações manejadas) em áreas afetadas pela degradação ou erosão, podem resultar na melhoria da fertilidade e estrutura do solo. Modelos precisos de uso do solo, tais como aqueles desenvolvidos para o nordeste do Brasil (Schneider et al. 2001), podem identificar áreas adequadas e evitar a competição com áreas de produção de alimentos.
- (b) Plantações para a geração de bioenergia que contêm um alto nível de heterogeneidade estrutural são melhores para a biodiversidade do que grandes monoculturas homogêneas (Christian et al. 1994). Exemplos destas plantações são parcelas estabelecidas com fragmentos de diferentes espécies ou clones.
- (c) O uso de espécies nativas que sejam semelhantes, tanto quanto possível, à vegetação natural de certa região. Por exemplo, plantações de uma espécie de gramínea (*Panicum virgatum*) na região de pradarias da América do Norte, proporcionam habitat adequado para espécies silvestres nativas (Paine et al. 1996).
- (d) Cultivos perenes de para fins energéticos necessitam menos agroquímicos do que cultivos anuais, que são freqüentemente mais produtivos (Graham et al. 1996, Paine et al. 1996, Zan et al. 2001).

4.10.2 Madeira para lenha como um caso especial de bioenergia

Mais da metade da produção mundial total de toras de madeira é usada como combustível de lenha, e estima-se que o consumo de lenha e carvão, em países tropicais, aumente de 1.3 bilhões de m³, em 1991, para 3.4 bilhões de m³ até 2050 (Schulte-Bis-

ping et al. 1999). Nas áreas rurais da maioria dos países desenvolvidos, a lenha coletada em áreas florestais comunitárias é a principal fonte de energia doméstica (Heltberg et al. 2000). Em vários países da Ásia e da África, por exemplo, China, Índia e Quênia, o consumo de madeira excede as taxas de crescimento da vegetação. Vários autores descreveram o ciclo induzido pela escassez de lenha: maiores esforços para encontrar lenha resultam em maior degradação ambiental, o que por sua vez intensifica a escassez de lenha (Heltberg et al. 2000, Köhlin e Parks 2001). A integração da produção sustentável de lenha em projetos de manejo florestal, florestamento/reflorestamento, agroflorestamento, revegetação e manejo de campina, ajudará a reduzir a pressão sobre florestas e sua biodiversidade.

A extensão da degradação ambiental e os efeitos para a biodiversidade dependem do tipo de madeira coletada. Normalmente, os catadores de lenha coletam primeiro a madeira seca caída no solo da floresta, antes de quebrar galhos secos ou troncos de árvores vivas (Du Plessis 1995). A remoção destes substratos pode afetar uma variedade de espécies, que usam a madeira morta como alimento, abrigo ou ninhos. A interrupção dos fluxos de nutrientes que suprem o solo por meio da decomposição da madeira, pode perturbar ou mesmo eliminar decompositores bióticos, como os insetos, fungos e micróbios (Shankar et al. 1998). Efeitos semelhantes são causados pela remoção excessiva de mudas de arbustos e árvores de grande porte em vilarejos comunitários na Índia (Ravindranath e Hall 1995). Liu et al. (1999) observaram que o declínio do habitat do panda gigante, na Reserva Natural Wolong, na China, na medida em que houve crescimento da população e, portanto, na demanda por lenha.

Medidas para a conservação da madeira lenhosa, tais como fogões a gás mais eficientes, fogões que utilizem a energia solar e o biogás, têm o potencial de reduzir a pressão sobre florestas e, portanto, conservar os reservatórios de carbono e a biodiversidade. O biogás derivado da decomposição anaeróbica de resíduos de cultivos e fezes de gado, pode substituir potencialmente a lenha, no nível residencial e comunitário. O mesmo se aplica ao uso da energia solar. Portanto, as atividades de mitigação voltadas para a redução do uso de lenha na culinária e aquecimento, por meio de melhorias na eficiência (aprimoramento de fogões e do biogás) e mudanças no comportamento da população local, podem reduzir significativamente a pressão sobre florestas contribuindo assim para a conservação da biodiversidade. Entretanto, em algumas circunstâncias, como em países Mediterrâneos, o fim da colheita de lenha de mato (brushwood) resultou em aumento do risco de queimadas e, conseqüentemente, uma ameaça potencial sobre a biodiversidade.

4.10.3 Energia hídrica e represas

A energia hídrica tem sido promovida como uma tecnologia com potencial significativo para mitigar a mudança de clima, por meio da redução da intensidade de gases de efeito estufa da produção de energia (por exemplo, Associação Internacional de Hidrenergia 2000). As emissões de gases de efeito estufa na maioria dos projetos de hidroenergia são relativamente baixas, com exceção de grandes lagos rasos em áreas tropicais

com vegetação densa, onde as emissões de metano (CH_4) da vegetação em decomposição podem ser substanciais. Atualmente, cerca de 19% da eletricidade do planeta é produzida a partir da energia hídrica. Enquanto na Europa e na América do Norte já se utilizou uma grande proporção do potencial de energia hídrica, nos países em desenvolvimento explorou-se uma proporção menor do maior potencial. Dos primeiros 25 projetos que estão em processo de validação no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, desde agosto de 2002, sete deles eram projetos hídricos (Pearson, no prelo).

As emissões de dióxido de carbono e de metano, causadas pelas represas e reservatórios, podem ser um fator limitante no uso da energia hídrica para mitigar a mudança de clima. Pesquisas preliminares sugerem que as emissões das represas e reservatórios, em todo planeta, podem ser equivalentes a aproximadamente 1/5 do total estimado das emissões antrópicas de metano (CH_4) e 4% das emissões antrópicas de dióxido de carbono. No entanto, a ciência da quantificação das emissões de reservatórios ainda está em desenvolvimento e sujeita a muitas incertezas. Uma das principais questões que necessita estudo adicional é a compreensão de como as represas e reservatórios afetam o ciclo de carbono nas bacias hidrográficas. As medidas das emissões brutas do reservatório podem sub ou sobre estimar significativamente as emissões líquidas, dependendo de como os fluxos de carbono existentes antes das represas tenham sido afetados (Comissão Mundial sobre Represas 2000a).

O desenvolvimento de energia hídrica em larga escala pode também ter outros custos ambientais e sociais altos. A promoção de energia hídrica em larga escala, para a mitigação de clima, pode ter sérios impactos sobre a biodiversidade, especialmente sobre ecossistemas aquáticos e ciliares. A Comissão Mundial sobre Represas (Comissão Mundial sobre Represas 2000b), patrocinada pelo Banco Mundial/IUCN, concluiu que grandes represas têm muitos impactos, negativos em sua maioria, sobre ecossistemas. Estes impactos são complexos, variados e geralmente afetam profundamente a natureza. Em muitos casos, as represas resultaram em perdas irreversíveis de populações de espécies e ecossistemas. Reservatórios de represas resultam em perda de terras, o que pode levar à perda de biodiversidade terrestre local. As represas podem impedir também a migração de peixes, uma parte essencial do ciclo de vida de algumas espécies e, portanto, danificar os recursos de pesca causando impactos sociais associados sobre populações locais. A alteração na periodicidade, fluxo, pulso de inundações, conteúdo de oxigênio e sedimentos da água, pode reduzir a biodiversidade aquática e terrestre. Mudanças sistemáticas nos *habitats* aquáticos, devido aos projetos de energia hídrica, podem ter efeitos negativos cumulativos sobre espécies aquáticas e semi-aquáticas especializadas. A perturbação de ecossistemas aquáticos em áreas tropicais pode resultar também em efeitos ambientais indiretos; por exemplo, o aumento de patógenos e seus hospedeiros intermediários podem levar ao aumento de doenças humanas, tais como a malária, esquistossomose, filariase e febre amarela. Os impactos ambientais de usinas de energia hídrica estão resumidos na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Tipologia dos principais impactos ambientais da energia hídrica (McCully 1996).

Impactos devidos à presença de represas e reservatórios	Impactos devidos ao padrão de operação da represa
Mudança a montante, do vale do rio ao reservatório (inclui inundações de <i>habitats</i> terrestres e a conversão de <i>habitats</i> aquáticos de áreas alagadas e ribeirinhas para áreas lacustres).	Mudanças na hidrologia a jusante; mudanças nos fluxos totais; mudanças na periodicidade de fluxos sazonais; flutuações de curto prazo nos fluxos; mudança nos fluxos altos e baixos extremos.
Mudanças na morfologia a jusante do leito, margens, delta, estuário e curso do rio, devido à alteração na deposição de sedimentos.	Mudanças na morfologia a jusante causada pela alteração de padrões de fluxo.
Mudanças na qualidade da água a jusante: efeitos sobre a temperatura do rio, deposição de nutrientes, turvação, bases dissolvidas, concentração de metais e metais pesados.	Mudanças na qualidade da água a jusante causadas pela alteração nos padrões de fluxo.
Redução de biodiversidade devido ao bloqueio do movimento de organismos e das mudanças acima.	Redução da diversidade de <i>habitats</i> ribeirinhos/ciliares/várzea, especialmente devido à eliminação de inundações.

Os impactos de projetos específicos de hidro-energia sobre o ecossistema variam amplamente e podem ser minimizados dependendo de alguns fatores, inclusive, tipo e condição de ecossistemas antes da represa, tipo e operação da represa e altura da represa e área do reservatório. Instalações bem desenhadas, por exemplo, que utilizem tecnologias modernas formando cascatas de água por meio de muitas represas e hidroelétricas menores, podem reduzir os impactos ambientais adversos do sistema. Sistemas hidroelétricos menores e de micro escala têm, normalmente, baixos impactos ambientais, mas os efeitos cumulativos de muitos projetos em um rio podem ter impactos consideráveis sobre a biodiversidade em uma área mais ampla. De modo geral, projetos de fios d'água terão menos impactos do que represas com grandes reservatórios²⁶, mas também podem ter efeitos graves sobre a biodiversidade. Estes impactos se devem especialmente ao bloqueio da migração de peixes, por causa da barreira física da parede da represa ou por meio do desvio de uma faixa do rio abaixo da represa. Impactos cumulativos de pequenas represas sobre a biodiversidade precisam ser considerados, mesmo quando instalações individuais tenham apenas um pequeno impacto (Comissão Mundial de Represas 2000b).

O desenho e a operação apropriada de reservatórios e represas podem diminuir seus impactos sobre a biodiversidade. Outra determinante importante dos impactos de represas é a sua localização dentro do sistema do rio. As represas próximas às cabeceiras de tributários tenderão a ter menos impactos do que represas no leito principal, que po-

²⁶ O termo fio d'água é mal definido, mas refere-se a projetos com capacidade de armazenamento bem pequena, pertinente à vazão do rio.

dem causar perturbações em toda a bacia (ver, por exemplo, Pringle 1997). A proteção de represas contra o assoreamento pode ser um incentivo principal para a conservação de biodiversidade na forma de medidas de reflorestamento e florestamento na área da bacia. A Comissão Mundial de Represas publicou uma lista completa de diretrizes para o planejamento hídrico e energético, que pode ser útil a este respeito (Comissão Mundial de Represas 2000b).

4.10.4 Energia eólica

A energia eólica desempenha um papel importante no desenvolvimento de energia renovável; o uso da energia eólica está crescendo rapidamente e é uma das estratégias para mitigar a mudança de clima. A capacidade instalada adicionalmente, em 2001, foi 6824 MW mundialmente (Krogsgaard e Madsen 2002). A energia eólica é atualmente, ao lado da energia hídrica, a fonte renovável de energia elétrica mais importante. A Europa responde por mais de 70% do total da capacidade instalada no planeta, e os Estados Unidos são responsáveis por 18%. Na Alemanha, 37% da capacidade mundial está conectada à rede (Brown 2002, Bundesverband Windenergie 2002). Além de instalações continentais, o desenvolvimento de fazendas eólicas na costa marinha, será acelerado no futuro.

A construção e a operação de usinas de energia eólica, continentais e marinhas, podem causar impactos negativos sobre o meio ambiente natural. Programas de pesquisa, detalhados e de longo prazo, são necessários para proporcionar dados sobre os efeitos de fazendas eólicas continentais e marinhas sobre o meio ambiente natural e diversidade biológica. Fazendas eólicas continentais causam impactos sobre a fauna, especialmente a avifauna, comprovadamente. Fazendas de energia eólica podem conduzir também a perda direta e/ou indireta de habitat (Ketzenberg et al. 2002), o que poderá ser crítico para espécies raras. A maioria dos estudos demonstrou baixos níveis de mortalidade por colisão, mas mesmo assim estes níveis podem ser significativos para algumas espécies (BfN 2000, e referências contidas). Estudos realizados até o momento indicam a sensibilidade de espécies de aves e localizada, mas pesquisas adicionais são necessárias. (Anderson et al. 1999, Kruckenberg e Laene 1999, Leddy et al. 1999, Morrison et al. 1998, Winkelmann 1992).

Atualmente, o conhecimento dos efeitos de fazendas eólicas marinhas sobre a avifauna (rotas de migração), é menor do que a informação disponível sobre fazendas continentais (Garthe 2000). Sabe-se pouco sobre os impactos sobre os mamíferos marinhos, peixes e comunidades bióticas do fundo do mar (Merck e Nordheim 1999), mas, há um alto risco potencial de desorientação e deslocamento de mamíferos marinhos devido ao barulho durante a construção e operação de fazendas eólicas. As comunidades bênticas e os peixes podem ser afetados pela perda direta de habitat (durante construções) ou por meio da reorganização do sedimento. A contribuição de substratos sólidos (fundação de concreto ou aço) também pode afetar a biodiversidade negativamente. Entretanto, o conhecimento atual sobre estes impactos ainda é limitado. O planejamento de uso do solo pode ajudar a identificar áreas biologicamente sensíveis e prevenir que

sejam negativamente impactadas (Huggett 2001). A Alemanha, por exemplo, está atuando sobre suas estratégias não continentais de energia eólica (BMU 2002), identificando áreas ecologicamente sensíveis e definindo simultaneamente áreas de qualificadas para a energia eólica. Paralelamente a esta estratégia está sendo executado um plano extensivo de pesquisa, relativo aos possíveis efeitos ambientais de fazendas eólicas.

4.11 OPÇÕES PARA ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DE CLIMA

O Painel Intergovernamental sobre Mudança de Clima definiu adaptação como o ajuste nos sistemas natural e humano a um meio ambiente novo ou em mudanças. No contexto da mudança de clima, adaptação se refere ao ajuste nas práticas, processos ou estruturas em resposta a estímulos climáticos, ou seus efeitos, atuais ou esperados, junto ao esforço para reduzir a vulnerabilidade do sistema e suavizar seus impactos adversos. Enquanto os ecossistemas podem, até certo ponto, adaptarem-se naturalmente às condições de mudanças, a adaptação nos sistemas humanos requer: a conscientização dos impactos potenciais da mudança de clima, a necessidade de adotar ações, a compreensão das estratégias, medidas e meios disponíveis para avaliar respostas adaptáveis, e a capacidade de implementar opções efetivas. Na discussão a seguir, o termo adaptação não inclui a resposta autônoma de sistemas naturais à mudança de clima (por exemplo, aos níveis alterados de CO₂).

Atividades de adaptação podem incluir políticas e programas para:

- (a) Aumentar a robustez das infra-estruturas e investimentos aos impactos de mudança de clima (por exemplo, expansão das zonas de amortecimento contra elevação do nível do mar);
- (b) Desestimular investimentos que aumentariam a vulnerabilidade em sistemas sensíveis à mudança de clima;
- (c) Aumentar a flexibilidade de sistemas manejados para que se acomodem e adaptem à mudança de clima;
- (d) Aprender com os sistemas naturais e aumentar sua resiliência e adaptabilidade; e
- (e) Reverter tendências mal adaptadas no desenvolvimento, manejo e uso de recursos (por exemplo, reduzindo subsídios associados ao uso ineficiente de energia e água; GEF 2003).

A inércia²⁷ em sistemas climáticos, ecológicos e socioeconômicos torna a adaptação inevitável e necessária em alguns casos. A mitigação da mudança de clima é, em si mesma, um empreendimento de longo prazo. Mesmo que todas as adições antrópicas de gases de efeito estufa na atmosfera parassem imediatamente, o aquecimento global e os impactos associados como a elevação do nível do mar, continuariam existindo por

²⁷ De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudança de Clima, inércia significa atraso, desaceleração ou resistência na resposta do sistema de clima, biológico ou humano a fatores que alterem sua taxa de mudança, inclusive a continuidade da mudança no sistema mesmo após a remoção da causa daquela mudança.

muitas décadas (IPCC 2001d). Portanto, as opções de mitigação apenas (ver Seção 4.4) podem não ser adequadas para reduzir os impactos da mudança de clima sobre a biodiversidade e os ecossistemas; as atividades de adaptação precisam ser consideradas juntamente com as opções de mitigação.

Atividades de adaptação à mudança de clima serão necessárias em todos os países e na maioria dos setores. As atividades de adaptação podem ser necessárias, por exemplo, para o manejo da água, da agricultura e de florestas, e para o desenvolvimento de infra-estrutura. Considera-se, de modo geral, que as opções de adaptação são melhores realizadas como parte de uma abordagem global para o desenvolvimento sustentável, integrada, por exemplo, a estratégias nacionais de biodiversidade e planos de ação. Como mencionado na Seção 4.3, a abordagem ecossistêmica proporciona uma estrutura unificadora para atividades de adaptação à mudança de clima no contexto do desenvolvimento sustentável. A implementação de sistemas apropriados de monitoramento ajudará a detectar tendências potenciais de mudanças na biodiversidade e ajudar no planejamento de estratégias de manejo adaptável.

4.11.1 Opções de adaptação para reduzir os impactos negativos da mudança de clima sobre a biodiversidade

A adaptação é necessária não apenas para as projeções de mudança de clima, mas também porque a mudança de clima já está afetando muitos ecossistemas. As opções de adaptação incluem atividades voltadas para a conservação e restauração de ecossistemas nativos, o manejo de *habitats* para espécies raras, ameaçadas ou em extinção, e a promoção e melhoramento dos serviços de ecossistemas.

A redução de outras pressões sobre a biodiversidade decorrentes da conversão de *habitats*, sobre exploração, poluição e invasões de espécies exóticas, são importantes medidas de adaptação à mudança de clima. Como a mitigação de mudança de clima é, em si mesma, um empreendimento de longo prazo, a redução de outras pressões pode ser uma das opções mais práticas. Por exemplo, a melhoria da saúde de recifes de coral poderá permitir que se tornem mais resilientes ao aumento da temperatura da água e reduzir o branqueamento (ver Seção 4.11.4).

Uma medida importante de adaptação é contrapor a fragmentação de *habitats*, por meio do estabelecimento de corredores biológicos entre áreas protegidas, especialmente em florestas. De modo geral, pode ser benéfico para a biodiversidade o estabelecimento de um mosaico de áreas protegidas terrestres, de água doce, e marinhas, interconectadas e de uso múltiplo, desenhado para levar em consideração as projeções de mudança de clima.

Embora algumas áreas protegidas sejam extensas, o conjunto completo de espécies locais, inclusive sua variação genética total, geralmente está ausente, pois a maioria das reservas é muito pequena para conter as exigências de *habitats* de todas as espécies (Kramer et al. 1997). A biodiversidade afeta, e é afetada, por processos ecológicos que abrangem, tipicamente, escalas espaciais maiores do que a área compreendida em uma área protegida (Schulze e Mooney 1993, Capítulos 2 e 3). E, como a biodiversidade

responde íntimamente à mudança de clima, com alterações nas distribuições de espécies, entre outros efeitos, poderá ser necessário focar esforços em ações que aumentem a resiliência de áreas protegidas existentes em relação a futuras mudanças de clima, e reconhecer, ao mesmo tempo, que alguma mudança é inevitável como consequência da resposta das espécies à mudança de clima. Por exemplo, muitas espécies têm populações que se expandem além dos atuais limites da reserva; no Alasca e no Canadá, não é possível proteger todos os rebanhos de caribus migratórios (*Rangifer tarandus*), pois estes cobrem dezenas de milhares de km².

Redes de reservas e corredores de conexão proporcionam rotas de dispersão e migração para vegetais e animais. O estabelecimento e manejo de reservas (inclusive reservas marinhas e costeiras) e áreas protegidas deverão levar em consideração a mudança potencial de clima para que o sistema de reservas continue a alcançar seu potencial total. As opções incluem corredores ou matrizes de *habitats* que conectem reservas e paisagens, atualmente fragmentadas, para que proporcionem potencial para migração. Em muitas situações, os corredores podem ser usados para conectar *habitats* fragmentados. Por exemplo, pode-se desenhar faixas de quebra-ventos agrofloretais através de áreas agrícolas para conectar fragmentos de florestas. Um corredor pode ser, simplesmente, áreas de *habitats* suficientemente próximas umas das outras (isto é, funcionalmente ligadas) para permitir a dispersão. No entanto, é preciso compreender ainda sua extensão apropriada e a composição de espécies, como manejar as margens dos corredores, e qual o padrão ideal de fragmentos dentro da matriz das áreas de entorno. Muitos corredores podem ser úteis para os animais, porém sua utilidade para mover as plantas ou tipos completos de vegetais, de acordo com a mudança de clima, é menos certa. As zonas de transição entre tipos de ecossistemas, dentro e entre reservas (ecótonos), são regiões de repositórios de diversidade genética que podem ser utilizadas para restaurar regiões degradadas adjacentes. Portanto, medidas adicionais de adaptação podem ser necessárias em ecótonos. Como medida de segurança, tais abordagens podem ser complementadas pela conservação *ex situ*.

A conservação de biodiversidade e a manutenção da estrutura e função de ecossistema são importantes estratégias de adaptação à mudança de clima porque populações geneticamente diversas e ecossistemas com diversidade de espécies têm maior potencial de adaptação à mudança de clima. A conservação de biodiversidade, no nível de espécie e genético (inclusive cultivo de alimentos, árvores e criação de raças de animais), significa que as opções para a melhor adaptação das sociedades humanas à mudança de clima se mantêm abertas. Enquanto alguns serviços de controle natural de peste, polinização, estabilização do solo, controle de inundações, purificação da água e dispersão de sementes podem ser substituídos quando danificados ou destruídos pela mudança de clima, as alternativas técnicas podem ser onerosas e, portanto, não viáveis para aplicação em muitas situações.

A criação de animais em confinamento, a conservação ex situ de plantas, e programas de translocação podem ser usados para aumentar ou restabelecer algumas espécies ameaçadas ou sensíveis. A criação em confinamento e a translocação, quando

combinadas à restauração de *habitats* e conservação *in situ*, podem ser bem sucedidas ao prevenir a extinção de pequenos números de taxa fundamentais, sob mudanças de clima pequenas e moderadas. A criação em confinamento, direcionada à re-introdução e translocação será, provavelmente, menos bem sucedida se a mudança de clima for mais drástica, pois tal mudança poderá resultar em modificações de larga escala nas condições ambientais, inclusive perdas ou alterações significativas de *habitats* existentes de algumas ou todas as distribuições de espécies. De qualquer modo, é tecnicamente difícil, frequentemente onerosa e improvável de ser bem sucedida quando não há total conhecimento sobre a biologia da espécie (Keller et al. 2002).

As mudanças de populações de espécies ameaçadas para adaptação às zonas de mudança de clima são repletas de incertezas científicas e custos consideráveis. Deve-se dar atenção especial às espécies de pequena dispersão, especialistas, com pequenas populações, espécies endêmicas com dispersão restrita, àquelas que são geneticamente isoladas ou àquelas que tenham um papel importante na função do ecossistema. Estas espécies podem ser ajudadas por meio da provisão de corredores de migração (por exemplo, pelo estabelecimento de reservas com direcionamento norte-sul), mas muitas poderão necessitar de migração assistida para que possam acompanhar o ritmo no qual seus *habitats* adequados se movem de acordo com a mudança de clima. A sobreposição de uma nova biota sobre uma biota regional, que esteja enfrentado mais problemas decorrentes do aquecimento de clima, provavelmente será uma adaptação controversa.

4.11.2 Conseqüências das atividades de adaptação sobre ecossistemas e biodiversidade

Atividades de adaptação podem ser necessárias para reduzir os impactos da mudança de clima sobre o bem-estar da humanidade. Algumas destas medidas de adaptação podem ameaçar a biodiversidade, no entanto, os efeitos negativos podem ser mitigados, frequentemente, por meio de um desenho cuidadoso. Dependendo da localização, algumas atividades de adaptação de mudança de clima podem ter impactos benéficos, ou adversos, sobre a biodiversidade.

Barreiras físicas, como medidas de adaptação, podem ser necessárias para proteger contra eventos climáticos extremos (por exemplo, empilhamento da superfície da água e inundações), e podem ter impactos positivos ou negativos sobre a biodiversidade. Em termos de impactos negativos, a perda de biodiversidade, devido a medidas de adaptação, pode enfraquecer as funções do ecossistema resultando em maior vulnerabilidade a futuras mudanças de clima. Por exemplo, em alguns casos, alguns ecossistemas em pequenas ilhas podem ser amplamente destruídos pelos esforços para obter materiais de construção para proteção da costa. Por outro lado, determinadas opções de adaptação podem beneficiar a biodiversidade; por exemplo, a preservação de ecossistemas que servem como proteção natural contra impactos potenciais da mudança de clima, tais como florestas de manguezais e barreiras de coral, e o estabelecimento estratégico de áreas alagadas artificiais. Respostas tradi-

cionais à mudança de clima (por exemplo, construção sobre palafitas e uso de materiais de construção nativos, utilizáveis e prontamente disponíveis) demonstraram ser respostas efetivas em muitas regiões.

O uso de pesticidas e herbicidas poderá crescer para controlar novas pestes e doenças e espécies exóticas invasoras resultantes da mudança de clima. Isto pode resultar em danos para comunidades existentes de vegetais e animais, qualidade da água e saúde humana. As respostas humanas à mudança de clima podem contribuir sinergeticamente também às pressões existentes; por exemplo, caso novos surtos de pestes sejam combatidos com por meio de uso de mais pesticidas, as espécies não-alvo podem ter que suportar estressores relacionados ao clima e outros ligados a contaminantes. Além disso, espécies não-alvo podem incluir predadores naturais de outras pestes, criando, portanto, mais problemas devido a surtos mais freqüentes de pestes. Em alguns casos, o uso de manejo integrado de pestes pode proporcionar uma solução mais adequada, especialmente na agricultura.

Mudanças na agricultura, e o crescimento do uso da aqüicultura, inclusive da maricultura, utilizadas para compensar as perdas na produção de alimentos induzidas pelo clima, podem ter efeitos negativos sobre ecossistemas naturais e biodiversidade associada. Entretanto, poderá haver oportunidade também para a agricultura e aqüicultura sustentáveis.

4.11.3 A contribuição da biodiversidade às opções de adaptação

A proteção, restauração ou o estabelecimento de ecossistemas biologicamente diversos, que proporcionem bens e serviços importantes, podem ser medidas de adaptação fundamentais para complementar bens e serviços existentes, em antecipação a pressões ou demandas crescentes, ou para compensar possíveis perdas. Apesar da observação de que a mudança de clima afeta os ecossistemas e sua biodiversidade, a própria biodiversidade pode desempenhar um papel potencialmente importante para aumentar a capacidade do ecossistema para recuperar (resiliência) e adaptar aos impactos de mudança de clima (ver Capítulo 2). Além disso, trabalhos recentes sobre a valoração dos serviços proporcionados pelos ecossistemas sugerem que, em muitos casos, o valor dos ecossistemas em seu estado natural é maior do que o valor do ecossistema em seu estado convertido. Por exemplo, o valor líquido atual de manguezais intactos na Tailândia é maior do que o valor obtido com sua conversão para fazenda de camarão (Balmford et al. 2002). A redução geral da poluição ambiental, e outros estresses externos, como observado acima, pode aumentar a resiliência do ecossistema contra a mudança de clima. Por exemplo:

- (a) A proteção ou restauração de manguezais pode proporcionar maior proteção para áreas costeiras contra a elevação do nível do mar e eventos climáticos extremos (ver Seção abaixo sobre ecossistemas marinhos e costeiros);
- (b) A reabilitação de florestas de altitude, florestas costeiras e áreas alagadas pode ajudar a regular o fluxo em bacias hidrográficas, reduzindo inundações de chuvas torrenciais e melhorando a qualidade da água; e

-
- (c) A conservação de *habitats* naturais como as florestas primárias, com ecossistemas altamente resilientes, pode diminuir as perdas de biodiversidade decorrentes da mudança de clima e compensar as perdas em outras áreas menos resilientes.

4.11.4 Opções de adaptação em vários ecossistemas

4.11.4.1 Ecossistemas marinhos e costeiros

Uma abordagem integrada para o manejo de pescas, que leve em consideração questões ecológicas bem como socioeconômicas, e que reduza as pressões sobre a pesca e ecossistemas associados, é uma estratégia de adaptação. Estatísticas recentes da FAO (2002) sobre a pesca indicam que 47% das regiões pesqueiras globais estão totalmente exploradas, sendo que 18% estão sobre-exploradas e 9% esgotadas. Além disso, 90% da biomassa mundial de grandes peixes predadores estão sendo perdidos desde os tempos pré-industriais (Myers e Worm 2003). A relação entre fatores climáticos e capacidade de suporte de áreas pesqueiras é complicada, e os efeitos da mudança de clima provavelmente terão diferentes conseqüências para várias espécies. A sobre-exploração causa a simplificação de cadeias elementares marinhas e, portanto, afetará a habilidade de predadores para substituir suas presas (Stephens e Krebs 1986, Pauly et al. 2002). Áreas pesqueiras mais saudáveis são mais capazes de suportar flutuações ambientais, inclusive a mudança de clima, do que aquelas sob o estresse da sobre-exploração (ver, por exemplo, Jackson et al. 2001, Pauly et al. 2002).

Considerando a condição de esgotamento dos estoques pesqueiros mundiais, a redução das pressões sobre áreas pesqueiras costeiras e oceânicas, que estão totalmente sobre-exploradas, pode ser um componente importante das medidas de adaptação para reduzir os impactos sobre a biodiversidade, e facilitar a exploração sustentável. A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável concordou com a meta para restaurar os estoques pesqueiros a níveis que possam produzir o máximo de resultados sustentáveis, até o ano 2015 (Plano de Implementação da WSSD, parágrafo 30(a)). Os meios para alcançar esta meta incluem, por exemplo, a redução do tamanho das frotas pesqueiras, fim do subsídio para a pesca industrial e o estabelecimento de uma rede global de reservas marinhas, que permitiria a regeneração de estoques de peixes (Pauly e MacLean 2003).

Estratégias de adaptação referentes a recifes de coral precisarão focar a redução e remoção de outros estresses externos. A mudança de clima pode ser a maior ameaça aos recifes de coral em todo o planeta (West e Salm 2003). A extensão geográfica, a crescente freqüência e a gravidade regional de eventos maciços de branqueamento são resultados visíveis da elevação constante da temperatura do mar, combinada a eventos regionalmente específicos do El Niño e La Niña (Reaser et al. 2000), e a freqüência e severidade de tais eventos de branqueamento provavelmente aumentarão (Hoegh-Guldberg 1999). Talvez seja possível aos recifes de coral expandir sua distribuição, devido o aquecimento das temperaturas da água, no entanto, o potencial para o estabelecimento de novos recifes em direção aos pólos será limitado pelos níveis de luz nas altitudes mais

altas (ou mais baixas), e serão insuficientes para compensar as perdas de recifes em outros locais. Devido à inércia no sistema de mudança de clima, as medidas de adaptação precisarão focar a redução de estresse antrópico sobre recifes de coral.

Embora todos os recifes estejam ameaçados pela mudança de clima, inclusive aqueles com proteção legal bem regulamentada como as áreas marinhas protegidas ou manejadas para o uso sustentável, vários estudos recentes sugerem que recifes não estressados e protegidos estão mais capacitados para se recuperar de eventos de branqueamento (por exemplo, Reaser et al. 2000). O relatório de 2002 do Status dos Recifes de Coral do Mundo (Wilkinson 2002), concluiu que recifes altamente protegidos e não estressados eram mais capazes para se recuperar dos eventos de branqueamento. De maneira semelhante, o Relatório de Status da Degradação de Recife de Coral no Oceano Índico, 2002, (CORDIO) (Linden et al. 2002) observou que, enquanto na maioria das áreas a recuperação após o branqueamento foi lenta, fragmentada ou inexistente, houve recuperação significativa em áreas que afastadas da influência humana ou dentro de áreas marinhas bem protegidas. Estes dois estudos apóiam o uso do manejo integrado efetivo de áreas marinhas e costeiras, inclusive, como seu componente central, o uso de reservas marinhas altamente protegidas como estratégia de adaptação. Estas áreas altamente protegidas também servem para dispersar o risco, de modo que as áreas que escapam aos danos podem atuar como fontes de larvas para ajudar a recuperação de áreas próximas que tenham sido afetadas (Hughes et al. 2003). Assessoria prática sobre o manejo de recifes de coral branqueados e gravemente danificados está disponível (Westmacott et al. 2000).

A aquíicultura, inclusive a maricultura, pode impactar a biodiversidade negativamente no nível genético, de espécies e de ecossistema, embora tais efeitos possam ser mitigados por meio de práticas sustentáveis. O desenvolvimento da maricultura e da aquíicultura foi proposto como possível opção de adaptação ao declínio potencial, induzido pela mudança de clima, de áreas pesqueiras silvestres. Entretanto, há controversas sobre a afirmação de que a aquíicultura e a maricultura reduziriam o impacto sobre os sistemas costeiros remanescentes (Naylor et al. 1998; 2000). A criação de espécies carnívoras, como o salmão, a truta e dourada, pode ter um efeito negativo sobre as áreas pesqueiras silvestres, porque a exploração de peixes menores para conversão em farinha de peixe deixa menos recursos na cadeia alimentar para os peixes predadores comercialmente valiosos, tais como o bacalhau, e outros predadores marinhos, como as aves marinhas e as focas (Pauly et al. 1998). Pode haver alguma melhoria futura nesta situação por meio do desenvolvimento de novas rações onde a farinha de peixe seja substituída por outros ingredientes (Foster 1999). De importância também no contexto das estratégias de adaptação à mudança de clima é o desenvolvimento de larga escala da aquíicultura e maricultura, por exemplo, em ecossistemas de manguezais, que resultem na derrubada e remoção de grandes áreas em zonas costeiras e que podem afetar a capacidade dos sistemas para mitigar inundações e tempestades. Calcula-se que a conversão de habitat de manguezais, para fazendas de camarão na Malásia, foi a principal razão isolada da perda

significativa de peixes silvestres. Outros efeitos negativos da aquicultura insustentável sobre a biodiversidade incluem a modificação, degradação ou destruição de habitat, interrupção de sistemas tróficos, degradação de estoques de sementes naturais, e transmissão de doenças e redução da variabilidade genética (Naylor et al. 2000). Por exemplo, a fazenda de criação de salmão e truta (gênero *Salvelinus*) demonstrou aumentar a incidência de piolho de salmão em populações silvestres de salmonídeos, o que afeta negativamente a produção, sobrevivência e comportamento de peixes silvestres (Bjorn et al. 2001). Além disso, há consideráveis efeitos localizados de eutrofização da aquicultura, geralmente sobre a diversidade e estrutura de comunidades bênticas (por exemplo, Pohle et al. 2001, Holmer et al. 2002, Yokoyama 2002). Para que a aquicultura ou a maricultura sejam consideradas como uma opção viável de adaptação à mudança de clima elas precisam ser realizadas de maneira sustentável e no contexto do manejo integrado das áreas marinhas e costeiras.

Ecosistemas costeiros, marinhos e de água doce proporcionam serviços de adaptação no contexto das previsões de mudanças de clima e do nível do mar. A proteção e restauração de ecossistemas costeiros, tais como, manguezais e vegetação de pântanos salinos, podem proteger as áreas costeiras contra os impactos da elevação do nível do mar, induzida pelo clima, e ter benefícios para a biodiversidade também (Suman 1994). A manutenção da cobertura saudável de manguezais e a restauração de manguezais em áreas que tenham sido exploradas, podem ser estratégias positivas de adaptação (Macintosh et al. 2002). Há também a possibilidade de que a área de manguezais se expanda em direção a áreas terrestres em função das mudanças no nível do mar e de outros impactos de mudança de clima sobre a costa (Richmond et al. 1998). Estratégias costeiras para a adaptação de ecossistemas, tais como uso de manguezais e vegetação de pântanos salinos, podem ser relativamente fáceis de implementar, a não ser que diques e barreiras de marés já tenham sido construídos. Medidas de adaptação deverão proporcionar uma abordagem holística para o manejo integrado de todas as bacias, inclusive de águas continentais, costeiras e marinhas.

4.11.4.2 Ecossistemas de águas continentais

Como nos sistemas terrestres, as estratégias de adaptação à mudança de clima em ecossistemas de águas continentais incluem conexões espaciais e de conservação. Projeta-se que a mudança de clima tenha impactos sobre ecossistemas de águas continentais de duas maneiras principais. Primeira, por meio de mudanças no ciclo da água. Segunda, por meio de mudanças relacionadas no ecossistema terrestre em uma dada área de captação. As opções de adaptação a estas mudanças devem considerar todos os componentes da bacia (por exemplo, Sparks 1995). A biota dos rios, dentro de limites razoáveis, adapta-se naturalmente bem às mudanças rápidas e imprevisíveis nas condições ambientais (Puckridge et al. 1998). Quanto aos rios, poderá ser essencial conservar e restaurar a conectividade de ecossistemas, tanto longitudinalmente ao longo do curso do rio quanto lateralmente entre o rio e suas áreas alagadas, para sustentar a função do ecossistema (Ward et al. 2001). Entretanto, muitos dos corredores aquáticos naturais já estão

bloqueados pelas represas e barragens. Isto aumenta a vulnerabilidade da biodiversidade de água doce à mudança de clima e restringe a implementação de estratégias adaptáveis. Em seus trechos inferiores, os rios costeiros entram em estuários e zonas costeiras, onde têm uma grande influência. Estas áreas devem ser consideradas uma parte contígua de ecossistemas de águas continentais e devem ser manejadas conjuntamente sob a abordagem ecossistêmica. A identificação do grau de vulnerabilidade dos vários componentes de ecossistemas complexos de águas continentais, e o desenvolvimento subsequente de planos apropriados de manejo de ecossistema, fundamentados nestas informações, são essenciais para a adaptação de águas continentais à mudança de clima.

Qualquer manejo que favoreça a função hidrológica quase natural em ecossistemas de águas continentais, provavelmente terá benefícios importantes para a conservação da biodiversidade. De modo especial, as abordagens modernas para o manejo de rios reconhecem que para muitos sistemas a mudança é inevitável. Isto estimulou muito interesse no conceito de sustentação e fluxos ambientais como uma meta de manejo para os rios (Tharme, no prelo). Tais abordagens devem levar a mudança de clima em consideração para que se tornem adaptáveis. O aumento de eventos climáticos extremos, como resultantes da mudança de clima (para a água doce, especialmente a frequência e extensão de secas e inundações), provavelmente trará maiores preocupações para os lagos e áreas alagadas isoladas. Entretanto, a questão de eventos hidrológicos extremos tem grande significação para o planejamento e manejo integrados de recursos hídricos. A manutenção, por exemplo, de várzeas e áreas alagadas de rios ajuda a restaurar o equilíbrio hídrico e, portanto mitigar as inundações catastróficas. Portanto, a mudança de clima pode ser considerada um incentivo adicional para melhorar o manejo de águas continentais, e os benefícios, financeiro e de conservação, resultantes são consideráveis. A manutenção da forma natural do rio e os processos ecossistêmicos relacionados, provavelmente proporcionarão benefícios significativos para regiões costeiras.

4.11.4.3 Ecossistemas florestais

As estratégias de adaptação à mudança de clima em ecossistemas de florestas que mitiguem as causas subjacentes da destruição de florestas e sua degradação, serão provavelmente mais efetivas, devido a sua alta resiliência. Deve-se notar, entretanto, que algumas destas estratégias podem se sobrepor àquelas voltadas para a mitigação de mudança de clima, por meio do manejo florestal (ver Seção 4.5). Por exemplo, uma plantação de floresta desenhada como um corredor altitudinal de migração de vida silvestre (para adaptação à mudança de clima), também pode seqüestrar carbono e ser, desta forma, uma atividade de mitigação. No entanto, há algumas considerações específicas pertinentes ao manejo de ecossistemas de florestas como opções de adaptação, que podem ajudar a conservar a biodiversidade frente às mudanças de clima (Noss, 2001):

- a. Manutenção de tipos representativos de ecossistema de florestas através de gradientes ambientais em áreas protegidas. Devido à dificuldade em determinar quais tipos de floresta se tornarão mais sensíveis à mudança de clima, a manutenção de um espectro completo de tipos é uma estratégia de segurança (bet-hedging);

-
- b. A proteção de refúgios climáticos em todas as escalas espaciais permitindo, portanto, a existência de populações de plantas e animais para a recolonização de paisagens do entorno, quando as condições forem novamente favoráveis para sua sobrevivência e reprodução;
 - c. Proteção às florestas primárias. Como a intensidade e taxa de mudança biótica serão, provavelmente, amortecidas nos interiores das florestas, a manutenção de grandes fragmentos de florestas primárias poderá ajudar a manter a biodiversidade durante a mudança de clima. As florestas primárias proporcionam também depósitos de diversidade genética, os quais podem decrescer em florestas secundárias, limitando, portanto, a habilidade de várias espécies para que sejam capazes de se adaptarem à mudança de clima (por exemplo, Rajora et al. 2002);
 - d. Evitar a fragmentação e proporcionar conectividade ecológica, especialmente em paralelo a gradientes climáticos. Com o aumento do isolamento de *habitats*, a fragmentação provavelmente impedirá a habilidade de migração de uma espécie, em função da mudança de clima. A conectividade ecológica poderá ser alcançada por meio de uma estratégia combinada de corredores e *habitats* não conectados, porém, que funcionam como *ampolins* ecológicos ;
 - e. Proporcionar zonas de amortecimento para a adaptação dos limites das reservas. Com a mudança de clima, as zonas de amortecimento têm potencial para prover as populações em movimento, na medida em que as condições dentro das reservas se tornem inadequadas;
 - f. Praticar a silvicultura de baixa intensidade e prevenir a conversão de florestas naturais para plantações. As plantações de espécies mistas, onde adequado, provavelmente influenciarão o risco de mudança biótica no nível de talhão, porque espécies diferentes têm níveis distintos de resposta à mudança de clima. Podem facilitar também a incorporação de espécies migratórias à combinação de espécies mistas. Isto se aplica também a práticas de restauração florestal que incorporem plantações de espécies mistas de árvores nativas em áreas degradadas;
 - g. Manutenção de regimes naturais de queimada onde possível. A ameaça à biodiversidade, decorrente da falta de queimadas em muitos tipos de ecossistemas de florestas, pode ultrapassar as vantagens potenciais da supressão de queimadas, mesmo que esta aumente os estoques de carbono, no curto prazo;
 - h. A manutenção pró-ativa de diversos reservatórios de genes como diversidade genética é a base para a adaptação genética à mudança de clima. Isto é particularmente importante no caso de plantações de espécies mistas e reflorestamento com monoculturas, onde necessário; e
 - i. Identificação e proteção de grupos funcionais de espécies semelhantes, e/ou espécies ecologicamente importantes. Ou seja, grandes pássaros herbívoros, carnívoros e frutívoros, pois sua presença pode ser essencial para a adaptabilidade do ecossistema à mudança de clima.

4.11.4.4 Ecossistemas agrícolas e savanas

Sistemas agrícolas são vulneráveis à mudança de clima, mas como um ecossistema manejado pelo ser humano sua adaptação é possível com recursos socioeconômicos adequados e política ambiental de apoio.

A conservação de recursos genéticos de cultivos e rebanhos, in situ e ex situ, e sua incorporação em programas estratégicos de longo prazo de reprodução, é importante para manter opções futuras para as necessidades desconhecidas da agricultura, inclusive aquelas derivadas dos impactos de mudança de clima (FAO, 1998, Cooper et al. 2001). Isto inclui a coleção e armazenamento convencional em bancos genéticos, bem como o manejo dinâmico de populações, o que permite a adaptação contínua por meio da evolução às condições de mudanças. A promoção da conservação da diversidade de cultivos na fazenda, pode servir como uma função semelhante. A conservação de outros componentes da biodiversidade agrícola, ou seja, biodiversidade associada que proporciona serviços de controle natural de peste, polinização, dispersão de sementes e garante a saúde do solo, pode ser promovida por meio de medidas como o manejo integrado de pragas e redução do plantio direto, ao mesmo tempo em que minimiza o uso de pesticidas e herbicidas. Por outro lado, os serviços proporcionados por tais componentes da biodiversidade agrícola podem ser substituídos, algumas vezes, mas as alternativas podem ser onerosas e ter impactos negativos sobre a biodiversidade. Espécies nativas de savanas têm características adaptáveis que possibilitam sua resposta à mudança de clima. Para que um ecossistema de savanas mantenha sua resiliência às mudanças adversas no clima, pode ser essencial a manutenção de uma composição equilibrada de espécies nativas. Regimes prescritos de manejo de savanas seriam benéficos para incrementar a adaptabilidade do sistema à mudança de clima. A reabilitação de pastagens degradadas, usando espécies nativas de grama, seria importante para o aprimoramento de espécies e para a variabilidade genética e para aumentar a resiliência e adaptabilidade do sistema.

4.11.4.5 Ecossistemas de montanhas e ecossistemas árticos

Os ecossistemas de montanhas e árticos, e biodiversidade associada, podem estar sob estresse e ameaçados de degradação devido à sua grande sensibilidade e características vulneráveis à mudança de clima. Porém, há poucas opções de adaptação disponíveis.

Ecossistemas árticos serão, provavelmente, severamente afetados pelo aquecimento do clima e mudanças nos regimes de precipitação, por meio do aumento da radiação UV-B, deterioração do permafrost (solo permanentemente congelado), do degelo de geleiras e calotas de gelo e da redução de fluxos de água doce nos oceanos Árticos. Os efeitos precisos da mudança de clima sobre os ecossistemas Árticos, apesar de altamente incertos, serão negativos para a atual biodiversidade e, portanto, as únicas estratégias de adaptação disponíveis são o monitoramento cuidadoso das mudanças para tentar prever condições futuras, fazer uso do conhecimento tradicional para formular hipóteses de testes e identificar lacunas de conhecimento que poderão ser focados pelas pesquisas.

As atividades de adaptação, como aquelas que ligam estratégias de manejo de áreas de altitude alta-baixa, podem focar melhor como o manejo ecossistêmico de montanhas resulta em benefícios de adaptação. Estas incluem o manejo de bacias de montanhas e o estabelecimento de corredores que possibilitem a migração de espécies, bem como a adaptação ao estresse climático. Ao considerar as medidas de adaptação, os programas e projetos que usem o manejo integrado de ecossistemas de montanhas devem identificar ecossistemas e sociedades humanas em risco, devido à mudança adversa, e aqueles prováveis de serem vulneráveis à mudança de clima no futuro.

4.12 NECESSIDADES DE PESQUISA E LACUNAS DE INFORMAÇÃO

A principal mensagem deste capítulo é que, dependendo das opções de manejo utilizadas, das escalas temporais e espaciais consideradas e do tipo de ecossistema, as atividades voltadas para a mitigação ou adaptação à mudança de clima podem ter impactos positivos, neutros ou negativos sobre a biodiversidade; e, que a conservação e uso da biodiversidade e a manutenção da estrutura e função do ecossistema estão, por sua vez, relacionados às muitas opções voltadas para lidar com a mudança global de clima por meio de estratégias de mitigação e adaptação. Ainda sim, existem várias necessidades de pesquisa e lacunas de informação:

- (a) Há necessidade de modelagem no nível de talhão (oposto a modelos embasados em árvores) para a compreensão do verdadeiro potencial das florestas (ou seja, em escalas amplas) para seqüestrar carbono ao longo do tempo.
- (b) As relações entre níveis elevados de CO₂ e crescimento de vegetais, e o funcionamento de florestas, não estão inteiramente claras no momento; há necessidade de maior conhecimento para calibrar modelos para que projetem mudanças, tanto na estrutura florestal quanto na biodiversidade.
- (c) A mudança de clima pode afetar as taxas de herbivoria em futuros fragmentos de floresta e isto terá conseqüências para o crescimento e sobrevivência de fragmentos; entretanto, foram realizadas poucas modelagens de projeções sobre este assunto.
- (d) É necessária a coleta de dados para as relações de modelagem entre mudança de clima, função de ecossistema, e biodiversidade; bem como para modelar as respostas relativas de espécies individuais à mudança de clima e prever estruturas de comunidades sob cenários de mudança de clima.
- (e) É necessário compreender melhor a habilidade de espécies migratórias de usarem as plantações de árvores como corredores, e a hostilidade relativa de vários tipos de florestas plantadas aos animais migratórios.
- (f) É preciso compreender melhor os efeitos de atividades energéticas (energia eólica, hídrica, solar e de biomassa) sobre a biodiversidade.

4.13 REFERÊNCIAS

- Achard, F., Eva, H. D., Stibig, H.-J., Mayaux, P., Galleo, J., Richards, T., Malingreau, J.-P. (2002). Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science* 297: 999-1002
- Aerts, R. (1995). The advantages of being evergreen. - *Trends Ecol. Evol.* 10: 402-407
- Altieri, M.A. (1991). Traditional farming in Latin America. *The Ecologist* 21(2): 93-96
- Ametistova, L.; Twidell, J. and J. Briden (2002). The sequestration switch: removing industrial CO₂ by direct ocean absorption. - *Science of the Total Environment* 289: 213-223
- Amiro, B.D. (2001). Paired-tower measurements of carbon and energy fluxes following disturbance in the boreal forest. *Global Change Biology* 7: 253-268.
- Anderson, R.; Morrison, M.; Sinclair, K. and D. Strickland (1999). Studying wind energy/bird interactions: a guidance document: Metrics and methods for determining or monitoring potential impacts on birds at existing and proposed wind energy sites. - National Wind Coordinating Committee: 70-75 www.nationalwind.org
- Aradottir, A.L. and O. Arnalds (2001). Ecosystem degradation and restoration of birch woodlands in Iceland. - In: Wielgolaski, F.E. (Ed.): *Nordic Mountain Birch Ecosystems*. - Paris (UNESCO); Carnforth (Parthenon Publishing): pp. 295-308
- Aradottir, A.L., Svavarsdottir, K., Jonsson, T.H., and G. Gu_bergsson (2000). Carbon accumulation in vegetation and soils by reclamation of degraded areas. - *Icelandic Agricultural Sciences* 13: 99-113
- Arnalds, O.; Gu_bergsson, G. and J. Gu_mundsson (2000). Carbon sequestration of Icelandic soils as a result of reclamation of severely degraded areas. - *Icelandic Agricultural Sciences* 13: 87-97
- Balmford A, Bruner A, Cooper P, Costanza R, Farber S, Green RE, Jenkins M, Jefferiss P, Jessamy V, Madden J, Munro K, Myers N, Naeem S, Paavola J, Rayment M, Rosendo, S, Roughgarden J, Trumper K, and Turner RK. (2002). Economic reasons for conserving wild nature. *Science* 297: 950-953.
- BfN (2000): Empfehlungen des Bundesamtes für Naturschutz zu naturverträglichen Windkraftanlagen. - Projektgruppe „Windenergienutzung“: 1-63
- Bjorn, PA, Finstad, B, and Kristoffersen, R. (2001). Salmon lice infection of wild sea trout and Arctic char in marine and freshwaters: the effects of salmon farms. *Aquaculture Research* 32: 947-962.
- BMU (2002). Strategy of the German Government on the use of off-shore wind energy. - 4-8
- Boyd P.W.; Watson, A.J.; Law, C.S.; Abraham, E.R.; Trull, T.; Murdoch, R.; Bakker, D.C.E.; Bowie, A.R.; Bueseler, K.O.; Chang, H.; Charette, M.; Croot, P.; Downing, K.; Frew, R.; Gall, M.; Hadfield, M.; Hall, J.; Harvey, M.; Jameson, G.; LaRoche, J.; Liddicoat, M.; Ling, R.; Maldonado, M.T.; McKay, R.M.; Nodder, S.; Pickmere, S.; Pridmore, R.; Rintoul, S.; Safi, K.; Sutton, P.; Strzepek, R.; Tanneberger, K.; Turner, S.; Waite, A. and J. Zeldis (2000). A mesoscale phytoplankton bloom in the polar Southern Ocean stimulated by iron fertilization. - *Nature* 407: 695-702
- Brandle, J.R.; Wardle, T.D. and G.F. Bratton (1992). Opportunities to increase tree planting in shelterbelts and the potential impacts on carbon storage and conservation. - In: Sampson, R.N. and D. Hair (Eds.): *Forests and Global Change Vol. 1: Ch. 9.* - Washington.
- Brewer, P.G. (2000). Contemplating action: storing carbon dioxide in the ocean. *Oceanography* 13(2): 84-92
- Brown, L.R. (2002). World Wind Generating Capacity Jumps 31 Percent in 2001: Press release 1/2002. - Earth Policy Institute
- Brown, S., Swinland, I.R., Hanbury-Tenison, R., Prance, G.T., Myers, N. (2002). Changes in the use and management of forests for abating carbon emissions: issues and challenges under the Kyoto Protocol. *Philosophical Transactions of the Royal Society London A*, 360, 1593-1605.
- Buckland et al. (2001). Grassland invasions: effects of manipulations of climate and management. - *Journal of Applied Ecology* 38: 301-309
- Bundesverband Windenergie (2002). Zahlen zur Windenergie. - www.windenergie.de
- Carey, E.V.; Sala, A.; Keane, R. and R.M. Callaway (2001). Are old forests underestimated as global carbon sinks? - *Global Change Biology* 7: 339-344

-
- Carnus, J.-M.; Parrotta, J.; Brockerhoff, E.G.; Arbez, M.; Jactel, H.; Kremer, A.; Lamb, D.; O'Hara, K. and B. Walters (2003). Planted forests and biodiversity. - In: UNFF intersessional experts meeting: The role of planted forests in sustainable forest management. 25-27 Mar. 2003, Wellington, NZ.
- Caspersen, J.P. and S.W. Pacala (2001). Successional diversity and forest ecosystem function. - *Ecological Research* 16: 895-904
- Choi, Y.D. and M.K. Wali (1995). The Role of *Panicum virgatum* (Switch Grass) in the Revegetation of Iron-Mine Tailings in Northern New-York. - *Restoration Ecology* 3: 123-132
- Christian, D.P.; Collins, P.T.; Hanowski, J.M. and G. Niemi (1997). Bird and small mammal use of short-rotation hybrid poplar plantations. - *Journal of Wildlife Management* 61: 171-182
- Christian, D.P.; Hoffmann, W.; Hanowski, J.M.; Niemi, G. and J. Beyea (1998). Bird and mammal diversity on woody biomass plantations in North America. - *Biomass and Bioenergy* 14: 395-402
- Christian, D.P.; Niemi, G.; Janowski, J.M. and P.T. Collins (1994). Perspectives on biomass energy tree plantations and changes in habitat for biological organisms. - *Biomass and Bioenergy* 6: 31-39
- Chisholm, S.W.; Falkowski, P.G. and J.J. Cullen (2001). Dis-crediting ocean fertilization. *Science* 294: 309-310
- CIFOR. (2003). Fast-wood forestry: myths and realities. Centre for International Forestry Research (CIFOR), Indonesia. <http://www.cifor.cgiar.org>
- Clark, D.A., S.C. Piper, C.D. Keeling, and D.B. Clark. (2003). Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to inter-annual temperature variation during 1984-2000. *Proc.Nat.Acad. Sci. (USA)* 100: 5852-5857.
- Cochrane, M. (2003). Fire science for rainforests. *Nature* 421: 913-919.
- Cooper HD, Spillane C and Hodgkin T. (Editors). (2001). Broadening the genetic base of crop production. CABI publishing.
- D'Antonio, C. and Meyerson, L.A. (2002). Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. *Restoration Ecology* 10: 703-713.
- Daily, G.C. (1997). *Nature's services: societal dependency on natural ecosystems*. - Washington (Island Press)
- Densmore, R.V. (1992). Succession on an Alaskan tundra disturbance with and without assisted revegetation with grass. - *Arctic and Alpine Research* 24: 238-243
- Díaz, S. and D. Cáceres (2000). Ecological approaches to rural development projects. - *Cadernos de Saúde Pública* 16 (suppl. 3): 7-14
- Dixon et al. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. - *Science* 263: 185-190.
- Drange, H.; Alendal, G. and O.M. Johannessen (2001). Ocean release of fossil fuel CO₂: a case study. - *Geophysical Research Letters* 28(13): 2637-2640
- Du Plessis, M.A. (1995). The effects of fuelwood removal on the diversity of some cavity-using birds and mammals in South Africa. - *Biological Conservation* 74: 77-82
- Duan, Z.H.; Xiao, H.L.; Dong, Z.B.; He, X.D. and G. Wang (2001). Estimate of total CO₂ output from desertified sandy land in China. - *Atmospheric Environment* 35: 5915-5921
- Elmarsdottir, A. (2001). Colonization of native plants on degraded and reclaimed sites in Iceland. - MS thesis, Colorado State University, Ft. Collins, Colorado.
- Ewel J.J., O'Dowd D.J., Bergelson J., Daehler C.C., D'Antonio C.M., Gomez L.D., Gordon D.R., Hobbs R.J., Holt A., Hopper K.R., Hughes C.E., LaHart Interlinkages between biological diversity and climate change 85 M., Leakey R.R.B., Lee W.G., Loope L.L., Lorence D.H., Louda S.M., Lugo A.E., McEvoy P.B., Richardson D.M., Vitousek P.M. (1999). Deliberate introductions of species: Research needs. *Bioscience* 49: 619-630.
- FAO (1998). *The State of the World's Plant Genetic Resources*. Rome.

-
- FAO (2001). Global forest resource assessment 2000. - Rome. - Forestry Paper 140.
- FAO (2002). The state of world fisheries and aquaculture. Rome.
- Fay, C.; de Foresta, H.; Sarait, M. and T.P. Tomich (1998). A policy breakthrough for Indonesian farmers in the Krui damar agroforests. *Agroforestry Today* 10(2): 25-26
- Fearnside, P.M. (2000). Greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazon region. - In: Kimble, J.M. and B.A. Stewart (Eds.): *Global Climate Change and Tropical Ecosystems: Advances in Soil Science*. - Boca Raton (CRC Press): 231-249
- Fischer, G. and Schrattenholzer, L. (2001). Global bioenergy potentials through 2050. *Biomass and Bioenergy* 20: 151-159.
- Forbes, B.C. and J.D. McKendrick (2002). Polar tundra. - In: Perrow, M.R. and A.J. Davy (Eds.): *Handbook of Ecological Restoration. 2. Restoration in Practice*. - Cambridge (Cambridge University Press): 355-375
- Forges, B.R. de; Koslow, J.A. and G.C.B. Poore (2000). Diversity and endemism of the benthic seamount fauna in the southwest Pacific. - *Nature* 405: 944-947
- Foster, J. (1999). Shrimp and salmon farming. *Science* 283: 639.
- Freemark, K.E.; Boutin, C. and C.J. Keddy (2002). Importance of Farmland habitat for conservation of plant species. - *Conservation Biology* 16:399-412
- Garthe, S. (2000). Mögliche Auswirkungen von Offshore- Windenergieanlagen auf See- und Wasservögel der deutschen Nord- und Ostsee. - In: Merck, T. and H v. Nordheim (Eds.): *Technische Eingriffe in marine Lebensräume*. - BfN-Skripten 29: 113-119
- Gascon, C.; Williamson, G.B. and G.A.B. da Fonseca (2000). Receding forest edges and vanishing reserves. - *Science* 288: 1356-1358.
- Global Environment Facility-GEF (2003). A proposed GEF Approach to Adaptation to Climate Change. GEF/C.21/Inf.10
- Gockowski, J., Nkamelu, B. and K. Wendt (1999). Implications of resource use intensification for environment and sustainable technology systems in the Central African rainforest. In: Barrett, C.R. and D.R. Lee (eds.): *Agricultural Intensification and the Environment*. - Blackwell Science Publishers, Oxon, United Kingdom, Goldemberg, J. (Ed.) (2000). *World Energy Assessment: Energy and the challenge of sustainability*. - New York.
- Graham, R. L.; Downing, M. and M.E. Walsh (1996). A framework to assess regional environmental impacts of dedicated energy crop production. *Environmental Management* 20: 475-485
- Gretarsdottir, J. (2002). Long term effects of reclamation treatments on plant succession at two localities in Iceland. - Cand. Scient. Thesis, University of Bergen, Norway.
- Guo, Q. (2000). Climate change and biodiversity conservation in Great Plains agroecosystems. - *Global Environmental Change* 10:289-298
- Hall, D.O. (1997). Biomass energy in industrialised countries - a view of the future. - *Forest Ecology and Management* 91: 17-45
- Hall, J.A. and K. Safi (2001). The impact of in situ Fe fertilization on the microbial food web in the Southern Ocean. - *Deep-Sea Research II* 48: 2591- 2613
- Hanowski, J.M., Niemi, G. J. and D.C. Christian (1997). Influence of withinplantation heterogeneity and surrounding landscape composition on avian communities in hybrid poplar plantations. - *Conservation Biology* 11: 936- 944
- Healey, S. P., and R. I. Gara. 2002. The effect of a teak (*Tectona grandis*) plantation on the establishment of native species in an abandoned pasture

in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 176: 497-507.

Heltberg, R.; Arndt, T.C. and N.U. Sekhar (2000). Fuelwood consumption and forest degradation: a household model for domestic energy substitution in rural India. - *Land Economics* 76: 213-232

Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate Change, Coral Bleaching and the Future of the World's Coral Reefs. *Marine and Freshwater Research* 50: 839-866.

Holdsworth, A. R. and C. Uhl. (1997). Fire in amazonian selectively logged rain forest and the potential for fire reduction. *Ecological Applications* 7: 713-725.

Holmer, M, Marba, N, Terrados, J, Duarte, CM, and Fortes, MD. (2002). Impacts of milkfish (*Chanos chanos*) aquaculture on carbon and nutrient fluxes in the Bolinao area, Philippines. *Marine Pollution Bulletin* 44: 685-696.

Houghton, J.T.; Jenkins, G.J. and Ephraums, J.J. (eds.) (1990). *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge.

Houghton, R.A. (1999). The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850-1990. *Tellus* 50B: 298-313.

Houghton, R.A.; Skole, D.L.; Nobra, C.A.; Hacker, J.L.; Lawrence, K.T. and W.H. Chomentowski (2000). Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. - *Nature* 403: 301-304

House, J.I.; Prentice, C. and C. Le Quéré (2002). Maximum impacts of future reforestation or deforestation on atmospheric CO₂. - *Global Change Biology* 8: 1047-1052

Huesemann, M.H.; Skillman, A.D. and E.A. Creelius (2002). The inhibition of marine nitrification by ocean disposal of carbon dioxide. - *Marine Pollution Bulletin* 44: 142-148.

Hugget, D. (2001). Identification and Demarcation of Marine IBAS and their Relationship to the Birds Directive. - In: Boedeker D. and H v. Nordheim (Eds.): *Application of Natura 2000 in the Marine Environment*. - *BfN-Skripten* 56: 56-62

Hughes, T. P., Barid, A. H., Bellwood, D. R., Card, M., Connolly, S. R., Folke, C., Grosberg, R., Hoegh-Guldberg, O., Jackson, J. B. C., Kleypas, J., Lough, J. M., Marshall, P., Nystrom, M., Palumbi, S. R., Pandolfi, J. M., Rosen, B., Roughgarden, J. (2003). Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science* 301: 929-933.

Hunter, M.F. (Ed.) (1999). *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge University Press.

International Hydropower Association/IEA Implementing Agreement on Hydropower/Canadian Hydropower Association (2000). *Hydropower and the World's Energy Future*.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1996). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press. 572 pp.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2000). *'Land-use, Land-use Change and Forestry: Special Report*. Cambridge University Press.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001a). *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of working group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. - Cambridge University Press.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001b). *Climate Change 2001 the Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001c). *Climate Change 2001: Impact, Adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. - Cambridge (Cambridge University Press).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001d). Synthesis Report-Contribution of Working Groups I, II, and III to the IPCC Third Assessment Report. Cambridge University Press.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2002). Climate change and Biodiversity. Geneva
Iremonger, S.; Ravilious, C. and T. Quinton (1997). A statistical analysis of global forest conservation. - In: CIFOR and UNEP-WCMC (Eds.): A global overview of forest conservation.. - Cambridge. <http://www.unepwcmc.org/forest/data/cdrom2/gtabs.htm>

Jackson, J.B.C, Kirby, M.X, Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J.A., Hughes, T.P., Kidwell, S., Lange, C.B., Lenihan, H.S., Pandolfi, J.M., Peterson, C.H., Steneck, R.S., Tegner, M.J. and R.R. Warner (2001). Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science* 293: 629-638.

Joosten, H. and Clarke (2002). Wise use of mires and peatlands – background and principles including a framework for decision making.

International Mire Conservation Group and International Peatland Society. Kaltschmitt, M., Merten, D. and Fröhlich, N. and Nill, M. (2002). Expertise zur Energiegewinnung aus Biomasse. Institut für Umwelt und Energetik gGmbH, Leipzig.

Keller, T.; Korn, H.; Schmid, H. & Weisser, C. (2002). Chances and Limitations of „ex situ” Conservation of Species and Genetic Diversity on a Global Perspective. Federal Agency for Nature Conservation. Bonn, Germany.

Ketzenberg, C.; Exo, K.-M.; Reichenbach, M. and M. Castor (2002). Effects of wind turbines upon breeding meadow birds. - *Natur und Landschaft* 4: 144-153

Kimmins, H. (1997). *Balancing act: environmental issues in forestry*. UBC Press, Vancouver, Can.

Kirschbaum, M.U.F. (1999). Modelling forest growth and carbon storage in response to increasing CO₂ and temperature. *Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology* 51: 871-888.

Klopatek, J.M. (2002). Belowground carbon pools and processes in different age stands of Douglas-fir. *Tree-Physiology* 22: 197-204.

Knohl, A.; Kolle, O.; Minayeva, T.; Milyukova, I.M.; Vygodskaya, N.N.; Foken, T. and Schulze, E.D. (2002). Carbon dioxide exchange of a Russian boreal forest after disturbance by windthrow. *Global Change Biology* 8: 231- 246.

Interlinkages between biological diversity and climate change 86

Köhlin, G. and P.J. Parks (2001). Spatial variability and disincentives to harvest: deforestation and fuelwood collection in South Asia. - *Land Economics* 77: 206-218

Körner, C. (2003). Slow in, rapid out – carbon flux studies and Kyoto targets. *Science*, 300, 1242.

Kort, J. and R. Turlock (1999). Carbon reservoir and biomass in Canadian prairie shelterbelts. - *Agroforestry Systems* 44:175-189

Koslow, J.A.; Boehlert, G.W.; Gordon, J.D.M.; Headrich, R.L.; Lorange, P. and N. Parin (2000). Continental slope and deep-sea fisheries: implications for a fragile ecosystem. - *ICES Journal of Marine Science* 57: 548-557.

Kramer P., van Shaik, C.P. and J. Johnson (1997). *Lost stand - protected areas and the defense of tropical biodiversity*. Oxford Univ. Press.

Krogsgaard, P. and B.T. Madsen (2002). International Wind Energy Development: Press release 4/2002. - www.btm.dk/Documents/Press
Kruckenberg, H. and J. Laene (1999). Zum Einfluss eines Windparks auf die Verteilung weidender Blässgänse im Rheiderland (Landkreis Leer, Niedersachsen). - *Natur und Landschaft* 74: 420-427

Lal, R. (2001). Potential of desertification control to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. - *Climatic Change* 51: 35-72

Lappalainen, E. (ed.) (1996). *Global peat resources*. International Peat Society and Geological Survey of Finland, Jyväskylä.

-
- Laurance, W.F. and G.B. Williamson (2001). Positive Feedbacks among Forest Fragmentation, Drought and Climate Change in the Amazon. *Conservation Biology* 15: 1529-1535
- Laurance, W.F.; Laurance, S.G.; Ferreira, L.V.; Rankin, J.M.; Gascon, C. and T.E. Lovejoy (1997). Biomass collapse in Amazonian forest fragments. *Science* 278: 1117-1118
- Law, B.E.; Thornton, P.E.; Irvine, J.; Anthoni, P.M. and Tuyl, S.van (2001). Carbon storage and fluxes in ponderosa pine forests at different development stages. *Global Change Biology* 7: 755-777.
- Leakey, R.R.B. (1996). Definition of Agroforestry revisited. *Agroforestry Today* 8(1): 5-7
- Leddy, K.L.; Higgins, K.F. and D.E. Naugle (1999). Effects of Wind Turbines on Upland Nesting Birds in Conservation Reserve Program Grasslands. *Wilson Bull.* 111:100-101.
- LeMaitre, D.C.; van Wilgen, B.W.; Gelderblom, C.M.; Bailey, C.; Chapman, R.A. and Nel, J.A. (2002). Invasive alien trees and water resources in South Africa; Case studies of the costs and benefits of management. *Forest Ecology and Management* 160: 143-159.
- Lexer, M.J., Honninger, K., Scheifinger, H., Matulla, C., Groll, N., Kromp-Kolb, H., Schadauer, K., Starlinger, F., and Englisch, M. (2002). The sensitivity of Austrian forests to scenarios of climatic change: a large-scale risk assessment based on a modified gap model and forest inventory data. *Forest Ecol. and Manage.* 162 (1): 53-72.
- Linden, O., Souter, D., Wilhelmsson, D and D. Obura (Eds) (2002). *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean – Status Report 2002.*
- Liu, J.; Ouyang, Z.; Taylor, W.W.; Groop, R.; Tan, Y. and H. Zhang (1999). A framework for evaluating the effects of human factors on wildlife habitat: the case of giant pandas. - *Conservation Biology* 13: 1360-1370
- LULUCF. (2000). Land-use, land use change and forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change special report.
- Macintosh, D.J., Ashton, E.C. and S. Havanon (2002). Mangrove Rehabilitation and Intertidal Biodiversity: A Study in the Ranong Mangrove Ecosystem, Thailand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55: 331-345.
- Magnusson, B.; Magnusson, S.H. and B.D. Sigursson (2001). Vegetation succession in areas colonized by the introduced Nootka lupin (*Lupinus nootkatensis*) in Iceland. - Reykjavik (Agricultural Research Institute). - Rala Report 207.
- Matthews, W.S.; Van Wyk, A.E. and Ran Rooyen, N. (1999). Vegetation of the Sileza Nature Reserve and neighbouring areas, South Africa, and its importance in conserving the woody grasslands of the Maputoland Centre of Endemism. *Bothalia* 29: 151-167.
- McCully, P. (1996). *Silenced Rivers: The Ecology and Politics of Large Dams.* - New York (Zed Books)
- Merck, T. and H. v. Nordheim (1999). Probleme bei der Nutzung von Offshore-Windenergie aus der Sicht des Naturschutzes. - *Deutsche Hydrographische Zeitschrift Suppl.* 10.
- Morrison, M.L.; Pollack, K.H.; Oberg, A.L. and K.C. Sinclair (1998). Predicting the Response of Bird Populations to Wind Energy-Related Death. - Colorado (National Renewable Energy Laboratory): 8 pp. WE801410
- Myers, R.A. and B. Worm (2003). Rapid Worldwide Depletion of Predatory Fish Communities. *Nature* 423: 280-283.
- Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Mooney, H., Beveridge, M., Clay, J., Folke, C., Kautsky, N., Lubchenco, J., Primavera, J., and M. Williams (1998). Nature's Subsidies to Shrimp and Salmon Farming. *Science* 282: 883-884
- Naylor, R.L., R. J. Goldburg, J.H. Primavera, N. Kautsky, M.C.M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney, and M. Troell. (2000). Effect of Aquaculture on World Fish supplies. *Nature* 405:1017-1024
- Nielsen, E.; Frumhoff, P.C.; Manion, M. and J.J. Hardner (2002). Designing a carbon market that protects forests in developing countries. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A* 360: 1875-1888

-
- Noss, R. (2001). Beyond Kyoto: forest management in a time of rapid climatic change. *Conservation Biology* 15: 578-590
- Noss, R. F. and A.Y. Cooperrider (1994). *Saving nature's legacy*. - Washington (Island Press)
- Ojima, D.S.; Scurlock, J.M.O. and Gilmanov, T.G. (1993). Observations and Modeling of Biomass and Soil Organic Matter Dynamics for the Grassland Biome Worldwide. *Global Biogeochemical Cycles* 7: 785-
- Oren, R.; Ellsworth, D.S.; Johnsen, K.H.; Phillips, N.; Ewers, B.E.; Maier, C.; Schafer, K.V.R.; McCarthy, H.; Hendrey, G.; McNulty, S.G. and G.G. Katul (2001). Soil fertility limits carbon sequestration by forest ecosystems in a CO₂-enriched atmosphere. *Nature* 411: 469-472
- Page, S.E., Siebert, F., Rieley, J.O., Boehm, H.-D. V., Jayak, A., and S. Limink (2002). The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature* 420: 61-65
- Paine, L.K.; Peterson, T.L.; Undersander, D.J.; Rineer, K.C.; Bartlet, G.A.; Temple, S.A.; Sample, D.W. and R.M. Klemme (1996). Some ecological and socio-economic considerations for biomass energy crop production. -*Biomass and Bioenergy* 10: 131-242
- Palm, C.A.; Alegre, J.C.; Arevalo, L.; Mutuo, P.K.; Mosier, A.R. and Coe, R. (2002). Nitrous oxide and methane fluxes in six different land use systems in the Peruvian Amazon. *Global Biogeochemical Cycles*.
- Paul, K.L., Polglase, P.J., Richards, G.P. (2003). Predicted change in soil carbon following afforestation or reforestation, and analysis of controlling factors by linking a C counting model (CAMFor) to models of forest growth (3PG), litter decomposition (GENDEC) and soil C turnover (RothC). *Forest Ecology and Management* 177: 485-501.
- Paul, K.I., Polglase, P.J., Nyakuengama, J.G., and Khanna, P.K. (2002). Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecol. and Management* 168: 241-257.
- Pauly, D. and J. Maclean (2003). *In a Perfect Ocean: The State of Fisheries and Ecosystems in the North Atlantic Ocean*. Island Press.
- Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese, and F. Torres, Jr. (1998). Fishing Down Marine Food Webs. *Science* 279: 860-863.
- Pauly, D., Christensen, V., Guenette, S., Pitcher, T, Sumaila, U.R., Walters, C.J., Watson, R. and D. Zeller (2002). Towards Sustainability in World Fisheries. *Nature* 418: 689-695.
- Pearson, B. (in press): The CDM one year on: prompt start of false start. *Environmental Finance*.
- Pickard, A.J.; Miller, L.M. and T.E. Duebendorfer (1998). Yellow bush lupine invasion in northern California coastal dunes - I. Ecological impacts and manual restoration techniques. - *Restoration Ecology* 6: 59-68
- Pinard, M.A. and F.E. Putz (1996). Retaining forest biomass by reducing logging damage. - *Biotropica* 28(3): 278-295.
- Pohle, G; Frost, B; Findlay, R. (2001). Assessment of regional benthic impact of salmon mariculture within the Letang Inlet, Bay of Fundy. *ICES Journal of Marine Science* 58: 417-426.
- Post, W.M.; Emanuel, W.R.; Zinke, P.J. and Stangenberger, A.G. (1982). Soil carbon pools and world life zones. *Nature* 298: 156-159.
- Prance, G.T. (2002). Species survival and carbon retention in commercially exploited tropical rainforest. - *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*.
- Pretty, J.N.; Ball, Xiaoyun and Ranvindrath (2002). The role of sustainable agriculture and renewable resource management in reducing greenhouse gas emissions and increasing sinks in China and India. - *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*.
- Pringle, C.M. (1997). Exploring how disturbance is transmitted upstream: Going against the flow. - *J. N. Am. Bentholical Soc.* 16: 425-438
- Puckridge, J.T., Sheldon, F., Walker, K. F. and A. J. Boulton. (1998). Flow variability and the ecology of large rivers. *Marine and Freshwater Research* 49: 55-72.

-
- Rajora, O.P., Mosseler, A., and Major, J.E. (2002). Mating system and reproductive fitness traits of eastern white pine (*Pinus strobus*) in large, central versus small, isolated, marginal populations. *Can. Jour. Bot.* 80: 1173-1184.
- Raven, J.A. and P.G. Falkowski (1999). Oceanic sinks for atmospheric CO₂. - *Plant cell and environment* 22(6): 741-755
- Ravindranath, N.H. and D.O. Hall (1995). Environmental impacts of biomass energy: Biomass, energy, and environment. A developing country perspective from India. Oxford University Press.
- Reaser, J.K., Pomeroy, R. and P.O. Thomas (2000). Coral Bleaching and Global Climate Change: Scientific Findings and Policy Recommendations. *Conservation Biology*, Vol 14, No. 5: 1500-1511.
- Rehfeldt, G.E., Ying, C.C., Spittlehouse, D.L., and Hamilton, D.A. (1999). Genetic responses to climate in *Pinus contorta*: Niche breadth, climate change, and reforestation. *Ecol. Monogr.* 69 (3): 375-407.
- Reichle et al. (1999). Carbon sequestration research and development. - www.ornl.gov/carbon_sequestration Interlinkages between biological diversity and climate change 87
- Richmond, B.M., Mieremet, B., and T. Reiss (1998). Yap Islands Natural Coastal Systems and Vulnerability to Potential Accelerated Sea-level Rise, In: Leatherman, S.P. (Ed.). *Island States at Risk: Global Climate Change, Development and Population*. *Journal of Coastal Research Special Issue* 24:153-172.
- Robinson, G.R. and S.N. Handel (2001). Directing spatial patterns of recruitment during an experimental urban woodland reclamation. - *Ecological Applications* 10: 174-188
- Royal Society (2001). The role of land carbon sinks in mitigation global climate change. Policy document 10/01. online at: www.royalsoc.ac.uk
- Sanchez, P.A.; Shephard, K.D.; Soule, M.I.; Place, F.M.; Buresh, R.J.; Mokwinye, U.; Kresiga, F.R.; Ndiritu, C.G. and P.L. Woome (1997). Soil fertility replenishment in Africa: an investment in natural resource capital. - In: Buresh, R.J.; Sanchez, P.A. and F. Calhoun (eds.): *Replenishing soil fertility in Africa*. - Washington (Soil Science Society of America). - SSSA Publication 51: 1-46
- Schneider, L.C.; Kinzig, A.P.; Larson, E.D. and L.A. Solorzano (2001). Method for spatially explicit calculations of potential biomass yields and assessment of land availability for biomass energy production in Northeastern Brazil. *Agriculture Ecosystems and Environment* 84: 207-226
- Schroeder, P. (1994). Carbon storage benefits of agroforestry systems. - *Agroforestry Systems* 27: 89-97
- Schulte-Bisping, H., Bredemeier, M., and Beese, F. (1999). Global availability of wood and energy supply from fuelwood and charcoal. *Ambio* 28: 592-594.
- Schulze, E.-D. and H.A. Mooney (1993). Ecosystem function of Biodiversity. - *Ecological studies* 99: 497
- Schulze, E.-D., C. Wirth, and M. Heimann. (2000). Managing forests after Kyoto. *Science* 289:2058-2059.
- Scott, D.F. and Lesch, W. (1997). Mokobulaan experimental catchments, South Africa. *Journal of Hydrology* 199: 360-377.
- Seibel, B.A. and P.J. Walsh (2001). Potential impacts of CO₂ injection on deep-sea biota. - *Science* 294: 319-320
- Shankar, U.; Ravi, H. and K.S. Bawa (1998). Extraction of non-timber forest products in the forests of Biligiri Rangan Hills, India. 6. Fuelwood pressure and management options. - *Economic Botany* 52: 320-336
- Shoji, K. and I.S.F. Jones (2001). The costing of carbon credits from ocean nourishment plants. - *The Science of the Total Environment* 277: 27-31
- Sparks, R. E. (1995). The need for ecosystem management for large rivers and floodplains. *BioScience* 45: 168-182.
- Stephens, D.W. and J.R. Krebs (1986). *Foraging Theory*. Princeton University Press.
- Stork, N.E. (1997). Measuring global biodiversity and its decline. - In: Readka-Kudla, M.-L., Wilson, D.E. and E.O. Wilson (Eds.): *Biodiversity II*. - Washington (John Henry Press): 41-68

Suman, D.O. (1994). Status of Mangroves in Latin America and the Caribbean Basin. In: *El Ecosistema de Manglar en America Latina y la Cuenta del Caribe: Su Manejo y Conservacion*. D.O. Suman (Ed.).

Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Research, University of Miami, Florida and the Tinker Foundation, New York, N.Y, pp. 11-20.

Tharme, R. E. In press. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications*.

Thompson, I.D.; Baker, A. and M. TerMikaelian (2003). A review of the long-term effects of post-harvest silviculture on vertebrate wildlife, and predictive models, with an emphasis on boreal forests in Ontario, Canada. - *Forest Ecology and Management* 177: 441-469

Thompson, I.; Patterson, G.; Leiner, S.; Nasi, R.; de Pascual Pola, C.N.; Sigaud, P.; LeDanff, J.-P.; Mulongoy, K.J. and H. Toivonen (2002). Review of the status and trends of, and major threats to, forest biological diversity. - *Ad Hoc Technical Expert Group on Forest Biodiversity*. - Montreal (Secretariat for the Conservation of Biological Diversity).

Thornley, J.H.M. and Cannell, M.G.R. (2000). Managing forests for wood yield and carbon storage: a theoretical study. *Tree Physiology*. 20: 477-484.

Thrupp, L.A. (1997). *Linking Biodiversity and Agriculture: Challenges and opportunities for sustainable food security*. - Washington (World Resources Institute)

Tian, H.; Melillo, J.M.; Kicklighter, A.D.; McGuire, A.D.; Helfrich III, J.V.K.; Moore III, B. and C.J. Vörösmarty (1998). Effect of Interannual Climate variability on Carbon Storage in Amazonian Ecosystems. - *Nature* 396: 664-667

Tomich, T.P.; Van Noordwijk, M.; Vosti, S. and J. Witcover (1998). Agricultural development with rainforest conservation: Methods for seeking best-bet alternatives to slash-and-burn, with applications to Brazil and Indonesia. - *Agricultural Economics* 19: 159-174

Tomich, T.P.; Van Noordwijk, M.; Budidarsono, S.; Gillison, A.; Kusumanto, T.; Murdiyarso, D.; Stolle, f. and A.M. Fagi (1999). Agricultural intensification, deforestation and the environment: assessing tradeoffs in Sumatra, Indonesia. - In: Barrett, C.R. and D.R. Lee (Eds.): *Agricultural Intensification and the Environment*. - Blackwell Science Publishers, United Kingdom.

Tongway, D.J. and J.A. Ludwig (1996). Rehabilitation of semiarid landscapes in Australia. I. Restoring productive soil patches. - *Restoration Ecology* 4: 388-397

Trull, T.; Rintoul, S.R.; Hadfield, M. and E.R. Abraham (2001). Circulation and seasonal evolution of polar waters south of Australia: implications for iron fertilization of the Southern Ocean. - *Deep-Sea Research II* 48: 2439-2466

Turner, J. and Lambert, M. (2000). Change in organic carbon in forest plantation soils in eastern Australia. *Forest Ecol. and Manage.* 133 (3): 231-247.

Turunen, J.; Tomppo, E.; Tolonen, K. and Reinikainen, A. (2000). Estimating carbon accumulation rates of undrained mires in Finland – application to boreals and subarctic regions. *Global Biogeochemical Cycles*.

UNEP-United Nations Environment Programme (2002). *African environment outlook: integrated environmental assessment reporting*. - London, Earthprint

Urbanska, K.M. (1997). Safe sites - interface of plant population ecology and restoration ecology. - In: Urbanska, K.M.; Webb, N.R. and P.J. Edwards (Eds.): *Restoration Ecology and Sustainable Development*. - Cambridge University Press. Pp. 81-110.

van Kooten, G.C.; Krcemar-Nozic, E.; Stennes, B. and R.V. Gorkom (1999). Economics of fossil fuel substitution and wood product sinks when trees are planted to sequester carbon on agricultural lands in western Canada. - *Canadian Journal of Forest Research* 29(11): 1669-1678

Vesterdal, L.; Ritter, E. and Gundersen, P. (2002). Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land. *Forest Ecology and Management* 169: 137-147

Vosti, S.A.; Witcover, J.; Carpentier, C.L. and E. do Amaral (1999). Intensifying small-scale agriculture in the western Brazilian Amazon: Issues, implications and implementation. In: Barrett, C.R. and D.R. Lee (Eds.):

-
- Agricultural Intensification and the Environment. - Blackwell Science Publishers, United Kingdom.
- Ward, J.V., Tockner, U., Uehlinger, U. and F. Malard. (2001). Understanding natural patterns and processes in river corridors as the basis for effective river restoration. *Regulated Rivers Research and Management* 117: 311-323.
- Watson, R.T. and I.R. Noble (2002). Carbon and the Science-Policy Nexus: The Kyoto Challenge. Challenges of a Changing Earth, Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, The Netherlands, 10-13, July 2001, Springer: 57-64
- West, J.M. and R.V. Salm (2003). Resistance and Resilience to Coral Bleaching: Implications for Coral Reef Conservation and Management. *Conservation Biology* 17: 956-967.
- Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S. and J.M. West (2000). Management of Bleached and Severely Damaged Coral Reefs. IUCN Gland, Switzerland and Cambridge, UK, vi + 37pp.
- Whisenant, S.G. (1999). Repairing Damaged Wildlands. Cambridge University Press. Williamson, J. and S. Harrison (2002). Biotic and abiotic limits to the spread of exotic revegetation species. - *Ecological Applications* 12: 40-51
- Wilkinson, C. (Ed) (2002). Status of Coral Reefs of the World. Winkelman, J. E. (1992): The impact of the SEP wind park near Oosterbierum (Fr.), the Netherlands, on birds, 4: Disturbance. DLO-Intituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem. - RIN rapport 92/5
- Woomer, P.H.; Palm, C.A.; Alegre, J.; Castilla, C.; Gordon, D.G.; Hariah, K.; Kotto-Sane, J.; Moukan, A.; Rodrigues, V.; Ricse, A. and van Noordwijk (1999): Carbon dynamics in slash- and burn systems and land use alternatives: findings of the Alternatives to Slash- and Burn programme. - *Advances in soil science*.
- World Commission on Dams (2000a): Dam Reservoirs and Greenhouse Gases: Report on the Workshop held on February 24 and 25. Hydro- Quebec, Montreal. Final Minutes. Thematic Review II.2 Dams and Global Change.
- World Commission on Dams. (2000b). Dams and development: a new framework for decision making. Earthscan Publications, London, United Kingdom. 356p.
- Yokoyama, H. (2002). Impact of fish and pearl farming on the benthic environments in Gokasho Bay: Evaluation from seasonal fluctuations of the macrobenthos. *Fisheries Science* 68: 258-268.
- Zan, C.S.; Fyles, J.W.; Girouard, P. and R.A. Samson (2001): Carbon sequestration in perennial bioenergy, annual corn and uncultivated systems in southern Quebec. - *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86: 135-144
- Zhang, Q. and C.O. Justice (2001): Carbon emissions and uptake potential of central African ecosystems. - *Ambio* 30: 351

5. ABORDAGENS DE APOIO AO PLANEJAMENTO, TOMADAS DE DECISÃO E DISCUSSÕES PÚBLICAS

Principais autores: *Robert Watson, Inhee Chung, Habiba Gitay, Anke Herold, Steven Kelleher, Kanta Kumari, Robert Lamb, Fabrice Lantheaume, Christiane Ploetz, M.V.K. Sivakumar, Allan Watt.*

INTRODUÇÃO

Tipos diferentes de atividades de mitigação (de mudanças políticas no nível nacional a projetos individuais) realizadas pelas Partes à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima (UNFCCC) e ao Protocolo de Kyoto, com a meta de reduzir as emissões líquidas de carbono, podem ter conseqüências sociais e/ou ambientais-ecológicas benéficas ou adversas muito variadas (ver Capítulo 4). De forma semelhante, as atividades de adaptação à mudança de clima, empreendidas pelas Partes à UNFCCC e ao Protocolo de Kyoto, podem ter conseqüências muito variadas, assim como as atividades para conservar e manejar ecossistemas sustentavelmente empreendidas pelas Partes à Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) e Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), e outras convenções e acordos relacionados à biodiversidade (por exemplo, Convenção sobre Espécies Migratórias, Convenção sobre Zonas Úmidas e Convenção do Patrimônio Mundial). As atividades podem apoiar ou violar os princípios de equidade, necessidades culturais ou sustentabilidade ecológica, dependendo das situações políticas, sociais, institucionais, tecnológicas e ambientais nas quais as atividades são realizadas. Portanto, as ferramentas que podem ser usadas para avaliar as implicações ambientais e sociais de diferentes opções de políticas e projetos, e para escolher entre elas, são discutidas neste capítulo.

Há, claramente, uma oportunidade para implementar atividades mutuamente benéficas (políticas e projetos) que tirem proveito das sinergias entre a UNFCCC e seu Protocolo de Kyoto, a CDB, e objetivos nacionais mais amplos de desenvolvimento. Uma necessidade crítica do desenvolvimento sustentável é a capacidade de desenhar medidas de políticas que explorem sinergias potenciais entre objetivos nacionais e subnacionais de desenvolvimento econômico e projetos e políticas ambientalmente focadas. Portanto, a capacidade de países para implementar atividades de adaptação e mitigação à mudança de clima aumentará quando houver coerência entre políticas econômicas, sociais e ambientais. As conexões entre mudança de clima, biodiversidade e degradação do solo,

e suas implicações para satisfazer as necessidades humanas, proporcionam oportunidades para captar sinergias ao desenvolver opções de políticas, mesmo quando houver compensações. Para tal, a implementação bem-sucedida de opções de mitigação e adaptação à mudança de clima precisariam transpor barreiras técnicas, econômicas, políticas, culturais, sociais, comportamentais e/ou institucionais.

As decisões são fundamentadas em valores e combinam elementos políticos e tecnocráticos. De forma ideal, elas deveriam combinar a identificação e análise de problemas, identificação de opção de política, escolha de política, implementação de política e monitoramento e avaliação de maneira interativa. A transparência e a participação de todos os interessados pertinentes são propriedades altamente desejáveis em processos de tomada de decisão. A experiência mostra que os processos de tomada de decisão transparentes e participativos, envolvendo todos os interessados pertinentes, integrados no desenho do projeto ou da política correta desde o início, podem aumentar a probabilidade de sucesso no longo prazo. O sucesso e o valor de acordos ambientais internacionais dependem, criticamente, de sua implementação bem sucedida no nível nacional e subnacional, a qual depende de acordos institucionais relacionados (Seção 5.1).

Há uma gama de ferramentas e processos disponíveis para avaliar as implicações econômicas, ambientais e sociais das diferentes atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima (projetos e políticas) no contexto mais amplo do desenvolvimento sustentável. Estas incluem, mas não se limitam à, avaliações de impacto ambiental (AIAs), avaliações ambientais estratégicas (AAEs), estruturas de decisões analíticas, técnicas de valoração, e critérios e indicadores. Estruturas de decisões analíticas, técnicas de valorização e critérios e indicadores são ferramentas que podem ser utilizadas em processos de avaliação de impacto ambiental e avaliação ambiental estratégica.

Avaliações de impacto ambiental e avaliações ambientais estratégicas, como processos que podem ser usados para calibrar as implicações ambientais e socioeconômicas de diferentes atividades, são discutidas na Seção 5.2. As avaliações de impacto ambiental (AIAs) proporcionam um processo para avaliar os possíveis impactos ambientais e sociais, no nível de projeto, enquanto as avaliações ambientais estratégicas (AAEs) podem ser usadas como ferramentas de planejamento de políticas em uma variedade de escalas espaciais, até à escala nacional, e proporcionar uma estrutura analítica para avaliar os impactos de múltiplos projetos e políticas transversais amplas. A Seção 5.3 trata, resumidamente, sobre as implicações da ausência de um conjunto mínimo de padrões ambientais e sociais internacionais comuns para projetos de mitigação e adaptação à mudança de clima. Uma gama de estruturas de decisão analítica, apresentada na Seção 5.4, está disponível para ajudar na seleção de projetos ou políticas de mitigação e adaptação à mudança de clima, bem como aquelas para a conservação e uso sustentável de biodiversidade derivadas das análises de custo-benefício e custo-efetividade para as regras culturais normativas.

Os atuais processos de tomada de decisão ignoram ou subestimam, frequentemente, o valor de serviços ecológicos. Portanto, as mudanças na atual prática de valoração

poderão ser necessárias para melhorar a mensuração dos valores intrínsecos e utilitários dos serviços ecológicos, conforme discutido na Seção 5.5. Valores de uso e não uso, e valores de mercado e de não mercado, são importantes para avaliar e levar em consideração no processo de tomada de decisão. As decisões sobre o uso de ecossistemas frequentemente restringem ou impossibilitam os usos alternativos destes sistemas, portanto, há compensações entre as diferentes atividades dentro de um ecossistema que precisam ser avaliadas em termos de benefícios sociais líquidos.

Sistemas nacionais, regionais e possivelmente internacionais de critérios e indicadores são necessários para o monitoramento e avaliação qualitativa e quantitativa do impacto da mudança de clima, bem como para avaliar o impacto das atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima, sobre a biodiversidade e outros aspectos do desenvolvimento sustentável (Seção 5.6). Os indicadores são necessários em cada estágio do processo de tomada de decisão, reconhecendo que escalas espaciais e temporais diferentes podem requerer diferentes indicadores. Será necessário desenvolver sistemas para rastrear o desempenho de projetos e políticas. A Seção 5.6 é concluída com uma tabela que descreve os possíveis elementos dos efeitos positivos e negativos de projetos de Uso do Solo, Mudança de Uso do Solo e Silvicultura (LULUCF) sobre a biodiversidade. E finalmente, a Seção 5.7 resume as principais necessidades de pesquisa e lacunas de informação.

5.1 ACORDOS INSTITUCIONAIS

O estabelecimento de acordos institucionais é restrito por vários fatores, inclusive por componentes socioeconômicos e ambientais. As instituições podem ser definidas como conjuntos de regras, procedimentos de tomada de decisão, e programas que definem práticas sociais, designam papéis aos participantes nestas práticas, e orientam interações entre aqueles que desempenham papéis individuais.

O desempenho das instituições, crucial para alcançar as metas para as quais foram estabelecidas, depende de várias questões e os fatores que afetam a performance variam de caso a caso. A finalidade de instituições ambientais é, geralmente, assegurar o desenvolvimento sustentável em suas diferentes dimensões, mas outros critérios também podem ser formulados para avaliar o desempenho das instituições. Frequentemente, tais critérios incluirão os aspectos de eficiência e equidade.

As instituições desempenham papéis mais, ou menos, significativos referentes à maioria das mudanças ambientais que envolvem ações humanas. Ainda assim, as instituições raramente prestam contas de todas as discrepâncias nestas situações. Em um caso típico, elas são uma dentre muitas das forças motrizes, cujas operações, individuais e em conjunto, geram mudanças ambientais pertinentes. Portanto, uma característica importante da pesquisa sobre as dimensões institucionais da mudança ambiental é o esforço para separar os sinais associados a vetores institucionais daqueles associados a outros vetores e, compreender como forças motrizes diferentes interagem entre si para prestar contas de resultados observados.

Acordos ambientais internacionais, tais como a CDB e o Protocolo de Kyoto, são tipos especiais de instituições. No nível nacional, estas instituições interagem com outros regimes, inclusive regras que administram o comércio ou investimentos internacionais e outras práticas sociais que operam no nível de um sistema social. As interações no nível nacional dão forma a estas instituições e afetam seu desempenho e eficiência.

A performance e eficiência de instituições relacionadas à biodiversidade e políticas de clima dependem, em grande parte, do desenho das instituições bem como das capacidades e recursos disponíveis. A capacitação, especialmente em países em desenvolvimento é, e deve ser considerada como, uma parte integrante da CDB e do Protocolo de Kyoto. Conseqüentemente, para que a capacitação seja efetiva ela deve fundamentar-se em informações sólidas sobre o desempenho e eficiência de desenhos institucionais diferentemente pertinentes, globais, nacionais e locais.

A formação de instituições no nível nacional, como função de vários fatores, será de grande importância. Estes fatores são formados por interações de (1) regimes ambientais internacionais, (2) regimes econômicos internacionais (tais como comércio e investimento) e a globalização de economias, (3) sistemas sócio-culturais e (4) as estruturas de governança, práticas e históricas dos países. Um acordo institucional que tenha um bom desempenho ao lidar com um problema, em um determinado contexto, pode falhar ao resolver outros problemas. O problema da adequação a sistemas ambientais, socioeconômicos e culturais heterogêneos, requer soluções relacionadas a contextos específicos que necessitam de abordagens plurilocais. As causas para o problema da adequação, ou o desencontro entre os problemas e os atributos da instituição, podem ser distribuídas em três grupos: estado de conhecimento, restrições institucionais e comportamento *rent-seeking* (concessão de direitos de propriedade, por parte do Estado, que estimula o desperdício de recursos escassos) (Young 2002).

A maioria das instituições interage, horizontal e verticalmente, com outros acordos semelhantes. As interações horizontais ocorrem no mesmo nível das organizações sociais; a interação vertical é resultado de interações ou ligações através de escalas que envolvem instituições localizadas em níveis diferentes da organização social. A interação entre duas ou mais instituições, pode adquirir a forma de interdependência funcional ou surgir como conseqüência de políticas do desenho e manejo institucional (Young 2002).

5.2 AVALIAÇÕES DE IMPACTO

Avaliações de impacto ambiental (AIAs) e avaliações ambientais estratégicas (AAEs) podem ser usadas para avaliar as implicações ambientais e socioeconômicas de diferentes energias e projetos e políticas de Uso do Solo, Mudança de Uso do Solo e Silvicultura (LULUCF). As AIAs são usadas no nível de projeto, enquanto as AAEs são aplicadas, geralmente, no nível estratégico de política. Originalmente, o conceito de AIAs desenvolveu-se a partir da inclusão de efeitos abióticos ambientais apenas (por exemplo, poluição local do ar), e agora engloba questões de biodiversidade e aspectos sociais, (por exemplo, impacto sobre a subsistência de populações), sendo que todos estes são fundamentais

para um processo completo de avaliação. Entretanto, na prática, as AIAs falham ao incluir adequadamente os aspectos sociais e de biodiversidade. As metodologias AIA e AAE básicas podem ser modificadas para tratar questões específicas identificadas sob a UNFCCC, referente a projetos LULUCF, tais como vazamento e permanência²⁸.

5.2.1 Avaliações de Impactos Ambientais (AIA)

A EIA é um processo de planejamento ou uma ferramenta para avaliar os impactos ambientais e socioeconômicos de projetos, inclusive os impactos possíveis de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima sobre a biodiversidade. Esta Seção não tem a intenção de ser uma análise exaustiva de qualquer método específico de avaliação AIA (ver Quadro 5.1), mas tem por objetivo apresentar um resumo da AIA e como as AIAs podem ser usadas para integrar considerações sociais e de biodiversidade em planejamento de projetos, minimização de riscos e aumento de benefícios para projetos relacionados à mudança de clima. Há muitas metodologias de avaliação de impactos e ferramentas que podem ser utilizadas, e todas têm muitas etapas em comum.

Avaliações de impacto ambiental e avaliações ambientais estratégicas podem ser integradas no desenho de projetos e políticas de mitigação e adaptação à mudança de clima, para ajudar planejadores, tomadores de decisão e todos os interessados na identificação e mitigação de impactos ambientais e sociais potencialmente danosos, e aumentar a probabilidade de benefícios positivos, tais como, o aprimoramento do armazenamento de carbono, da conservação de biodiversidade e de subsistências.

A CDB estimula explicitamente o uso da AIA (Artigo 14), no entanto, não há referência a este respeito na UNFCCC ou em seu Protocolo de Kyoto. As regras operacionais para o Protocolo de Kyoto incluídas nos Acordos de Marrakesh, determinam apenas que o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e, alguns casos, os participantes de projetos (ver Seção 4.2 para definição) de implementação conjunta (JI), têm que realizar uma EIA em conformidade com as exigências da Parte anfitriã, quando após uma análise preliminar, estes, ou os países anfitriões, considerem que os impactos ambientais das atividades do projeto sejam significativos. O Artigo 14 da CDB solicita AIAs para projetos visando evitar ou minimizar efeitos adversos sobre a diversidade biológica e permitir a participação pública em tais procedimentos. A decisão VI/7 da Conferência das Partes (COP) à CDB, inclui um anexo sobre “Diretrizes para a incorporação de questões relacionadas à biodiversidade na legislação e/ou processo de avaliação de impacto ambiental e na avaliação ambiental estratégica”. Estas diretrizes foram adotadas também pela Convenção sobre Zonas Úmidas. Alguns governos acreditam que o uso do processo AIA ou AAE da CDB para avaliar projetos e políticas de mitigação e adaptação à mudança de clima, adicionaria outros níveis de custos de avaliação e conformidade aos projetos da UNFCCC e Protocolo de Kyoto, e como resultado muitos projetos benéficos talvez não sejam realizados.

²⁸ Para uma descrição destes termos, ver Quadro 4.2

Quadro 5.1 O que é uma AIA e quais são as fases comuns

O que é uma AIA? Uma AIA é definida como uma técnica e um processo participativo, por meio do qual as informações sobre os efeitos ambientais e sociais de um projeto podem ser coletadas, avaliadas e levadas em consideração pelo fomentador, governos, ONGs, grupos comunitários, etc, ao desenhar um projeto. O envolvimento público é uma parte importante do processo AIA. Portanto, a AIA é um processo sistemático e interativo que analisa as consequências das atividades antes da implementação, e adota passos para evitar resultados negativos potenciais e promover resultados mais benéficos, por meio de respostas como a minimização de impacto ou modificação do desenho. O processo da AIA tem o potencial de servir como base para negociar compensações entre o fomentador, grupos de interesse público e tomadores de decisão. As AIAs geralmente são consideradas como um processo desnecessário, oneroso e longo, que retarda a finalização do programa ou projeto, entretanto, quando corretamente estruturadas elas podem ser ferramentas valiosas para mitigar custos e impactos potenciais não previstos. As principais fases de uma AIA estão delineadas abaixo e apresentadas na Figura 5.1.

1. Desenvolvimento do conceito do projeto. O primeiro passo é definir o projeto e seus objetivos, bem como identificar alternativas.

2. Avaliação inicial. Identificar impactos potencialmente significativos da localização e desenho do projeto sobre a biodiversidade e comunidades. As perguntas incluem: É provável que a biodiversidade seja afetada significativamente pelo projeto proposto? A subsistência de populações locais será impactada adversamente ou estas populações serão beneficiadas? Em termos gerais, quais serão os impactos? O projeto tem potencial para incrementar a biodiversidade e/ou subsistência local? Este passo separa os projetos improváveis de terem impactos ambientais e sociais significativos daqueles que poderão ter impactos ambientais e sociais significativos?

3. Definição do âmbito. Este passo focaliza aqueles impactos do projeto, positivos e negativos, que possivelmente serão significativos. Este passo determina se um projeto requer, ou não, uma avaliação, o nível de avaliação e detalhes que podem ser necessários. As perguntas incluem: Quais são as principais questões? O que é necessário para estabelecer o marco zero e como a informação pertinente deverá ser coleta? Quais são os elementos sócio-econômicos e ambientais de interesse, e para quais interessados?

4. Coleta de informação. Estabelece o marco zero para aspectos ambientais e sociais sob consideração, atualmente e no futuro, sob cenários de projeto e não projeto. Este passo inclui também a apresentação e consideração de alternativas.

5. Projeção de impactos. Este passo procura identificar e quantificar a magnitude de impactos potenciais – por exemplo, positivo e negativo, de curto e longo prazo, sobre cada grupo de interessados; e colocá-los em perspectiva quanto a sua importância relativa.

6. Medidas de mitigação e plano de manejo. Proporciona opções para eliminar, reduzir a níveis aceitáveis ou mitigar impactos adversos sobre a biodiversidade e comunidades locais, para facilitar o redesenho do projeto, compensação, mudança de local e outras alternativas.

7. Monitoramento. O monitoramento e a supervisão do projeto são críticos para assegurar que o projeto seja realizado de acordo com o plano de manejo.

A UNFCCC está em processo de desenvolvimento de definições e modalidades para que projetos de MDL, LULUCF levem em consideração os impactos socioeconômicos e ambientais, inclusive impactos sobre a biodiversidade e ecossistemas naturais²⁹.

A maioria das agências internacionais e multilaterais de desenvolvimento usa EIAs para assegurar que seus projetos sejam social e ambientalmente sustentáveis. As agências internacionais de desenvolvimento, tais como, o Departamento para o Desenvolvimento Internacional do Reino Unido (DFID) e a Agência Norte Americana para o Desenvolvimento Internacional (USAID), agências multilaterais de desenvolvimento, tais como, o Banco Mundial, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), o Fundo para o Meio Ambiente Mundial (GEF), e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) têm processos de avaliação ou de impacto ambiental e social, assim como muitos governos nacionais. A maioria dos países que são Partes à CDB e UNFCCC concordaram com certos protocolos AIA, por meio da associação ao Grupo do Banco Mundial e ao receberem financiamentos de doadores bilaterais. Ambas as nações, doadoras e receptoras, concordaram com as políticas do Banco Mundial, inclusive as salvaguardas ambientais para o desenho e implementação de projetos, e inclusive o uso de AIAs. A adoção destes processos AIA proporciona ferramentas que poderão ser aplicadas a cada país interessado em receber um projeto ou programa relacionado ao clima, assegurando, portanto, a equidade e consistência para os projetos, mundialmente.

Quadro 5.2 “Políticas de Salvaguardas” do Banco Mundial

O Banco Mundial usa avaliações ambientais, conjuntamente com dez Políticas de Salvaguardas ambientais, sociais e legais, para identificar, evitar e mitigar impactos ambientais e sociais negativos potenciais, associados a operações de empréstimo. Estas aprimoram a tomada de decisão, assegurando que as opções de projeto sendo consideradas sejam sensatas e sustentáveis e que as populações potencialmente afetadas tenham sido adequadamente consultadas.

A política de avaliação ambiental e o processo recomendado, do Banco Mundial, são descritos na Política Operacional (OP)/Procedimento do Banco (BP) 4.01: Avaliação Ambiental. Esta política é considerada uma política guarda-chuva para as “políticas de salvaguardas” ambientais do Banco, que incluem, entre outros: *Habitats* Naturais (OD 4.04), Silvicultura (OP 4.36), Manejo de Peste (OP 4.09), Propriedade Cultural (OPN 11.03), e Segurança de Represas (OP 4.37). As dez políticas de salvaguardas são:

1. Avaliar impactos ambientais potenciais de projetos no início do ciclo do projeto;
2. Proibir o financiamento a projetos que envolvam a degradação de *habitats* naturais – a não ser que não haja outra alternativa viável;
3. Financiar projetos florestais somente quando a avaliação mostrar que as exigências de sustentabilidade foram atendidas;

²⁹ FCCC/SBSTTA/2003/5

Quadro 5.2 Continuação

4. Apoiar o manejo de pragas realizado de forma ambientalmente correta;
5. Restaurar e melhorar a capacidade de captar renda de populações reassentadas involuntariamente;
6. Evitar e mitigar impactos adversos sobre povos indígenas;
7. Preservar a propriedade cultural e evitar a sua eliminação;
8. Utilizar avaliações ambientais, e planos detalhados, para construir e operar represas de forma segura;
9. Solicitar notificações e acordos entre estados/partes em águas internacionais;
10. Identificar problemas em áreas contestadas no plano de manejo.

5.2.1.1 Experiências com AIAs e sua utilização em projetos de mitigação e adaptação à mudança de clima

Anos de desenvolvimento e experiência mostram que as abordagens de avaliação, transparentes, participativas e integradas em projetos ou programas corretamente desenhadas desde o início, podem aumentar a probabilidade de resultados bem sucedidos no longo prazo para o meio ambiente e para o desenvolvimento. As AIAs não devem ser consideradas políticas normativas no contexto do desenho de adaptações ou projetos de energia e seqüestro de carbono sob a UNFCCC. As EIAs continuam sendo ferramentas básicas de planejamento, repartição de informação e empoderamento de comunidades para projetos de desenvolvimento sustentável, porém, onde não houver uma estrutura legal sólida que defina amplamente as questões a serem tratadas dentro de uma AIA, e procedimentos para conduzi-las, sua efetividade é drasticamente reduzida (Mercier e Bekhechi 2002). Como as AIAs operam no nível de projeto, elas são inadequadas para considerar os efeitos cumulativos de projetos múltiplos. Esta limitação pode ser tratada por meio do uso de ferramentas adicionais, tais como as AAEs, e por meio da adoção da abordagem ecossistêmica (ver Seção 4.3). Outra lição essencial de experiências passadas é a necessidade de revisar os impactos sociais de maneira completa e compatível com as considerações ambientais (ver estudos de caso no Capítulo 6).

Para maximizar o valor de um processo AIA, é essencial que as AIAs sejam sistematicamente aplicadas no contexto de projetos de mitigação e adaptação à mudança de clima, para garantir que elas abranjam além do escopo das reduções de emissões de dióxido de carbono ou seqüestro de carbono. Até esta data, as AIAs não foram sistematicamente aplicadas sob a estrutura do Protocolo de Kyoto, por várias razões. Estas incluem: o planejamento de projetos de mitigação e adaptação é relativamente novo e está em evolução (exceto os projetos do GEF); somente em novembro de 2002 foram tomadas as decisões esclarecendo os tipos de projetos LULUCF a serem permitidos para mitigação sob a UNFCCC, para o seu primeiro período de compromisso (2008 – 2012); alguns projetos de mitigação são vistos apenas em termos de reduções nas emissões de

dióxido de carbono ou seqüestro de carbono, e não em termos abrangentes dos bens e serviços sociais e ambientais globais que tais projetos podem proporcionar, e as AIAs não são exigidas em alguns países, atualmente.

Há uma ampla gama de metodologias de avaliação de impacto ambiental e social, as quais podem ser modificadas para projetos de energia e projetos LULUCF de mitigação e adaptação à mudança de clima. Uma AIA acrescenta informações críticas qualitativas, bem como quantitativas (por exemplo, avaliações de marco zero) ao processo global de desenho e implementação de projetos, ajudando na identificação e mitigação de riscos e aumentando a probabilidade de que os ativos de carbono e os co-benefícios sociais e de biodiversidade sejam mantidos e/ou incrementados. Uma AIA pode ser “modificada” para levar em consideração as questões consideradas como causas potenciais da não permanência e do vazamento em projetos LULUCF, e para tratar adequadamente as questões de biodiversidade. Por exemplo, questões relacionadas à permanência podem incluir queimadas, surtos de pestes e doenças, e um plano de ação de manejo poderia incluir ações de minimização de riscos que tratem especificamente da escolha de espécies e locais, manejo de queimadas, e a promoção da diversificação de espécies. O vazamento pode ser tratado de forma mais completa por meio da realização de uma AAE e de um planejamento de uso do solo de larga escala, que adote uma abordagem ecossistêmica para garantir que as causas potenciais do vazamento sejam compreendidas, e do desenvolvimento de um plano de ação de manejo que proporcione, entre outros aspectos, programas alternativos de subsistência e que considere a repartição de benefícios da geração de rendas do carbono. Como as AIAs tratam as questões de biodiversidade inadequadamente, com certa frequência, elas podem ser modificadas por meio da utilização das diretrizes no Anexo à Decisão VI/7 da COP à CDB, de forma que o conceito de diversidade biológica, como definido pela CDB, seja incorporado no termo “meio ambiente” delineado em procedimentos e legislações nacionais. A experiência com, e o desenvolvimento de sistemas de AIA e AAE, poderão ser úteis se forem inseridos no desenvolvimento de projetos de florestamento e reflorestamento sob o MDL.

5.2.2 Avaliações ambientais estratégicas (AAEs)

As avaliações ambientais estratégicas (AAEs) podem ser usadas para informar políticas transversais amplas, no nível nacional, bem como para avaliar os impactos potenciais de políticas de mitigação e adaptação à mudança de clima, ou impactos de projetos múltiplos em uma região ou setor, sobre a conservação e uso sustentável da biodiversidade. Há vários tipos de AAEs resultantes das várias idéias sobre seu papel e finalidade. Aqui, uma SEA é definida como um procedimento sistemático de ajuda à decisão na avaliação de possíveis efeitos ambientais e sociais significativos, através de todo o processo de planejamento, ou, quando da consideração de projetos múltiplos (Brown e Therivel 2000, Sadler e Verheem 1996). Portanto, elas facilitam a integração de considerações ambientais no processo de tomada de decisão estratégica em nível nacional (DEAT 2000, ICON et al. 2001, Partidario 1996; 1999). Elas procuram informar também ao tomador de decisão o grau de incertezas sobre os impactos, bem como o nível de

consistência nos objetivos e a sensibilidade de marco zero (ou seja, o estado do meio ambiente). É importante que as AAEs sejam iniciadas nos estágios iniciais do planejamento de políticas e, como nas AIAs, com o envolvimento do público em todo o processo. As SEAs proporcionam, sem dúvida, um fórum no qual um grupo maior de pessoas pode ser envolvido na tomada de decisão (Sadler 1995).

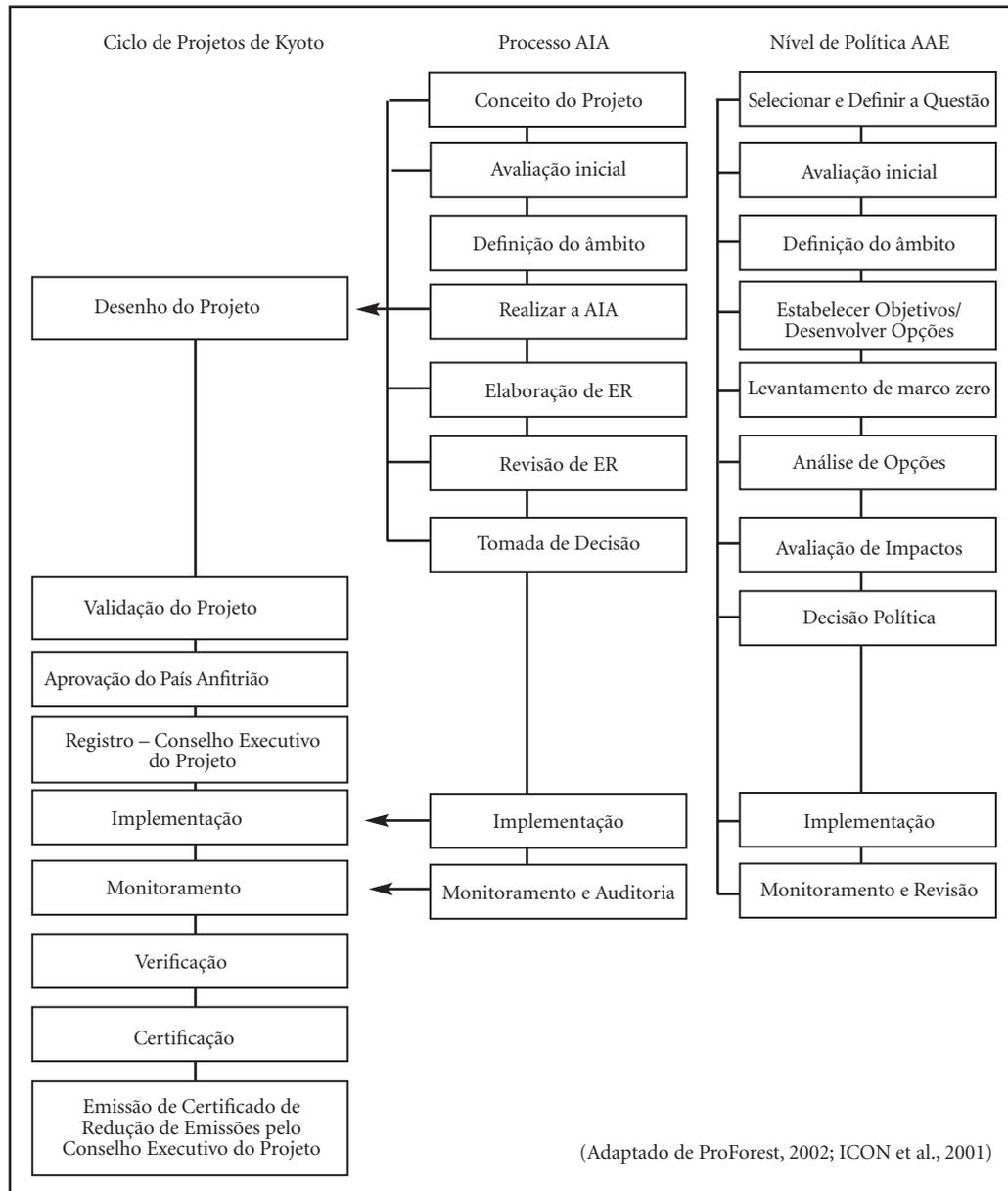
5.2.2.1 Elementos chave do processo AAE

Os elementos-chave do processo AAE, comparados ao processo AIA e ao “ciclo de projeto” MDL de Kyoto, estão contidos na Figura 5.1. Esta ilustra como elementos diferentes podem ser conectados para formar um processo AAE mais sistemático. Um dos fatores de maior sucesso da SEA é sua habilidade para capacitar os tomadores de decisão para que considerem a questão de integração (seja de questões relacionadas ao meio ambiente, mudança de clima ou biodiversidade) nos estágios fundamentais do ciclo de formação de políticas (ICON et al. 2001). Além disso, irá facilitar também os elementos de melhores práticas de SEA, tais como a participação pública, por exemplo, por meio do envolvimento de uma mesa redonda sobre desenvolvimento sustentável, bem como o controle de qualidade, por meio de um comitê de auditoria.

5.3 PADRÕES AMBIENTAIS E SOCIAIS

Sem um conjunto mínimo de padrões ambientais e sociais internacionais comuns, os projetos de mitigação de mudança de clima poderão ser inseridos em países com padrões mínimos, ou inexistentes, afetando adversamente a biodiversidade e as sociedades humanas. A ampla gama atual de diretrizes e procedimentos sobre o desenho e implementação de projetos entre governos, agências internacionais, setor privado, setor não governamental e implementadores de projetos pode resultar no potencial para realizar padrões ambientais e sociais locais, mas não naqueles de agências internacionais ou multinacionais de desenvolvimento, ou aqueles consistentes com as metas de acordos ambientais multilaterais, por exemplo, a CDB. As salvaguardas ambientais do Banco Mundial, ou outros padrões semelhantes existentes, podem ser usados como um ponto de partida para explorar um conjunto mínimo de padrões internacionais para projetos de mitigação e adaptação à mudança de clima. Estes padrões, quando internacionalmente acordados, podem ser incorporados em esforços nacionais de planejamento. Entretanto, os Acordos de Marrakesh afirmam que é prerrogativa da Parte anfitriã confirmar se a atividade do projeto de MDL ajuda a alcançar o desenvolvimento sustentável.

Figura 5.1: Diagrama ilustrativo do “ciclo de projeto” do MDL de Kyoto, processos AIA e AAE



5.4 PROCESSOS DE DECISÃO E ESTRUTURAS E FERRAMENTAS DE DECISÃO ANALÍTICA

Processos e instituições de tomada de decisão operam em uma gama de escalas espaciais, do nível local ao global. Muitos mecanismos podem aprimorar o processo de tomada de decisão sobre mitigação e adaptação à mudança de clima e os projetos de conservação de biodiversidade, e suas implicações ambientais e sociais (Toth 2000). Espera-se que os processos de tomada de decisão na escala local, nacional e global incorporem as seguintes características (Hemmati 2001, Petkova et al. 2002, Dietz 2003): (i) uso da melhor informação disponível; (ii) o envolvimento transparente de todos aqueles que tenham interesse na decisão (Fiorino 1990, Dietz 1994, Renn et al. 1995, Slocum et al. 1995, Stern et al. 2001,

Chess et al. 1998, Chess e Purcell 1999, Webler 1999, US NRC 1999, USEPA SAB 2000, Beierle e Cayford 2002), reconhecendo os pontos fortes e limitações de diferentes grupos de interessados para processar e usar informação (Kahneman et al. 1982, Cosmides e Tooby 1996, e Wilson 2002); e (iii) prestar especial atenção à equidade (Agrawal 2002, McCay 2002) e às populações mais vulneráveis. A experiência sugere também que as políticas e projetos deverão ser desenvolvidos para incorporar as lições aprendidas com experiências passadas (Gunderson et al. 1995, Yohe e Toth 2000), a proteção contra riscos, a consideração de incertezas, a maximização da eficiência, a consideração de todas as escalas espaciais e temporais pertinentes, e a previsão do manejo adaptável permitindo, portanto, as correções de meio termo. Além disso, a tomada de decisão efetiva só poderá ser desenvolvida se as pessoas que tomam as decisões forem responsáveis por elas (Perrow 1984).

Estruturas de decisão analítica são ferramentas que podem ser usadas para avaliar os impactos econômicos, sociais e ambientais das atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima e os impactos das atividades de conservação de biodiversidade. Estes incluem, mas não se limitam à análise de decisão, análise de custo-benefício, análise de custo efetividade, a abordagem do exercício de política, as regras culturais normativas. Diferentes princípios (objetivos) de tomada de decisão podem ser usados individualmente, ou em combinações, pois as estruturas de decisão analítica (EDAs) podem ser adotadas para tratar problemas específicos. Cada EDA pode atender alguns objetivos de decisão, por exemplo, por meio da melhor otimização de custo efetividade ou da equidade do que outras estruturas, mas a incompatibilidade total é rara (Avaliação Ecosistêmica do Milênio 2003). Por exemplo, as análises de decisão, de custo-benefício e custo efetividade são todas elas adequadas para a eficiência da otimização econômica, observando-se, entretanto, que a questão das atitudes de desconto e risco é importante quando se adota uma perspectiva de longo prazo. Podem ser aplicadas em todas as escalas espaciais, do nível da fazenda ou empresa ao nível de comunidade, nacional e global. Entretanto, as questões associadas ao princípio da precaução e equidade, não são centrais dentro destas estruturas. Por outro lado, as regras éticas e culturais normativas são fracas em relação à eficiência da otimização econômica, mas incorporam as considerações éticas, explicitamente, e também se aplicam a uma ampla gama de escalas espaciais.

O uso de estruturas de decisão analítica, antes da implementação do projeto ou da política, pode ajudar a tratar uma série de questões que devem ser parte do desenho do projeto ou da política. Por exemplo, (i) esta é uma estratégia de mitigação custo efetiva (ou seja, custo por tonelada de carbono), ou é uma estratégia de adaptação ou de conservação custo efetiva?; (ii) até que ponto a atividade incrementa ou prejudica a habilidade do ecossistema de produzir bens e serviços no futuro (ou seja, é sustentável)? e; (iii) a atividade beneficia ou afeta adversamente um grupo ou um indivíduo de forma desproporcional, (ou seja, é equitativa)?

Estruturas de decisão analítica podem ser divididas em quatro categorias amplas, ou seja,

- (a) Aquelas que lidam diretamente com a valoração e proporcionalidade – **normativa** (por exemplo, a análise de decisão, que é o produto da teoria de utilidade, proba-

-
- bilidade e otimização matemática; análise de custo-benefício, que envolva a valoração de todos os custos e benefícios de um projeto ou política proposta ao longo do tempo; custo efetividade, que adota um objetivo pré-determinado e busca abordagens para minimizar o custo para alcançar aquele objetivo; a “teoria da carteira” (*portfolio theory*), que está relacionada à criação de uma composição ideal de ativos sob uma restrição orçamentária);
- (b) Aquelas que são **descritivas**, [por exemplo, teoria do jogo (*game theory*), que investiga as interações entre interessados e prevê resultados prestando contas simultaneamente de seus objetivos, utilidades, custos e benefícios; a teoria de decisão comportamental que combina economia e psicologia para descrever a tomada de decisão humana);
 - (c) Aquelas que lidam com a descoberta de informação da população – **deliberativa** (por exemplo, abordagem do exercício da política, que envolve um processo estruturado de forma flexível, desenhado como uma interface entre especialistas/analistas e formadores de políticas); e
 - (d) Aquelas em sociedades tradicionais e em transição caracterizadas como **ética e culturalmente fundamentadas** (por exemplo, a teoria cultural preocupa-se com as formas de organizações sociais, que são amplamente ignoradas por cientistas econômicos e políticos, e enfatiza a importância das organizações sociais para as EDAs, as quais são geralmente excluídas pelas dicotomias da ciência convencional e social).

A diversidade de características das possíveis atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima e atividades de conservação de biodiversidade, implica na necessidade de um conjunto diverso de estruturas de decisão analítica, para que aquelas mais pertinentes às escolhas disponíveis sejam selecionadas e utilizadas. Na prática, há sobreposição de DAFs diferentes, e um método de análise geralmente requer a contribuição de outros métodos. Nenhuma das estruturas pode incorporar totalmente a complexidade da tomada de decisão, portanto, seus resultados incluem apenas parte da informação que forma o resultado, ou seja, cada DAF tem seus próprios méritos e falhas relacionadas à sua habilidade para tratar melhor algumas das questões críticas, enquanto outras são tratadas menos adequadamente. Há certas características (por exemplo, tomadas de decisão e proteção seqüencial), metodologias específicas (por exemplo, análise de critérios múltiplos), aplicações distintas (por exemplo, avaliação de risco) ou componentes básicos (teoria da utilidade multiatributo – multi-attribute utility theory) da análise de decisão, os quais estão enraizados na mesma estrutura teórica. A análise de decisão, que pode demonstrar ser particularmente atrativa para avaliações de adaptações setoriais e regionais, pode ser desempenhada com critérios únicos ou múltiplos, com a teoria da utilidade multiatributo proporcionando a base conceitual para esta última. A análise de decisão, adaptada ao manejo de danos tecnológicos, sociais ou ambientais é parte da avaliação de risco.

A análise de decisão usa técnicas quantitativas para identificar a “melhor” escolha ou combinação de escolhas entre uma gama de alternativas. As ferramentas de

análise de decisão fundamentadas em modelos são usadas frequentemente como parte de técnicas interativas, nas quais os interessados estruturam os problemas e codificam, explicitamente, as preferências subjetivas nos modelos, portanto, tornando explícitas também as principais compensações. A análise de decisão poder gerar um valor explícito como base para a escolha, no entanto, ela fundamenta-se em uma gama de critérios monetários e não monetários pertinentes. São usadas para explorar a decisão e gerar opções melhoradas, que sejam equilibradas nos principais objetivos, e que sejam robustas em relação a futuros diferentes. Uma revisão das limitações de modelos quantitativos de decisão, quando aplicados a problemas reais, e a consistência de seus pressupostos teóricos com a tomada de decisão, enfatizou os seguintes pontos:

- (a) Não há apenas um tomador de decisão nas atividades de mitigação/adaptação à mudança de clima, tão pouco na conservação ou uso sustentável da biodiversidade. Como resultado das diferenças em valores e objetivos entre os diferentes interessados (ou tomadores de decisão), os interessados que participam de um processo coletivo de tomada de decisão não utilizam os mesmos critérios na escolha de alternativas. Conseqüentemente, a análise de decisão não pode produzir uma solução universalmente preferida.
- (b) A análise de decisão requer a valoração consistente da utilidade dos resultados da decisão. Esta valoração é difícil de ser realizada em vários resultados de decisão das atividades de mitigação de mudança de clima, projetos de adaptação e conservação e uso sustentável da biodiversidade.
- (c) A análise de decisão pode ajudar a manter o conteúdo das informações de atividades de mitigação de mudança de clima, de projetos de adaptação, e os problemas de conservação e uso sustentável da biodiversidade, dentro de limites cognitivos dos tomadores de decisão. Sem a estrutura da análise de decisão, a informação sobre mudança de clima e biodiversidade torna-se não administrável cognitivamente, o que limita a habilidade dos tomadores de decisão para analisar racionalmente os resultados das ações alternativas. Comparações quantitativas entre opções de decisão (e seus atributos) estão implícitas nas escolhas entre as opções (o conceito de “preferência revelada” em economia). Decisões melhores são tomadas quando as comparações quantitativas são explícitas e não-implícitas.
- (d) O tratamento da incerteza na análise de decisão é bastante poderoso, mas as probabilidades de resultados incertos de decisão devem ser quantificáveis. Em atividades de mitigação de mudança de clima e projetos de adaptação e na conservação e uso sustentável de biodiversidade, não foram estabelecidas probabilidades objetivas para muitos resultados. Em aplicações no mundo real as probabilidades subjetivas são usadas.

Incertezas, combinadas a preferências de diferentes interessados, podem significar que não há uma estratégia de biodiversidade “globalmente” ideal para a mitigação/adaptação à mudança de clima; no entanto, os fatores que afetam as estratégias ideais de tomadores de decisão individuais, são pertinentes também para os interessados individuais.

5.5 TÉCNICAS DE VALOR E VALORAÇÃO

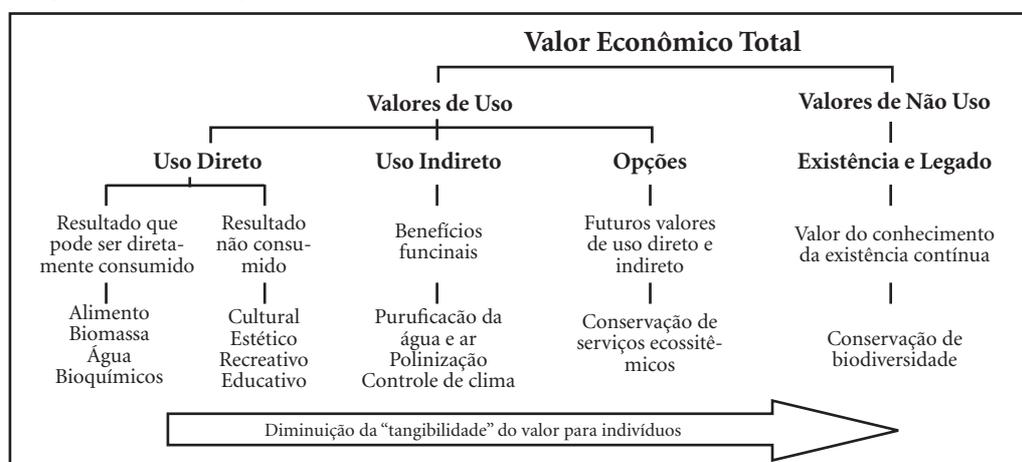
Sistemas ecológicos têm ambos os valores intrínsecos e utilitários³⁰. Os ecossistemas têm valores utilitários porque proporcionam serviços de valor direto à humanidade, por exemplo, a provisão de alimentos, a regulação do clima e manutenção dos solos. Além disso, os ecossistemas têm valores intrínsecos (não utilitários) originados na variedade de perspectivas éticas, culturais, religiosas e filosóficas que não podem ser medidas em termos monetários. A valoração de bens e serviços ecológicos proporciona informação para ajudar a orientar a escolha social e a formulação de políticas para decisões informadas de manejo que levem em conta as considerações econômicas, ambientais e sociais. Muitos estudos avaliaram a contribuição de ecossistemas para o bem-estar social e econômico (Hartwick 1994, Asheim 1997, Costanza et al. 1997, Pimentel e Wilson 1997, Hamilton e Clemens 1998, Banco Mundial 1997). Enquanto a contribuição de bens e serviços ecológicos ao bem-estar humano é bem compreendida, muitos destes serviços não são, geralmente, comercializados no mercado (por exemplo, polinizadores, controle de clima e purificação da água), ou seja, eles são bens públicos. Portanto, seus valores não são adequadamente captados nos preços de mercado nem refletidos na contabilidade nacional. A degradação ou apreciação do capital natural é tipicamente ignorada na avaliação total da riqueza nacional, mesmo que este seja uma porção significativa em muitos países, especialmente em países em desenvolvimento. A formulação de políticas e a escolha de projetos realizada pelas partes à UNFCCC (mitigação e adaptação), CDB e UNCCD serão, provavelmente, menos do que ideais a não ser que os impactos econômicos, ambientais e sociais, atuais e futuros, das mudanças nos serviços ecológicos sejam levados em consideração. A valoração é uma ferramenta que pode ser usada para incrementar a habilidade do tomador de decisão para avaliar compensações entre projetos e políticas alternativas. Quando um tomador de decisão avalia o valor utilitário de tomar uma decisão referente à possível conversão de um ecossistema, é importante que ele reconheça também o valor intrínseco do ecossistema.

O conceito de valor econômico total é uma estrutura útil para avaliar o valor utilitário dos valores de uso e não uso de serviços ecossistêmicos, agora e no futuro. Os valores de uso derivam do uso direto, uso indireto ou valores opcionais, enquanto os valores de não uso incluem valores existentes (Pearce e Warford 1993) – ver Figura 5.2. Valores de uso direto derivam do suprimento de bens produzidos ou proporcionados por ecossistemas e que são consumidos. Por exemplo, alimento, fibra, água doce e recursos genéticos; e de serviços culturais, que são benefícios não materiais obtidos de ecos-

³⁰ Os conceitos de valores utilitários e intrínsecos usados neste estudo são consistentes com aqueles publicados recentemente no estudo Estrutura Conceitual da Avaliação Ecológica do Milênio (MA). Entretanto, alguns experts poderão usar formulações diferentes para valor intrínseco, argumentando que o valor intrínseco é um conceito filosófico embasado no naturalismo e é não antropocêntrico, enquanto as perspectivas ética, cultural e religiosa incorporadas na estrutura de valor intrínseco da MA são parte de uma estrutura antropocêntrica (uso não utilitário), e o valor destas podem ser captadas no senso econômico usando técnicas tais como “disposição para pagar”.

sistemas, tais como recreativo, estético, espiritual e educativo e que são não consumíveis. Valores de uso indireto derivam de serviços de apoio por meio do qual os benefícios são obtidos da regulação de processos ecossistêmicos, tais como purificação da água, assimilação de rejeitos, proteção contra tempestades, controle de clima e polinização. O valor opcional está relacionado ao valor de preservar a opção de usar serviços ecossistêmicos no futuro, por esta geração ou por gerações futuras. Valores de não uso são conhecidos também como valores de existência (ou algumas vezes, valores de conservação). Os seres humanos atribuem valor ao conhecimento da existência de um recurso, mesmo que nunca usem tal recurso diretamente – esta é uma área de sobreposição parcial com as fontes de valor não-utilitário (ou intrínseco).

Figura 5.2: Categorias de valores econômicos atribuídos ao ativo ambiental



Há muitos métodos disponíveis para medir os valores utilitários de serviços de ecossistemas, os quais se fundamentam em axiomas teóricos e princípios econômicos de bem-estar. Muitas tecnologias foram desenvolvidas sob a abordagem utilitária na tentativa de quantificar os benefícios de diferentes serviços ecossistêmicos (Hufschmidt et al. 1983, Braden e Kolstad 1991, Hanemann 1992, Freeman 1993, Dixon et al. 1994). A mudança de bem-estar pode ser refletida na disposição das pessoas para pagar (willingness to pay – WTP) ou na disposição para aceitar a compensação (willingness to accept – WTA) nas mudanças no uso que fazem dos serviços de ecossistemas (Hanemann 1991, Shogren e Hayes 1997). Medidas de valor econômico podem ser fundamentadas tanto no comportamento observado e tomada de decisão de indivíduos, quanto no comportamento hipotético e tomada de decisão de valor econômico. Por exemplo, métodos diretos de comportamento observado fundamentam-se tipicamente nos preços de mercado, por exemplo, de alimentos e fibras, os quais refletem o comportamento observado de produtores e consumidores na tomada de decisão, em mercados operantes. Métodos indiretos de comportamento observado são usados onde não houver mercado para um serviço de ecossistema em particular, mas sim as observações do comportamento real do mercado em um mercado substituto apropriado. Os métodos para obter o valor econômico, os quais são fundamentados no comportamento hipotético, usa respostas para questionários que descrevem mercados ou situações hipotéticas para avaliar a WTP

ou WTA. Tais métodos incluem valoração contingente, classificação contingente ou testes de experimento de escolha, onde o comportamento do consumidor é investigado em contextos controlados de simulação de mercado. É importante ressaltar que somente estes métodos podem captar valores de não uso, como valores de existência ou legado. Outros métodos incluem o Método do Custo Evitado (*Avoidance Cost Method*), onde o valor do ecossistema é calculado como o custo de restauração do meio ambiente a níveis pré-definidos; o Método de Oportunidade de Custo (*Opportunity Cost Method*), onde o valor é simplesmente derivado de benefícios monetários perdidos (por exemplo, valor perdido da madeira como resultado da conservação de floresta).

No contexto de políticas estas técnicas de valoração podem ser úteis para estimar a mudança em alguns dos valores de serviços de ecossistemas, resultantes da mitigação e adaptação de clima, bem como a conservação da biodiversidade, uso sustentável, projetos e políticas. Isto requer a compreensão sobre como os serviços de ecossistemas mudam em resposta a um projeto ou política, e então, é possível estimar a mudança correspondente nos valores de uso e não uso para todos os serviços proporcionados pelo ecossistema. Estas técnicas podem ser usadas também para avaliar questões de distribuição, ou seja, como o valor de ecossistemas muda sob diferentes regimes de manejo, para a sociedade como um todo, ou para subconjuntos da sociedade. Além disso, a análise pode ser usada para estimar o impacto no fluxo de serviços de ecossistema, atuais e futuros; ou seja, para avaliar os aspectos intergerações de uma opção de políticas.

5.6 CRITÉRIOS E INDICADORES PARA O DESENHO DO PROJETO, DESCRIÇÃO DE MARCO ZERO, MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO

No contexto da UNFCCC, seu Protocolo de Kyoto e da CDB, há duas razões principais para o estabelecimento de um processo de monitoramento e avaliação referente à biodiversidade, uso sustentável de recursos naturais e outros aspectos do desenvolvimento sustentável:

- (a) Para quantificar o impacto da mudança de clima sobre, entre outros, a biodiversidade e outros aspectos ambientais e sociais do desenvolvimento sustentável, inclusive emprego, saúde humana, pobreza e equidade; e,
- (b) Para avaliar o impacto de projetos de energia e projetos e políticas LULUCF de mitigação e adaptação, realizados pelas Partes à UNFCCC, sobre as emissões de gases de efeito estufa, de acordo com a Orientação de Boa Prática, revisada, do Painel Intergovernamental sobre Mudança de Clima (1996), e a Orientação de Boa Prática para LULUCF (em elaboração), e outros aspectos do desenvolvimento sustentável.

Se os projetos e políticas de mitigação e adaptação à mudança de clima terão, ou não, conseqüências benéficas ou adversas para a biodiversidade e outros aspectos ambientais e sociais do desenvolvimento sustentável, dependerá de:

- (a) A escolha do projeto ou política;
- (b) As opções de manejo relacionadas ao projeto ou intervenção política;

-
- (c) As condições biológicas ou físicas da área sob influência do projeto ou política;
 - (d) As condições socioeconômicas da região sob influência do projeto ou política.

O Painel Intergovernamental sobre Mudança de Clima identificou seis princípios/critérios para fortalecer a sustentabilidade de projetos de Uso do Solo, Mudança de Uso do Solo e Silvicultura:

- 1) Consistência das atividades do projeto com princípios e critérios internacionais do desenvolvimento sustentável;
- 2) Consistência das atividades do projeto com o desenvolvimento sustentável nacionalmente definido e/ou metas, objetivos e políticas nacionais de desenvolvimento;
- 3) Disponibilidade de capacidade institucional e técnica suficiente para desenvolver e implementar as diretrizes e salvaguardas do projeto;
- 4) Extensão e efetividade da participação da comunidade local no desenvolvimento e implementação do projeto;
- 5) Transferência e adaptação local de tecnologia;
- 6) Utilização de metodologias adequadas de avaliação ambiental e social para avaliar as implicações do desenvolvimento sustentável.

O aspecto mais importante do monitoramento e avaliação é a escolha de critérios e indicadores adequados e significativos. Para os fins deste relatório, um critério é o estado de um ecossistema ou sistema de interação social e deve ser formulado para permitir avaliar até que ponto a intervenção de um projeto ou política alcança seus objetivos. Os indicadores são necessários em cada etapa do processo de tomada de decisão, reconhecendo que escalas espaciais e temporais diferentes podem requerer indicadores diferentes. Dois tipos de indicadores são usados geralmente para monitorar e avaliar: indicadores de desempenho de implementação (contribuições e resultados de projeto) e indicadores de impactos de projeto. Os indicadores de impacto do projeto podem ser variáveis quantitativas ou qualitativas, que podem ser medidas ou descritas, e que quando observadas periodicamente demonstram tendências nas condições ambientais (inclusive diferentes aspectos de biodiversidade) e sociais. Os indicadores conectam os campos da formação de política e de ciência: os formadores de política estabelecem metas ambientais e sociais para um projeto ou intervenção política, enquanto os especialistas determinam as variáveis pertinentes, determinam o marco zero, monitoram a condição atual e desenvolvem modelos para fazer projeções de condições futuras. Alguns dos critérios e indicadores mais úteis no campo da silvicultura foram frequentemente desenvolvidos no nível nacional e regional, porque levaram em consideração as preocupações e circunstâncias locais e nacionais.

Os indicadores devem ser práticos, e sempre que possível, devem ser significativos nos níveis nacionais e locais, e consistentes com os principais objetivos do projeto ou intervenção de política. Para que seja mais útil e efetivo, o conjunto de indicadores deve ser completo e aqueles indicadores mais pertinentes ao contexto específico de um projeto ou política, devem, na medida do possível:

-
- (a) ser custo-efetivo para monitorar (o máximo de informações com o mínimo de tempo de amostragem, esforço e despesas);
 - (b) utilizar métodos bem estabelecidos para revelar as tendências significativas;
 - (c) determinar as emissões de gases de efeito estufa de acordo com a Orientação de Boa Prática, revisada, do Painel Intergovernamental sobre Mudança de Clima (1996) e a orientação de Boa Prática para LULUCF (em elaboração), o estado da biodiversidade e outros aspectos ambientais e sociais do desenvolvimento sustentável, tão diretamente quanto possível;
 - (d) ser precisos e não ambíguos de forma que possam ser definidos e compreendidos claramente da mesma maneira por diferentes interessados;
 - (e) na medida do possível, os indicadores de monitoramento devem ser escolhidos de forma a permitir a identificação e separação entre os efeitos de mudança de clima e a variabilidade climática natural, e as outras pressões;
 - (f) ser acessíveis para amostragem por não especialistas, inclusive usuários e comunidades locais;
 - (g) ser consistentes (comparáveis), ou mesmo iguais, os indicadores de nível nacional, bem como aqueles usados em outras áreas protegidas;
 - (h) requerer o envolvimento do número mínimo possível de indivíduos e agências em sua avaliação.

Critérios e indicadores consistentes com objetivos nacionais de desenvolvimento sustentável são, até certo ponto, disponíveis para avaliar e comparar os impactos de políticas e projetos de mitigação e adaptação à mudança de clima sobre emissões de gases de efeito estufa, biodiversidade e outros aspectos ambientais e sociais do desenvolvimento sustentável. Entretanto, o monitoramento de biodiversidade não é tão simples quanto monitorar outras características ambientais, tais como as emissões de gases de efeito estufa, ou a qualidade do ar e da água, para as quais há padrões relativamente bem estabelecidos, devido à dependência dos aspectos de biodiversidade sobre a escala multidimensional (genético, espécie e ecossistema). Assim como outras variáveis ambientais que têm variabilidade natural, a biodiversidade de uma área é submetida a consideráveis flutuações naturais, e é impactada por uma gama de fatores que precisam ser monitorados e compreendidos para que sejam levados em consideração na avaliação do impacto de mudança de clima, ou projetos e políticas de mitigação de mudança de clima, sobre a biodiversidade. O monitoramento proporciona a base para avaliar se os projetos e políticas estão tendo os efeitos esperados e se há efeitos positivos ou negativos não desejáveis. Ao formular um plano de monitoramento e avaliação, no contexto da UNFCCC e seu Protocolo de Kyoto, e para assegurar sinergias positivas com a CDB, a seleção de indicadores é amplamente determinada por:

- (a) objetivos para o manejo de gases de efeito estufa e para a biodiversidade;
- (b) natureza das intervenções ou atividades propostas;
- (c) viabilidade e custo da coleta de vários tipos de informações e dados;
- (d) capacidade institucional para incorporá-los na análise e tomada de decisão; e

-
- (e) opções de políticas que facilitem o desenho completo do projeto para benefícios de carbono e de não carbono (de biodiversidade, ecológicos e sociais).

Atualmente, muitos processos internacionais estão desenvolvendo critérios e indicadores específicos dentro de diretrizes de manejo para a silvicultura e impactos associados sobre a biodiversidade e aspectos sociais do desenvolvimento sustentável, os quais podem ser úteis para projetos e políticas de florestamento, reflorestamento e conservação (eliminação do desmatamento). Na última década oito processos intergovernamentais desenvolveram conjuntos de critérios e indicadores para o manejo florestal sustentável (Quadro 5.3), os quais, caso as Partes concordem, podem ser prontamente adaptados pela UNFCCC para alcançar seus objetivos para atividades florestais de mudança de clima. Muitas nações estão utilizando conjuntos internacionais de critérios e indicadores para desenvolver um conjunto mais detalhado que seja específico para suas florestas e situações, e que estão sendo incorporadas na legislação. Entretanto, a profusão de conjuntos nacionais e internacionais de critérios e indicadores, sugere a necessidade de padronização. Alguns conjuntos de critérios, por exemplo, aqueles desenvolvidos sob o Processo Tarapoto, foram desenhados para avaliar políticas nos níveis de projeto, nacional e global (Quadro 5.4). Como um exemplo de indicadores, o Quadro 5.5 mostra indicadores quantitativos sob os critérios para a manutenção, conservação e incremento apropriado de diversidade biológica em ecossistemas de florestas, desenvolvidos durante a Conferência Ministerial sobre a Proteção de Florestas na Europa (Viena, Áustria; outubro de 2002). A Agência Suíça para o Meio Ambiente, Florestas e Paisagens desenvolveu um conjunto de critérios e indicadores no nível de ecossistema, para avaliar os impactos de projetos de MDL LULUCF sobre a biodiversidade, fundamentados na área e proporção de cada ecossistema que sofre intervenções, e o tipo e nível da intervenção (Pedroni 2001). A proposta inclui critérios e indicadores de processos internacionais existentes voltados para o manejo florestal sustentável (ou seja, Montreal, Helsink, Tarapoto, Lepaterique, Conselho de Certificação Florestal e Organização Internacional de Madeira Tropical).

Quadro 5.3 Processos de manejo florestal sustentável

Organização Internacional de Madeira Tropical – 27 países tropicais
Processo Helsink – 44 países europeus e a UE mais 13 países não europeus como observadores
Processo Montreal – 12 países não europeus com florestas boreais e temperadas
Processo Tarapoto – 8 países no Tratado de Cooperação da Amazônia
Lepaterique – 7 países da América Central
Zonas Secas do Sub-Sahel da África – 28 países sub-Saharan
Norte da África e Oriente Próximo – 20 países, de Marrocos ao Afeganistão
África Central – 13 países da Organização Africana de Madeira

Quadro 5.4 Exemplos de critérios do processo de Tarapoto para o manejo florestal sustentável

Ambiental

- Biodiversidade (genética, espécie, ecológica e paisagem)
- Produtividade de ecossistema
- Solo (inclusive erosão)
- Conservação da água (quantidade e qualidade)
- Funcionamento e processos de ecossistemas de florestas
- Contribuição para o seqüestro de carbono

Sócio-econômico

- Suprimento de benefícios sociais no longo prazo
- Resultado no longo prazo de benefícios econômicos múltiplos
- Reconhecimento e respeito pelos direitos indígenas

Quadro 5.5 Indicadores quantitativos para a manutenção, conservação e incremento apropriado da diversidade biológica em ecossistemas de florestas, conforme adotado pela Conferência Ministerial sobre a Proteção de Florestas na Europa (MCPFE; Reunião no Nível de Especialistas, 2002).

Composição de espécies de árvores – Áreas de florestas e outras áreas de matas, classificadas pelo número de espécies de árvores e pelo tipo de floresta.

Regeneração – Área de regeneração dentro de parcelas com a mesma idade e com idades diferentes, classificadas pelo tipo de regeneração.

Naturalidade – Área de floresta ou outra área de matas, classificadas como “não perturbadas pelo homem”, como “semi-naturais” e como “plantações”, cada uma pelo tipo de floresta.

Espécies introduzidas de árvores – Áreas de floresta e outras áreas de arborizações dominada por introduzidas espécies de árvores.

Madeira seca – Volume de árvore morta e de troncos/galhos secos sobre o solo da floresta e em outras áreas arborizadas, classificadas pelo tipo de floresta.

Recursos genéticos – Área manejada para conservação e utilização de recursos genéticos de árvores da floresta (conservação *in situ* e *ex situ* de genes) e área manejada para a produção de sementes.

Padrão de paisagem – Padrão espacial no nível de paisagem da cobertura florestal.

Espécies florestais ameaçadas – Número de espécies florestais ameaçadas, classificadas de acordo com as categorias da Lista Vermelha da IUCN, em relação ao número total de espécies de florestas.

Florestas protegidas – Áreas de florestas e outras matas protegidas para conservar a biodiversidade, paisagens, e elementos naturais específicos, de acordo com as diretrizes de avaliação da Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe – MCPFE.

Tabela 5.1: Categorias de indicadores propostos e exemplos para cada categoria

Conjunto	Categoria	Primeiro exemplo	Segundo exemplo
Estado	Quantidade de ecossistema	Área em auto-regeneração e área produzida pelo homem como percentual da área total	Área de auto-regeneração por tipo de habitat como percentual de 1993 e de marco zero pré-industrial postulado
	Qualidade de ecossistema – abundância de espécies relativa ao marco zero postulado	Distribuição ou abundância de poucas espécies selecionadas como percentual de marco zero postulado, por país.	Lista ampliada de espécies selecionadas que proporcionam um quadro mais detalhado e representativo da mudança na biodiversidade, por país.
	Qualidade de ecossistema – estrutura do ecossistema	Área de floresta manejada sustentável (%)	
	Número relativo de espécies ameaçadas e extintas.	Número de espécies ameaçadas e extintas como percentual de grupos particulares considerados, por país	Como o primeiro exemplo, mas com dados ampliados
Pressão	Perda de habitat	Conversão anual de área auto-regeneradora por tipo de habitat, como % da área remanescente	Uma gama de variáveis e regras de decisão específicas a regiões
	Colheita	Colheita total por unidade de esforço .	Colheita total relativa à estimativa nos níveis sustentáveis de retirada
Pressão	Introduções de espécies	Número total de espécies não-nativas como % de um grupo particular, por país	Biomassa/abundância relativa de espécies não-nativas, como % de um grupo particular
	Poluição		Média excedente de padrões de água do solo e ar (quantidades críticas) de particulares poluidores
	Mudança de clima	Mudança na temperatura média em lote médio de 50x50Km, por país, ao longo de 20 anos	Mudança na temperatura máxima e mínima em lote médio de 50x50km, com média calculada por país, ao longo de 20 anos por temperatura e precipitação
Uso	Bens de ecossistema	Total colhido por espécie e total geral ao longo do tempo	Percentual de espécies silvestres com uso medicinal conhecido ou potencial
	Serviços de ecossistema	Carbono armazenado, total e por Km ² , em florestas por país referido no marco zero	Percentual de áreas de bacias transfronteiriças avaliadas como “baixo risco de erosão”

Uma avaliação crítica dos critérios e indicadores atuais desenvolvidos sob a Convenção sobre Diversidade Biológica, a Conferência Ministerial sobre a Proteção de Florestas na Europa, e muitas outras iniciativas nacionais e internacionais, pode ajudar na avaliação de sua utilidade para avaliar qualitativa e quantitativamente os impactos de projetos e políticas realizadas pelas Partes à UNFCCC e Protocolo de Kyoto, sobre a biodiversidade e outros aspectos ambientais e sociais do desen-

volvimento sustentável. Isto permitiria a apresentação de uma gama de padrões e procedimentos elegíveis para a validação e certificação que podem facilitar iniciativas nacionais, regionais e internacionais para selecionar um sistema que sirva melhor suas circunstâncias projetadas.

Uma questão fundamental é a necessidade de desenvolver um sistema internacional de critérios e indicadores sobre o Protocolo de Kyoto para avaliar e comparar os impactos ambientais e sociais através de opções alternativas de mitigação e adaptação. Se um conjunto padrão de critérios e indicadores fosse desenvolvido, talvez necessitasse ser modificado para prestar contas das condições nacionais, regionais e específicas a biomas.

Proponentes de projetos ficariam provavelmente mais à vontade com um sistema sob o qual estivessem livres para selecionar, entre uma gama de padrões e procedimentos elegíveis de validação, certificação, e o esquema que melhor se adapta às necessidades nacionais e de projetos.

A estrutura pressão-estado-resposta foi usada para desenvolver um conjunto de indicadores biológicos que são de utilidade na escala nacional e global para avaliar o impacto de mudança de clima sobre a biodiversidade e o impacto de políticas de mitigação e adaptação à mudança de clima, sobre a biodiversidade. Um grupo de especialistas da CDB desenvolveu recomendações para um conjunto base de indicadores de biodiversidade (UNEP/CDB/SBSTTA/3/9) usando uma abordagem bifurcada (a Tabela 5.1 mostra indicadores para estado e pressão, mas não para resposta). Neste relatório, o método de avaliação para indicadores de biodiversidade usa a estrutura pressão-estado-resposta onde as “pressões” são os fatores socioeconômicos que afetam a diversidade biológica, o “estado” é o estado da diversidade biológica e “respostas” são as medidas adotadas para mudar o estado atual ou projetado. A primeira abordagem, para implementação imediata considera indicadores existentes de estado e pressão testados, relacionados à conservação da diversidade biológica e ao uso sustentável de seus componentes. A segunda abordagem, para implementação no prazo mais longo, deve considerar não somente os indicadores de estado e de pressão, mas também a identificação, desenvolvimento e teste de indicadores de resposta para os três objetivos da CDB: (i) a conservação da diversidade biológica; (ii) o uso sustentável de seus componentes, (iii) a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização de recursos genéticos. A segunda abordagem deve focar também o melhoramento contínuo dos indicadores de estado e pressão para os primeiros dois objetivos da Convenção. Estes indicadores são mais apropriados para a avaliação de tendências nacionais e globais da biodiversidade (Herold et al. 2001), portanto, eles podem ser mais úteis para avaliar como a biodiversidade é afetada pela mudança de clima e como as políticas nacionais de mitigação e adaptação à mudança de clima impactam a biodiversidade. Entretanto, elas são muito genéricas para proporcionar o tipo de informação que seria apropriada para avaliar o impacto de projetos individuais de mudança de clima e adaptação, sobre a biodiversidade. Além disso, Gillison (2001), em uma Revisão do Impacto da Mudança de Clima sobre a Diversidade Biológica de Florestas (UNEP/CDB/AHTEG-BDCC/1/2) questionou o uso da estrutura

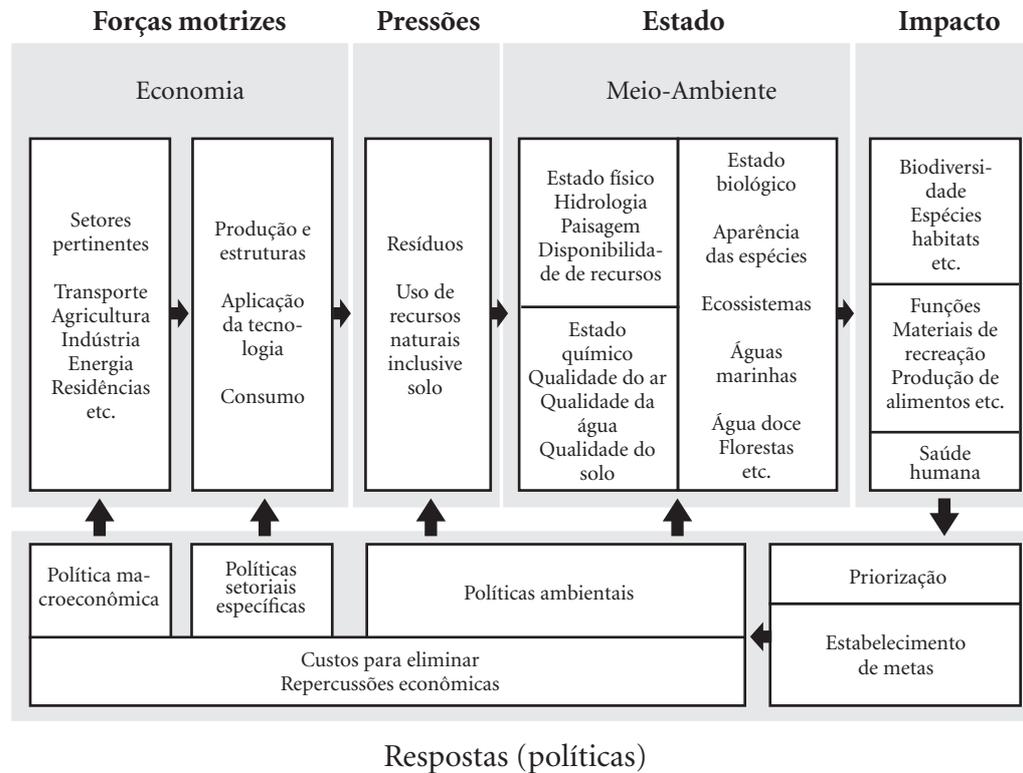
pressão-estado-resposta, observando que os pressupostos sobre o estado do ecossistema são questionáveis devido aos efeitos ambientais de retardo em curso, desconhecidos e não mensuráveis.

A estrutura Vetor, Pressão, Estado, Impacto e Resposta (DPSIR- Driver, Pressure, State, Impact and Response), que evoluiu a partir da estrutura pressão-estado-resposta, deverá ajudar os tomadores de decisão na implementação de ações de políticas ambientais efetivas. A estrutura DPSIR desenvolve a idéia da estrutura PSR (Pressão, Situação, Resposta) por meio da inclusão de um elemento social que descreve as causas sobre a pressão ambiental (chamadas de vetores) e um elemento para os efeitos dos problemas ambientais na sociedade (chamados impactos). A estrutura DPSIR é uma estrutura genérica para organizar as informações sobre o estado do meio ambiente e sua relação com as atividades humanas. Tem sido amplamente aplicada no nível internacional, especialmente para organizar um sistema de indicadores no contexto do meio ambiente e desenvolvimento sustentável adicional. A estrutura supõe a relação causa-efeito entre componentes interagentes de sistemas sociais, econômicos e ambientais, que estão contidos no Quadro 5.6. A estrutura DPSIR pode ser usada para realizar avaliações ambientais integradas (Figura 5.3). A Tabela 5.2 mostra alguns exemplos de como a estrutura DPSIR pode ser usada no caso de políticas de biodiversidade e de clima (EEA 1995).

Quadro 5.6 Componentes da estrutura – Vetor, Pressão, Estado, Impacto e Resposta (DPSIR)

- Forças motrizes da mudança ambiental (por exemplo, crescimento econômico)
- Pressões sobre o meio ambiente (por exemplo, exploração de madeira)
- Estado do meio ambiente (por exemplo, perda de hábitat)
- Impactos sobre a população, economia, ecossistemas (por exemplo, erosão)
- Resposta da sociedade (por exemplo, legislação)

Figura 5.3: Avaliação Ambiental Integrada na Estrutura DPSIR



A estrutura - vetor, pressão, estado, impacto e resposta – encontra muitas limitações, pois o mundo real é muito mais complicado do que pode ser expresso em simples relações causais. Há variabilidade entre o sistema ambiental e o sistema humano e, além disso, muitos dos mecanismos entre o sistema humano e o sistema ambiental não são adequadamente compreendidos ou são difíceis de captar em uma estrutura simples (Smeets & Weterings 1999). A estrutura DPSIR pode exigir estatísticas muito detalhadas e os sistemas de indicadores têm seus problemas: (i) frequentemente pode haver falta de dados; (ii) as fontes de dados não são claras; e (iii) os critérios definidos para os diferentes elementos no nível operacional não são claros. Para que seja uma estrutura eficiente, os dados coletados devem estar prontamente disponíveis e os custos da coleta de dados devem ser baixos. O desafio do modelo DPSIR é traduzir os dados de indicadores para entidades de sistemas naturais, e vice-versa, de forma significativa.

É importante reconhecer as diferentes escalas espaciais e temporais de monitoramento, que serão necessárias para avaliar as implicações da gama de possíveis projetos e políticas de mitigação e adaptação à mudança de clima. Por exemplo, mudanças nas emissões de gases de efeito estufa, resultantes de projetos e políticas de mitigação, podem necessitar de monitoramento freqüente, enquanto as atividades de adaptação à mudança de clima e de conservação de biodiversidade, que impactam os processos ecológicos, podem necessitar de monitoramento menos freqüente porque as mudanças na biodiversidade podem ser lentas (por exemplo, mudanças

nos números de uma população de espécie-chave, ou mudanças na composição de espécie). Isto sugere a necessidade de estabelecer um sistema que irá contribuir simultaneamente para o monitoramento dos efeitos de curto e longo prazo de projetos individuais, bem como mudanças nas políticas nacionais.

Planos de monitoramento e avaliação e identificação de indicadores pertinentes devem, tanto quanto possível, ser significativos e envolver aquelas comunidades e instituições que provavelmente serão afetadas por intervenções do projeto e da política.

Devido à importância de tornar os indicadores significativos para as populações locais, é essencial incluir indicadores socioeconômicos e culturais, além de indicadores biológicos, para quantificar o impacto de projetos e políticas de mitigação e adaptação à mudança de clima, sobre a economia e mercado de trabalho nacional e regional, e como instrumentos para assegurar e manter oportunidades eqüitativas para o público na tomada de decisão. A identificação de indicadores significativos e regimes apropriados de amostragem deve levar em consideração também os programas de monitoramento e conjuntos de dados existentes, no nível local e nacional, a capacidade nestes níveis, e a necessidade de estabelecer protocolos de amostragem e registros acordados no nível nacional. A consistência de abordagens de monitoramento através de áreas locais e sistemas de áreas protegidas deve ter alta prioridade.

Tabela 5.2: Exemplo de indicadores relacionados à biodiversidade e políticas climáticas, organizados na estrutura DPSIR*

Conjunto	Categoria	Exemplo da primeira abordagem	Exemplo da segunda abordagem	
Forças motorizes	Desenvolvimento econômico e crescimento populacional	Valor agregado na agricultura	Valor agregado nas práticas de cultivo	
	Desenvolvimento econômico e crescimento populacional	Valor agregado na silvicultura	Valor agregado na indústria florestal	
	Desenvolvimento econômico e crescimento populacional	Valor agregado na produção de energia	Uso de combustíveis fósseis	
	Desenvolvimento econômico e crescimento populacional	Mudança no uso do solo	Área desmatada	
Pressão	Intensidade agrícola	Área total cultivada	Uso de pesticidas por hectare cultivado	
	Exploração de madeira	Área explorada da área total da floresta	Área explorada relativa à exploração sustentável.	
	Introdução de espécies	Número total de espécies não-nativas como % de um grupo específico por país	Abundância/ biomassa relativa de espécies não-nativas como % de um grupo específico por país	
	Emissões de gases de efeito estufa	Mudanças na quantidade de emissões nacionais e transfronteiriças	Mudanças no depósito de emissões nacionais e transfronteiriças	
	Mudança de clima	Mudanças na temperatura média por lotes de 50x50km por país, durante 20 anos	Mudanças na temperatura e precipitação máxima e mínima, por lote de 50x50km, por 20 anos	
	Aumento de áreas urbanas e estradas	Aumento de áreas construídas como % da área total	Aumento da área construída como % da área total, por grupos de intensidade	
	Estado	Quantidade de ecossistema	Área de auto-regeneração e área manipulada pelo homem como % da área total	Área de auto-regeneração, por tipo de <i>habitat</i> como % de 1993 e de marco zero pré-industrial postulado
		Qualidade de ecossistema – abundância de espécies relativa ao marco zero postulado	Distribuição da abundância de algumas espécies selecionadas como % do marco zero postulado por país	Lista ampliada de espécies selecionadas que proporcionam um quadro representativo mais detalhado da mudança na biodiversidade por país
Qualidade de ecossistema – estrutura de ecossistema		Área de floresta manejada sustentável (%)	Área de floresta manejada sustentável (%) por bio-tipo	

*Driving Forces – Pressures – Impacts – Responses

Tabela 5.2: Exemplo de indicadores relacionados à biodiversidade e políticas climáticas, organizados na estrutura DPSIR* (continuação)

Conjunto	Categoria	Exemplo da primeira abordagem	Exemplo da segunda abordagem
	Número relativo de espécies ameaçadas e extintas	Número de espécies ameaçadas e extintas como % de um grupo específico considerado por país	Como primeira abordagem, mas com dados ampliados
	Perda de <i>habitat</i>	Conversão anual de área de auto-regeneração como % de área remanescente	Conversão anual de área de auto-regeneração por tipo de <i>habitat</i> como % de área remanescente
	Qualidade do ecossistema – quantidade de microorganismos no solo	Quantidade de microorganismos em uma área específica	Como primeira abordagem, mas com dados ampliados
	Qualidade do ar	Níveis de gases SOx e NOx no ar	Acidez da água de chuva em diferentes áreas
Impactos	Bens de ecossistema	Mudança no total explorado por espécie e total final ao longo do tempo	% de espécies silvestres com usos medicinais conhecidos ou potenciais
	Saúde humana	Aumento de doenças tropicais (por exemplo, malária)	
	Elevação do nível do mar	Perda de área agrícola	Perda de área agrícola por tipo de cultivo
	Erosão	Aumento de erosão devido à diminuição de cobertura do solo ou plantações de monoculturas	Aumento de erosão devido à diminuição de cobertura do solo por tipo de espécie
Resposta	Mitigação de gases de efeito estufa	Adoção de estratégias climáticas	Adoção de políticas e medidas
	Política de biodiversidade	Porção de áreas protegidas do total de área terrestre	Porção de áreas protegidas do total de área terrestre por diferentes biotipos
	Educação	Gastos com educação	Gastos com educação sobre proteção da natureza
	Impostos ambientais	Quantidade de impostos ambientais como % de todos os impostos	Impostos que visam o decréscimo de emissões de gases de efeito-estufa
	Legislação	Quantidade de leis ambientais	Quantidade de leis ambientais em áreas específicas relacionadas à biodiversidade e mudança de clima
	Sistemas de manejo e de auditoria ambiental	Número total de sistemas de auditoria ambiental implementados em um país	Número total de sistemas de auditoria ambiental implementados em um setor específico

*Driving Forces – Pressures – Impacts – Responses

Em algumas situações, é provável que determinar o impacto de projetos e políticas de mudança de clima sobre a biodiversidade permaneça como um problema, devido ao longo período de retardo entre a intervenção e a resposta do sistema, por exemplo, populações e composição de espécies. Portanto, o monitoramento no longo prazo será necessário para determinar as mudanças na biodiversidade (ver exemplos destes impactos de possíveis atividades LULUCF na Tabela 5.3).

5.7 NECESSIDADES DE PESQUISA E LACUNAS DE INFORMAÇÃO

Há muitas lacunas de informação. Em muitos casos, a questão é, principalmente, o exercício e a aplicação das ferramentas mencionadas neste capítulo, e não propriamente a necessidade de mais pesquisas fundamentais:

- (a) A aplicação sistemática de EIAs, SEAs, DAFs e técnicas de valoração no contexto de mudança de clima e biodiversidade;
- (b) A aplicação de EIAs modificadas para considerar questões, tais como a não-permanência e o vazamento;
- (c) Compreensão melhorada das relações DPSIR, ou seja, entre:
 - os vetores de mudança (por exemplo, econômicos, demográficos, populacional e sociopolítico) e pressões (por exemplo, demandas por recursos naturais, emissões e introduções)
 - pressões e estado do ecossistema (ou seja, estado físico e biológico)
 - estado (físico e biológico) e impactos (por exemplo, suprimento, regulação, cultura, apoio e bens e serviços de ecossistema)
 - a resposta (políticas) e os vetores de mudança e as pressões
- (d) Mais dados para aplicar as EIAs, SEAs, DAFs e estruturas DPSIR; e
- (e) Melhorar o desenvolvimento de indicadores, especialmente para a biodiversidade.

Tabela 5.3: Lista de possíveis projetos LULUCF, com potenciais efeitos sobre a biodiversidade (de Herold et al. 2001).

Possíveis projetos LULUCF	Características de impactos positivos na biodiversidade	Características para impactos negativos sobre a biodiversidade ou outros aspectos do desenvolvimento sustentável
Conservação de florestas naturais	Características geralmente positivas de um impacto positivo	
Conservação e restauração de áreas alagadas	Características geralmente positivas de um impacto positivo	Pode resultar no aumento de emissões de gases de efeito-estufa
Florestamento e reflorestamento (<i>observação: estas são as únicas atividades LULUCF elegíveis sob ao MDL</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Em áreas degradadas • Caso sejam usadas regeneração natural e espécies nativas, refletindo as propriedades estruturais de florestas do entorno • Caso seja minimizado o desmatamento da vegetação pré-existente • Caso seja minimizado o uso químico (por exemplo, fertilizantes, herbicidas e pesticidas) • Caso sejam consideradas áreas de habitats para diferentes espécies • Caso sejam ampliados os períodos de rotação • Caso a densidade de árvores respeite as necessidades da biodiversidade • Caso sejam usados métodos de exploração de baixo impacto 	<ul style="list-style-type: none"> • Em áreas onde ecossistemas naturais sejam destruídos • Caso monoculturas de espécies exóticas sejam usadas em grandes áreas • Caso outra vegetação seja destruída antes e durante a atividade • Caso produtos químicos (por exemplo, adubos, herbicidas e pesticidas) sejam abundantemente utilizados • Caso nenhum <i>habitat</i> seja criado • Caso sejam usados períodos curtos de rotação • Caso a densidade de árvores seja muito alta • Caso as operações de exploração retirem completamente a vegetação • Caso sítios de importância especial para a conservação <i>in situ</i> da agro-biodiversidade sejam desmatados.
Restauração de áreas e ecossistemas degradados	Características geralmente positivas de um impacto positivo, dependendo da extensão da degradação	<ul style="list-style-type: none"> • habitats de espécies condicionadas a condições extremas podem ser destruídos • Emissões possíveis de óxido nitroso caso fertilizantes sejam usados
Manejo Florestal	Caso ocorra a regeneração natural de florestas e práticas de exploração de “manejo florestal sustentável” sejam aplicadas	Caso monoculturas de espécies exóticas sejam plantadas e a regeneração natural seja suprimida

Tabela 5.3: Lista de projetos LULUCF possíveis de ter efeitos potenciais sobre a biodiversidade (de Herold et al. 2001). (continuação)

Possíveis projetos LULUCF	Características de impactos positivos na biodiversidade	Características para impactos negativos sobre a biodiversidade ou outros aspectos do desenvolvimento sustentável
Agrossilvicultura	Características geralmente positivas de um impacto positivo a não ser que sejam estabelecidas em áreas de ecossistemas naturais	Negativa, caso florestas naturais ou outros ecossistemas sejam substituídos
Manejo de cultivo	Caso o plantio direto seja usado sem aumentar o uso de herbicidas	<ul style="list-style-type: none"> • Caso haja o aumento no uso de herbicidas e pesticidas • Caso seja estabelecido em áreas de ecossistemas naturais
Manejo de savanas e pastagens	<ul style="list-style-type: none"> • Principalmente positivo caso nenhum ecossistema natural seja destruído • Caso nenhuma espécie exótica seja usada • Caso o manejo de queimadas respeite ciclos naturais de regeneração de queimadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Caso seja estabelecido em áreas onde havia ecossistemas naturais • Caso espécies não-nativas sejam introduzidas
Atividades de adaptação	Características geralmente positivas de um impacto caso as atividades conservem ou restaurem ecossistemas naturais	

5.8 REFERÊNCIAS

- Agrawal, A. (2002). Common Resources and Institutional Stability. In: The Drama of the Commons [Ostrom, E. et. Al. (eds)]. National Academy Press, Washington D.C. pp. 41-85.
- Asheim, G., (1997). Adjusting Green NNP to Measure Sustainability. *Scandinavian Journal of Economics* 99, 355-370.
- Beierle, T.C. and J. Cayford (2002). *Democracy in practice: public participation in environmental decisions*. Resources for the Future, Washington D.C., 160pp.
- Braden, J.B. and C.D. Kolstad (eds). (1991). *Measuring the Demand for Environmental Quality*. Contributions to Economic Analysis No.198. North-Holland, Amsterdam.
- Brown, A L and Therivel, R. (2000). Principles to guide the development of strategic environmental assessment methodology, *Impact Assessment and Project Appraisal* 18: 83-189.
- Chess, C. and K. Purcell (1999). Public participation and the environment: do we know what works? *Environmental Science and Technology* 33: 2685-2692
- Chess C., T. Dietz and M. Shannon. (1998). Who should deliberate when? *Human Ecology Review* 5: 45-48
- COP 6, Decision VI/7. 2002. Identification, monitoring, indicators and assessments. Decision VI/7 of the Session 6 of the Conference of Parties to the Convention on Biological Diversity, The Hague, The Netherlands, 7-17 April 2002.

-
- Cosmides, L. and J. Tooby. (1996). Are humans good intuitive statisticians after all? Rethinking some conclusions from the literature on judgement and uncertainty. *Cognition* 58: 1-73
- Costanza, R., R. D'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neil, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton, and M. van den Belt. (1997). The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature* 387: 253-260.
- Dietz, T. (1994). What should we do? Human ecology and collective decision-making. *Human Ecology Review* 1: 3012-309
- Dietz, T. (2003). What is a good decision? *Human Ecology Review* 10: 60-67
- Dixon, J.A., L.F. Scura, R.A. Carpenter, and P.B. Sherman. (1994).
- Economic Analysis of Environmental Impacts. Earthscan, London. Department of Environmental Affairs and Tourism (DEAT) (2000). Strategic Environmental Assessment in South Africa
- EEA. (1995). Europe's Environment –The Dobbris Assessment. Stanners D. and Bourdeau P. (Eds.) Copenhagen.
- Fiorino, D.J., (1990). Citizen participation and environmental risk: a survey of institutional mechanisms. *Science, Technology and Human Values* 15: 226-243
- Freeman, A. Myrick III. (1993). *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*. Washington, D.C.: Resources for the Future.
- Gillison, A.N. (2001). A Review of the Impact of Climate Change on Forest Biological Diversity Review prepared for the Secretariat of the Convention on Biological Diversity, First Meeting of the Ad Hoc Technical Expert Group on Biological Diversity and Climate Change, 21-25 January 2002, Helsinki, Finland. UNEP/CBD/AHTEG-BDCC/1/2. 52 pp.
- Gunderson, L.H., C.S. Holling and S.S. Light (eds). (1995). *Barriers and Bridges to the Renewal of ecosystems and institutions*. Columbia University Press, New York.
- Hamilton, K., and M. Clemens (1998). Genuine Savings Rates in Developing Countries. *World Bank Economic Review* 13: 333-356.
- Hanemann, W.M. (1991). Willingness-to-pay and Willingness-to-accept: How Much Can They Differ? *American Economic Review* 81: 635-47.
- Hanemann, W.M. (1992). Preface. In: *Pricing the European Environment* [Navrud, S. (ed.)], Scandinavian University Press, Oslo.
- Hartwick, J. (1994). National Wealth and Net National Product. *Scandinavian Journal of Economics* 99: 253-256.
- Hemmati, M. (2001). *Multi-Stakeholder Processes: A Methodological Framework: Executive Summary*. UNED Forum, London.
- Herold, A., Eberle, U., Ploetz, C and Schulz, S. (2001). Requirements of climate protection with regard to the quality of ecosystems: Use of synergies between the Framework Convention on Climate Change and the Convention on Biological Diversity. Federal Environmental Agency of Germany, Berlin. (UBA-Report 03/01).
- Hufschmidt, M.M., D.E. James, A.D. Meister, B.T. Bower, and J.A. Dixon (1983). *Environment, Natural Systems, and Development: An Economic Valuation Guide*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Kahneman, D., P. Slovic, and A. Tversky. (1982). *Judgement Under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Cambridge University Press, Cambridge, England Imperial College Consultants Ltd (ICON), Richardson, J, Aschemann, R, Palerm, J, and Steen, U. (2001). *SEA and Integration of the Environment into Strategic Decision-Making*, Vol. 1
- McCay, B.J. (2002). Emergence of Institutions for the Commons: Contexts, Situations and Events. In: *The Drama of the Commons* [Ostrom, E. et. Al. (eds)]. National Academy Press, Washington DC pp. 361-402.
- Mercier, J.R, and M.A. Bekhechi. (2002). *The Legal and Regulatory Framework for Environmental Impact Assessments: A Study of Selected Countries in Sub-Saharan Africa*, World Bank, May 2002.

-
- Millennium Ecosystem Assessment (2003). A Conceptual Framework. Partidario, M. R. (1996). Strategic Environmental Assessment: Key Issues Emerging from Recent Practice. *Environmental Impact Assessment Review* 16: 31-55.
- Partidario, M. R. (1999). Strategic Environmental Assessment – Principles and Potential, in Petts, J. (ed.). *Handbook of Environmental Impact Assessment* (Vol.1). Pp 60-73. Blackwell Science.
- Pearce, D.W., and J.W. Warford. (1993). *World Without End: Economics, Environment, and Sustainable Development*. Oxford University Press, Oxford.
- Pedroni, L. (2001). Forest Activities under the CDM: Opportunity or Threat to Biological Diversity Conservation? Final Draft submitted to the Swiss Agency for Environment, Forest and Landscape (SAEFL), Bern, Switzerland. 59 pp.
- Perrow, C. (1984). *Normal Accidents: Living With High Risk Technologies*. Basic Books, New York, 386pp
- Petkova, E., C. Maurer, N. Henninger, F. Irwin, J. Coyle, and G. Hoff. (2002). *Closing the Gap: Information, Participation, and Justice in Decision-Making for the Environment*. World Resources Institute, Washington D.C., 12pp
- Pimentel, D., and C. Wilson. (1997). Economic and Environmental Benefits of Biodiversity. *Bioscience* 47: 747-758.
- Proforest (2002). *Environmental and Social Impact Assessment*, in draft, Oxford, UK
- Renn, O., T. Webler, and P. Wiedmann (eds). (1995). *Fairness and Competence in Citizen Participation: Evaluating Models for Environmental Discourse*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht
- Sadler, B. (1995). Strategic Environmental Assessment: Paper presented at the 15th Annual Meeting of the International Associations of Impact Assessment (IAIA); Durban Sadler, B. and Verheem, R. (1996). *Strategic Environmental Assessment: Status, Challenges and Future Directions*. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment of the Netherlands.
- Shogren, J., and J. Hayes. (1997). Resolving Differences in Willingness To Pay and Willingness To Accept: A Reply. *American Economic Review* 87: 241-44.
- Slocum, R., L. Wichhart, D. Rocheleau, and B. Thomas-Slayter. (1995). *Power, Process and Participation: Tool for Change*. Intermediate Technologies Press, London Smeets, E. and Weterings, R. (1999). *Environmental indicators: Typology and overview*. TNO Centre for Strategy, Technology and Policy, EEA, Copenhagen.
- Stern, P.C., T. Dietz, N. Dolsak, E. Ostrom, and S. Stonich. (2001). *Informing Decisions in a Democratic Society*. National Academy Press, Washington DC
- Toth, F.L. (2000). Decision Analysis Frameworks in TAR. In: *Cross Cutting Issues Guidance Papers* [Pachauri, R., T. Taniguchi, and K. Tanaka (eds)]. Intergovernmental panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, pp 53-68
- UNEP/CBD/SBSTTA/3/9. 1997. Recommendations for a core set of indicators of biological diversity. Report submitted to the Third Meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice to the CBD.
- U.S. Environmental Protection Agency Science Advisory Board. (2000). *Toward Integrated Environmental Decision-Making*, Washington, D.C.
- U.S. National Research Council (1999). *Perspectives on Biodiversity: Valuing its Role in an Everchanging World*. National Academy Press. Washington, D.C.
- Webler, T. (1999). The Craft and Theory of Public Participation: A Dialectical Process. *Journal of Risk Research* 2: 55-71
- Wilson, J. (2002). Scientific Uncertainty, Complex Systems and the Design of Common Pool Institutions. In: *The Drama of the Commons* [Ostrom, E. et. Al. (eds)]. National Academy Press, Washington D.C., pp. 327-359.
- World Bank (1997). *Expanding the Measure of Wealth: Indicators of Environmentally Sustainable Development*. Environmentally Sustainable. Development Studies and Monographs No.17. Washington: World Bank.

Yohe, G., and F.L. Toth. (2000). Adaptation and the Guardrail Approach to tolerable Climate Change. *Climatic Change* 45: 103-128

Young, O. R. (2002). *The Institutional Dimensions of Environmental Change. Fit, Interplay and Scale*. Cambridge, MIT Press.

6. ESTUDOS DE CASO SELECIONADOS: PADRONIZAÇÃO DE ATIVIDADES DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DE CLIMA, E CONSIDERAÇÕES SOBRE BIODIVERSIDADE

Autores principais: *Kanta Kumari, Robert Watson, Habiba Gitay*

Colaboradores: *Benoit Bosquet, Mike Harley, Mikael Hilden, Fabrice Lantheaume.*

INTRODUÇÃO

Este capítulo utiliza os fundamentos conceituais e empíricos para padronizar e otimizar benefícios resultantes de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima e a conservação da diversidade biológica, conforme apresentada nos Capítulos 4 e 5. Fundamentado em uma revisão de dez estudos de caso, este capítulo proporciona *insights* sobre desafios e oportunidades práticas essenciais quando da implementação de projetos com objetivos múltiplos, inclusive considerações de clima e biodiversidade. A experiência individual e coletiva destes estudos de caso proporciona também algumas lições sucintas para aprimorar o desenho de futuros projetos.

A seção 6.1 contém um resumo de questões fundamentais e lições globais das análises dos estudos de caso. As lacunas de informação e necessidades de pesquisa são identificadas na seção 6.2. A seção 6.3 contém uma descrição completa de cada estudo de caso.

6.1 RESUMO DE QUESTÕES FUNDAMENTAIS E LIÇÕES APRENDIDAS COM OS ESTUDOS DE CASO

Os estudos de caso apresentados aqui estão sendo implementados em várias escalas espaciais (local, nacional e regional). Dois destes estudos de caso focalizam países desenvolvidos (Anexo 1) (ver a seção 4.2 para definições), por meio da utilização de ferramentas e metodologias para desenvolver a integração de questões de clima em processos de política e planejamento. Outros quatro estudos de caso focalizam países em desenvolvimento e demonstram os desafios ao lidar com interessados múltiplos e objetivos múltiplos (inclusive considerações de clima e biodiversidade), no desenho e/ou implementação de projeto. Outros quatro estudos de casos demonstram parcerias entre países desenvolvidos e países e/ou investidores privados do Anexo 1 e mostram a utilização de diferentes mecanismos de flexibilidade previstos sob o Protocolo de Kyoto.

Alguns dos estudos de caso revisados são projetos-piloto lançados em antecipação ao Protocolo de Kyoto; outros precederam as discussões em Kyoto. Por exemplo, o desenho do projeto para o Corredor Biológico Mesoamericano [8]³¹ não foi concebido com considerações de clima, porém mostra o potencial de exploração de sinergias. Outros (por exemplo, Uganda-Países Baixos/Investidor privado [1], Costa Rica [2], Finlândia [3], Belize [5], Uganda-Noruega/Investidor privado [9]) são esforços pioneiros realizados pelos governos, investidores privados e consórcios, visando seu aprendizado e melhor preparação para oportunidades futuras. No que diz respeito aos estudos de caso que tratam o florestamento e a eliminação do desmatamento, é preciso estar atento pois não há definição quanto à validação de qualquer um destes projetos como projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM) sob o Protocolo de Kyoto, já que as modalidades ainda estão sendo desenvolvidas. Além disso, reconhece-se que a eliminação do desmatamento, por meio da conservação florestal, ainda não é elegível sob o CDM, mas algumas das experiências-piloto relatadas neste capítulo incluíram este aspecto no desenho de seus projetos.

Quadro 6.1 Lista dos Estudos de Caso

1. **Uganda e Países Baixos/Investidor privado:** Parque Nacional Mount Elgon
2. **Costa Rica:** Ecomercados
3. **Finlândia:** Avaliação Ambiental da Estratégia Nacional de Clima
4. **Madagascar:** Programa Integrado de Conservação e Desenvolvimento do Parque Nacional Masaola
5. **Belize e Estados Unidos:** Projeto de Ação Climática Rio Bravo
6. **Sudão:** Reabilitação Comunitária de Áreas de Pastagens para o Seqüestro de Carbono
7. **Inglaterra e Irlanda:** Mudança de Clima e Conservação da Natureza
8. **América Central e México:** Corredor Biológico Mesoamericano
9. **Uganda e Noruega/Investidor privado:** Plantações de Árvores para Créditos de Carbono
10. **Romênia e Fundo Protótipo de Carbono (PCF):** Projeto de Florestamento de Áreas Agrícolas Degradadas.

6.1.1 Benefícios potenciais para a conservação de biodiversidade por meio da utilização de diferentes mecanismos de flexibilidade previstos sob o Protocolo de Kyoto

Vários mecanismos de flexibilidade previstos sob o Protocolo de Kyoto são descritos nos estudos de caso, especialmente a implementação conjunta (JI; ver seção 4.2 para definições), e a utilização potencial de florestamento, reflorestamento e eliminação do desmatamento, por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM; ver seção 4.4). O estudo de caso da Romênia [10] mostra a implementação conjunta entre um país do Anexo 1 e um consórcio de doadores sob os auspícios de um gestor guarda-chuva (Fundo Protótipo de Carbono do Banco Mundial - *World Bank Prototype Carbon*

³¹ Os números se referem ao estudo de caso listado no Quadro 6.1.

Fund). Os dois casos de Uganda [1,9] são exemplos de projetos CDM potenciais, realizados em parceria com investidores privados de países desenvolvidos, enquanto o caso da Costa Rica [2] demonstra um CDM unilateral. O caso de Belize [5] é desenhado como uma “Atividade Implementada Conjuntamente” segundo a terminologia anterior (na terminologia atual do Protocolo de Kyoto seria um exemplo de CDM). As intervenções incluem florestamento (por exemplo, Sudão [6], Uganda-Noruega/Investidor privado [9] e Romênia [10]), reflorestamento (por exemplo, Uganda-Países Baixos/Investidor privado [1], Costa Rica [2], Belize [5], Romênia [10]) e eliminação do desmatamento (por exemplo, Costa Rica [2], Belize [5], Romênia [10]).

Os estudos de caso analisados revelam que há escopo para a padronização de opções de florestamento e reflorestamento e conservação de biodiversidade. Vários casos melhoraram a conservação de áreas protegidas, inclusive o projeto da Romênia onde partes degradadas de um sítio Ramsar serão reflorestadas [10]; Uganda, onde o Parque Nacional Mount Elgon será reflorestado [1]; e a extensão da Área de Conservação do Rio Bravo, em Belize [5]. Estes e outros projetos incluíram também características específicas de desenho para otimizar os benefícios de conservação, por meio do uso de espécies nativas para o plantio, exploração de madeira de impacto reduzido, visando garantir a perturbação mínima do ecossistema e o estabelecimento de corredores biológicos. Além disso, fortaleceu-se também o uso sustentável de florestas por meio de várias medidas de incentivo, especialmente nos casos do Sudão [6], Costa Rica [2] e Uganda-Países Baixos/Investidor privado [1]. No entanto, há escopo para o aprimoramento em projetos existentes para exploração adicional de sinergias entre atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima e conservação de biodiversidade. Por exemplo, o Projeto do Corredor Biológico Mesoamericano [8], concebido originalmente como uma estratégia regional para a conservação de biodiversidade, e não para tratar a mudança de clima, tem, claramente, potencial e escopo significativos para que opções de mitigação e adaptação sejam desenhadas na implementação de projetos no nível nacional.

Lição 1: Há escopo para a padronização de atividades de florestamento, reflorestamento, manejo florestal melhorado e eliminação do desmatamento, como opções de mitigação e adaptação, e benefícios de conservação de biodiversidade.

6.1.2 Uso do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM) como uma ferramenta para avançar o desenvolvimento sustentável e conservação de biodiversidade em países em desenvolvimento.

O desenvolvimento sustentável, que é o fundamento do CDM, no contexto de países em desenvolvimento, poderá ser alcançado caso os projetos sejam desenhados para prestar a devida atenção às dimensões ambientais, sociais e econômicas. Os projetos sob o CDM, de acordo com o Protocolo de Kyoto, devem ser consistentes com as prioridades de desenvolvimento sustentável do país anfitrião, e conforme a determinação deste. Isto proporciona um mecanismo para que países em desenvolvimento selecionem projetos de acordo com as considerações sociais, econômicas e ambientais, que apoiem o desenvol-

vimento sustentável, para maximizar os benefícios de projetos CDM. As considerações de biodiversidade devem ser essenciais neste conjunto de questões.

Freqüentemente, a conservação de biodiversidade e o uso sustentável de seus componentes estão estreitamente alinhados à subsistência de comunidades e seu desenvolvimento sustentável. Por exemplo, o “sucesso” do projeto do Sudão [6] resulta da combinação de questões chave de desenvolvimento local e subsistência e aquelas relacionadas ao seqüestro de carbono e conservação de biodiversidade. A replicação espontânea, em vilas vizinhas, das atividades e técnicas deste projeto é uma prova deste sucesso. De forma semelhante, no caso da Costa Rica [2], pequenos fazendeiros receberam recursos financeiros para realizar atividades de reflorestamento e conservação florestal que gerariam créditos de carbono, os quais seriam, subseqüentemente, vendidos em mercados internacionais. Ao contrário, as restrições impostas sobre a subsistência de comunidades locais, no caso Uganda-Países Baixos/Investidor privado [1], quase resultou na falha do projeto.

Lição 2: As ligações entre conservação e uso sustentável de biodiversidade e opções de subsistência da comunidade proporcionam uma base sólida para que projetos apoiados sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo avancem o desenvolvimento sustentável.

6.1.3 Atenção adequada aos aspectos sociais, ambientais e econômicos para os benefícios efetivos e sustentáveis para a mudança de clima e conservação de biodiversidade

As considerações sociais, ambientais e econômicas são elementos críticos para os benefícios efetivos e sustentáveis para a mudança de clima e conservação de biodiversidade. Por exemplo, a omissão de questões sociais e ambientais no projeto Uganda-Noruega/Investidor privado [9], durante o planejamento e negociação de acordos, resultou em perdas de interessados-chave: conflitos agrários que enfraqueceram a segurança dos créditos de carbono para o investidor, perda de subsistência para as comunidades locais e manejo florestal insustentável para as autoridades florestais de Uganda. A falta de um processo para tratar as questões locais, agrárias e de assentamento, continua enfraquecendo o sucesso do seqüestro de carbono e benefícios biológicos de conservação, originalmente previstos. Inicialmente, aconteceu o mesmo no caso do projeto Uganda-Países Baixos/Investidor privado [1], no entanto, posteriormente o projeto adotou uma abordagem pró-ativa para tratar estas questões.

Na Costa Rica [2], a atenção contínua às considerações econômicas e ambientais provou ser útil para equilibrar os objetivos de carbono e biodiversidade; após um período inicial, os contratos de reflorestamento foram excluídos porque as altas compensações financeiras para estes contratos comparadas àquelas para a conservação florestal estavam servindo de desmotivação para a conservação.

Lição 3: A negligência e/ou omissão de considerações sociais, ambientais e econômicas pode resultar em conflitos que podem enfraquecer o sucesso global de projetos de mitigação de carbono e a conservação de biodiversidade no longo prazo.

6.1.4 Parcerias equilibradas por meio de capacitação e transparência

O Protocolo de Kyoto é relativamente novo e, portanto, o “campo de jogo” ainda não está nivelado. Parece que é preciso proporcionar aos países e interessados-chave as informações, ferramentas e capacidade necessárias para compreender, negociar e alcançar acordos sob projetos CDM. Este empoderamento poderá assegurar o equilíbrio aos projetos CDM no que diz respeito às necessidades e prioridades nacionais, bem como quanto às metas de conservação e seqüestro de carbono. O projeto Uganda-Noruega/Investidor privado [9], realça os desafios na implementação de acordos da perspectiva do país anfitrião, de investidores em projetos e comunidades locais: as tensões entre interessados-chave e o compromisso indeciso quanto ao acordo podem ser parcialmente atribuídos à assimetria de informações e compreensão de seus papéis e responsabilidades na hora de finalizar o acordo. É essencial que todos os interessados compreendam os benefícios e os custos de intervenções propostas a cada parceiro, inclusive as oportunidades e sinergias a serem alcançadas com a conservação. A este respeito, a experiência da Costa Rica [2] foi mais positiva, em parte devido ao ambiente institucional e político do país, e sua capacidade para lidar com questões-chave do projeto e com os interessados-chave como parceiros iguais.

Assim como o país anfitrião de um projeto CDM buscaria assegurar que o projeto seja consistente com suas prioridades de desenvolvimento sustentável, pode ser útil considerar um processo no qual o país de origem das entidades de investidores privados estabeleça algumas normas mínimas (ou estrutura de orientação) para tais entidades, especialmente porque os créditos de carbono adquiridos seriam usados subseqüentemente para contrabalançar as emissões no país de origem. Sem tais normas mínimas, por exemplo, entre “investidores privados/países de origem”, os projetos ainda poderiam ser capazes de reivindicar créditos de carbono, mesmo quando estes têm impactos ambientais e/ou sociais negativos, como indicado pelo projeto Uganda-Noruega/Investidor privado [9].

Lição 4: Países e interessados-chave precisam ter as informações, ferramentas e capacidades necessárias para compreender, negociar e alcançar acordos sob o Protocolo de Kyoto para assegurar que os projetos resultantes sejam equilibrados, no que diz respeito às metas ambientais, sociais e de desenvolvimento.

Lição 5: Algumas normas (ou estruturas orientadoras) ambientais e sociais mínimas quando da aquisição de créditos de carbono, por meio de projetos de CDM, podem evitar resultados perversos.

6.1.5 Utilização de ferramentas e instrumentos para a tomada de decisão informada e manejo adaptável

Na maioria dos casos, apenas um subconjunto das ferramentas disponíveis, discutidas no capítulo cinco, foi usado no desenho de projetos. Entretanto, muitos dos estudos de caso mostram o uso de pelo menos uma das ferramentas e instrumentos analíticos, os quais, por sua vez, influenciaram fases-chave do projeto ou programa. O uso da análise de custo-benefício, em um sítio específico em Madagascar [4], proporcionou a justificativa para a retenção da floresta Masaola como um parque nacional, ao invés de convertê-la em uma concessão madeireira, mas concluiu que a conservação somente seria bem sucedida no longo prazo se os benefícios ultrapassassem os custos – uma condição que o estudo observou ser potencialmente alcançável, por exemplo, se a eliminação do desmatamento se tornasse uma atividade elegível sob o Protocolo de Kyoto. A abordagem completa adotada pela Costa Rica [2] também é um exemplo na medida em que combina várias ferramentas (avaliação, análise setorial estratégica, e estruturas de decisão analítica) para alcançar os objetivos múltiplos.

No nível de política, o uso da avaliação ambiental estratégica no nível nacional na Finlândia [3] revelou que os cenários inicialmente escolhidos para a estratégia de mudança de clima haviam sido definidos de forma demasiadamente estreita, e, desde então, o Parlamento solicitou a ampliação do escopo da análise. Realizou-se na Inglaterra e Irlanda [7], uma abordagem estratégica de modelagem, para informar a adaptação de políticas de conservação da natureza e práticas de manejo aos impactos de mudança de clima.

Lição 6: O uso de ferramentas e instrumentos analíticos apropriados pode proporcionar estruturas construtivas para que a tomada de decisão seja orientada por uma análise *ex-ante*; proporcionar opções de manejo adaptável durante a implementação; e proporcionar os fundamentos para a aprendizagem e replicação por meio de avaliações *ex post*.

6.1.6 Processos de monitoramento e verificação para o manejo relacionado ao carbono e à biodiversidade

Os estudos de caso analisados mostram um registro misto sobre processos de monitoramento e verificação. O projeto do Sudão [6] realizou processos de monitoramento para medir o seqüestro de carbono (apesar da falta de um programa rigoroso de verificação de campo), porém o inventário de biodiversidade e o componente de monitoramento foram retirados devido a restrições de recursos. Os projetos de Belize e Costa Rica [2,5] estão, simultaneamente, monitorando e medindo carbono e certos aspectos de biodiversidade, no entanto, levantou-se necessidade de verificação do sistema de monitoramento da Costa Rica. Não obstante, a Costa Rica conseguiu, até certo ponto, usar seu processo de monitoramento para melhorar o manejo (por exemplo, retirando contratos de reflorestamento).

Para o Protocolo de Kyoto, a quantidade de carbono reduzida ou seqüestrada é de extrema importância, enquanto não houver exigências obrigatórias para metas de

conservação sob a CDB. Pode ser importante realizar estudos de marco zero, inventários e monitoramento de biodiversidade, além da contabilidade de carbono, para prever o manejo de biodiversidade no longo prazo.

Lição 7: Medir o impacto de projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e Implementação Conjunta sobre a biodiversidade requer sistemas de dados de marco zero, inventários e monitoramento.

6.1.7 A Abordagem Ecosistêmica da CDB como estratégia holística de manejo

A análise global dos estudos de caso sugere que vários projetos foram beneficiados tanto pela consideração dos Princípios da Abordagem Ecosistêmica (ver seção 4.3 e Quadro 4.1) quanto por meio de sua utilização explícita. Por exemplo, o projeto da Costa Rica [2] utilizou adequadamente os Princípios 2 e 9 da Abordagem Ecosistêmica, pois agiu rapidamente ao retirar incentivos financeiros que enfraqueciam alguns objetivos-chave do projeto. Parte do sucesso do estudo de caso da Inglaterra e Irlanda [7] pode ser atribuída à utilização do Princípio 12 da Abordagem Ecosistêmica, quando um consórcio de agências governamentais, ONGs e institutos de pesquisa trabalharam para realizar pesquisa científica para informar a adaptação da política de conservação da natureza e prática de manejo aos impactos de mudança de clima. Alguns projetos que utilizaram o Princípio 4 apropriadamente (Sudão [6]; e Costa Rica [2]) preveniram conflitos locais, enquanto outros projetos que não a fizeram, enfrentaram desafios subsequentemente (Uganda [1,9]).

Lição 8: A Abordagem Ecosistêmica proporciona uma base sólida para orientar a formulação de políticas/projetos de mitigação de mudança de clima e conservação de biodiversidade.

6.2 NECESSIDADES DE PESQUISA E LACUNAS DE INFORMAÇÃO

Algumas lacunas de informação e necessidades de pesquisa surgiram das lições aprendidas de estudos de caso e devem ser tratadas em um esforço para otimizar e sustentar os benefícios da conservação de biodiversidade e opções de adaptação e mitigação de mudanças de clima no longo prazo. Estas incluem:

- (a) A necessidade de modos e meios para proporcionar aos países e interessados-chave as informações, ferramentas e capacidades necessárias para compreender, negociar e alcançar acordos sob o Protocolo de Kyoto, para assegurar que os projetos resultantes sejam equilibrados no que diz respeito às considerações de mudança de clima e biodiversidade e consistentes com as prioridades nacionais.
- (b) Um processo para que os países do Anexo 1 estabeleçam algumas normas mínimas (ou estruturas orientadoras) para entidades privadas investidoras participantes em projetos CDM.

-
- (c) A condução sistemática de projetos que utilizem várias ferramentas e instrumentos analíticos (EIAs, DAFs, valoração; ver capítulo 5) e uma estratégia para estimular sua replicação.
 - (d) Projetos-piloto que explorem as sinergias no processo de monitoramento para projetos CDM e JI (para conformidade com o Protocolo de Kyoto) e conservação sustentável de biodiversidade.

Tabela 6.1: Resumo dos estudos de caso selecionados: padronização de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima e considerações sobre a biodiversidade

Título do Caso	Características-chave	Principais Lições Aprendidas	Ferramentas e Processos de Monitoramento	Pertinência à UNFCCC e CBD
<p>1. Uganda e Países Baixos/Investidor Privado: Parque Nacional Mount Elgon</p>	<ul style="list-style-type: none"> Parceria entre investidor privado em país desenvolvido (Anexo 1) e país e departamento de conservação em país em desenvolvimento (não Anexo 1). Potencial para o uso de créditos de carbono para alcançar as metas de redução de emissões em país do Anexo 1. Ilustra a necessidade crítica de considerar as dimensões comunitárias e sociais no desenho do projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> A omissão de questões sociais no desenho original pode resultar em conflitos que tenham impactos adversos sobre subsistências locais, o que poderia, por sua vez, enfraquecer o sucesso do projeto. O manejo adaptável pode ajudar a mitigar conflitos na medida em que surgem, e assegurar que os objetivos sejam alcançados com sucesso. 	<ul style="list-style-type: none"> Manejo adaptável Impacto ambiental e social considerado –postuladamente. Certificação e verificação por entidade independente 	<ul style="list-style-type: none"> Um exemplo de um projeto de reflorestamento potencial sob CDM (Artigo 12 do Protocolo de Kyoto). Elemento de Programa 1 do Programa de Trabalho Expandido da CDB sobre diversidade biológica de florestas (Anexo à decisão VI/22 da COP) Medidas de incentivo (decisão VI/15 da COP).
<p>2. Costa Rica: Ecomercados</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ilustra uma abordagem estratégica no nível setorial para otimizar benefícios de conservação e mitigação de mudança de clima no contexto do desenvolvimento nacional sustentável. Taxas de Serviços Ambientais (ESPs) usados para mitigar a emissão de gases de efeito-estufa e para a conservação de biodiversidade. Venda de compensações certificadas comerciáveis ou créditos de carbono de ecossistemas florestais. Pré-requisito de um banco de dados sólido sobre uso do solo, propriedade e direito da terra combinado a processos eficientes de monitoramento e indicadores 	<ul style="list-style-type: none"> Uma abordagem holística e ampla para questões ambientais permitiu ao país mobilizar mercados de serviços ambientais no nível nacional e global. Acordos institucionais sólidos e bancos de dados confiáveis e processos de monitoramento possibilitam que o país capitalize sobre inovações e oportunidades novas (por exemplo, Protocolo de Kyoto, serviços ambientais, certificação). 	<ul style="list-style-type: none"> Não foi explicitamente declarado, mas potencialmente poderia ter usado Avaliações Ambientais Estratégicas. Valoração como base para designação de ESPs Indicador eficiente de monitoramento e rastreamento Monitoramento de campo sobre contratos, apesar de haver necessidade de validação por meio de verificações. 	<ul style="list-style-type: none"> Como exemplo de um projeto unilateral potencial sob MDL (Artigo 12 do Protocolo de Kyoto) da UNFCCC. Elemento do Programa 1 do Programa de Trabalho Expandido da CDB sobre diversidade biológica de florestas (Anexo à decisão VI/22 da COP) Medidas de incentivo (decisão VI/15 da COP à CBD).

Tabela 6.1: Resumo dos estudos de caso selecionados: padronização de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima e considerações sobre a biodiversidade (continuação)

Título do Caso	Características-chave	Principais Lições Aprendidas	Ferramentas e Processos de Monitoramento	Pertinência à UNFCCC e CBD
<p>3. Finlândia: Avaliação Ambiental da Estratégia Nacional de Clima</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ilustra a utilização da abordagem da Avaliação Ambiental Estratégica no desenvolvimento de uma estratégia nacional de clima • Resultados revelaram que os cenários para a estratégia de clima eram limitados em escopo, limitando uma avaliação completa de todas as preocupações sobre possíveis futuros para a energia. • O Parlamento solicitou que mais cenários e análises de longo prazo fossem realizados. O processo agora faz parte do programa de governo. 	<ul style="list-style-type: none"> • O desenho de uma estrutura analítica para a avaliação (ou avaliação <i>ex-ante</i>) foi importante para a avaliação como um todo. A revisão do grupo gestor por seus pares e por experts foi importante para focalizar as questões-chave. • A estrutura analítica multidimensional para a avaliação, a qual incluiu ligações explícitas aos aspectos ambientais, econômicos, técnicos e sociais da estratégia e cenários, proporcionou a base para lidar com problemas e soluções de maneira adequada, e demonstrou características essenciais da estratégia e dos cenários escolhidos. • A apresentação pública e transparente dos resultados da avaliação apoiou o processo de revisão, por meio de discussões públicas. Este tipo de processo de revisão é importante para uma discussão pública sobre estratégias de clima. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo adaptável • Impacto ambiental e social considerado - postumamente. • Certificação e verificação por entidade independente 	<ul style="list-style-type: none"> • Um exemplo de projeto potencial de reflorestamento sob CDM (Artigo 12 do Protocolo de Kyoto). • Elemento de Programa 1 do Programa de Trabalho Expandido da CDB sobre diversidade biológica de florestas (Anexo à decisão VI/22 da COP) • Medidas de incentivo (decisão VI/15 da COP).

Tabela 6.1: Resumo dos estudos de caso selecionados: padronização de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima e considerações sobre a biodiversidade (continuação)

Título do Caso	Características-chave	Principais Lições Aprendidas	Ferramentas e Processos de Monitoramento	Pertinência à UNFCCC e CBD
<p>4. Madagascar: Programa Integrado de Conservação e Desenvolvimento do Parque Nacional de Masaoala</p>	<ul style="list-style-type: none"> Utiliza a valoração e análise de custo-benefício para analisar os benefícios da mitigação de gases de efeito-estufa por meio da eliminação do desmatamento. Compensações calculadas no nível local, nacional e global de diferentes opções de manejo para o Parque Nacional de Masaoala. 	<ul style="list-style-type: none"> Uma valoração <i>ex-ante</i> previu a adoção de escolhas mais bem informadas sobre o uso do solo. A valoração em si mesma não gera uma fonte de renda; há necessidade de estabelecer mecanismos apropriados de mercado. A recomendação para utilização da repartição de custos de incentivos para assegurar a mitigação de gases de efeito-estufa e a conservação, concomitantemente. 	<ul style="list-style-type: none"> Análise de custo-benefício Valoração econômica: estrutura total do valor econômico (valores de uso, não-uso e bens e serviços) 	<ul style="list-style-type: none"> Escopo potencial para a conservação de florestas por meio da eliminação do desmatamento como uma opção de mitigação Responsivo ao Programa Expandido de Trabalho da CDB sobre a diversidade biológica das florestas (Anexo à decisão VI/22 da COP)
<p>5. Belize e E.U.A.: Projeto de ação climática Rio Bravo</p>	<ul style="list-style-type: none"> Mitigação de gases de efeito-estufa, alcançada por meio da eliminação do desmatamento e floresta sustentável. A conservação e manejo sustentável de c.500.000 de hectares de florestas, irá sequestrar c 2.4. Mt de carbono durante o período do projeto (40 anos). As projeções de impactos de projetos de adaptação à mudança de clima por meio da conservação e uso de corredores nas florestas de Rio Bravo (ou seja, por meio da resiliência e conectividade aumentadas) Consideração de aspectos da adicionalidade e vazamento dentro do desenho do projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> A informação de marco zero sendo coletada sobre seqüestro de carbono nas florestas tropicais de Rio Bravo é essencial para o apoio contínuo para o cálculo de remoções líquidas de carbono, bem como para a replicação deste projeto. Experimentos de manejo florestal sustentável inovador ajudaram residentes locais a encontrar alternativas econômicas sustentáveis, em contrapartida às práticas destrutivas de exploração de madeira. 	<ul style="list-style-type: none"> Análise das opções de uso do solo. Processos de monitoramento em curso para planos de manejo florestal (independente certificado) e para vazamento Não há evidências de quaisquer avaliações de impactos ambientais e/ou sociais. 	<ul style="list-style-type: none"> Esta é uma atividade implementada conjuntamente (AIJ) sob a Implementação Conjunta da UNFCCC e dos EUA, e não sob o Protocolo de Kyoto. Não é elegível para validação no primeiro período de compromisso. O caso ilustra o papel potencial da eliminação do desmatamento e boas práticas florestais (exploração de madeira de impacto reduzido) como opções potenciais de mitigação.

Tabela 6.1: Resumo dos estudos de caso selecionados: padronização de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima e considerações sobre a biodiversidade (continuação)

Título do Caso	Características-chave	Principais Lições Aprendidas	Ferramentas e Processos de Monitoramento	Pertinência à UNFCCC e CBD
<p>6. Sudão: Reabilitação Comunitária de Áreas de Pastagens para o Sequestro de Carbono</p>	<ul style="list-style-type: none"> O projeto combina de maneira bem sucedida as necessidades de comunidades locais e as metas de sequestro de carbono no longo prazo. Enfatiza as nuances e questões relacionadas à contabilidade de carbono tal como o estabelecimento de marco zero, limite do projeto, cronograma do projeto versus o benefício de carbono e atribuição de benefícios de carbono do vazamento positivo. Demonstra o escopo potencial para o sequestro de carbono em áreas semi-áridas quando ampliadas para áreas espaciais maiores. 	<ul style="list-style-type: none"> Combinação efetiva de pre-ocupações-chave sobre o desenvolvimento local e subsistências, e o sequestro de carbono, podem conduzir a resultados sustentáveis bem sucedidos. O estabelecimento inicial de marco zero e sistemas de monitoramento defensáveis, para carbono e biodiversidade, é essencial para alcançar a real adicionalidade em ambos os casos. A fraca validação de carbono sequestrado pode enfraquecer a credibilidade de realizações. 	<ul style="list-style-type: none"> Métodos Participativos de Avaliação Rural. Metodologias de créditos de carbono (apesar do caso ter omitido o componente de carbono do solo). 	<ul style="list-style-type: none"> O projeto proporcionou informação de marco zero para a Primeira Comunicação Nacional à UNFCCC Proporciona informação sobre a viabilidade potencial de florestamento sob CDM em áreas semi-áridas. Escopo potencial para sinergias com o programa de trabalho da CDB sobre áreas áridas e semi-áridas (decisão VI/4 da COP) e sequestro de carbono.
<p>7. Inglaterra e Irlanda: Mudança de Clima e Conservação da Natureza</p>	<ul style="list-style-type: none"> Uso de uma abordagem de modelagem para informar a adaptação de política de conservação da natureza e prática de manejo aos impactos de mudança de clima. Resultados da primeira fase indicam a necessidade de uma abordagem flexível e avançada, com objetivos estabelecidos em uma estrutura dinâmica que possam adaptar-se às mudanças de distribuição de espécies e tipos de habitats e ao ritmo desta mudança. 	<ul style="list-style-type: none"> Uma abordagem fundamentada na ciência tem maior probabilidade de informar e influenciar políticas do que relatos genéricos e especulativos. 	<ul style="list-style-type: none"> A classificação bioclimática (espacial e temporal) para as atuais distribuições. Modelar as mudanças no espaço climático para as espécies. Modelar as características de dispersão de espécies. Prever mudanças no uso do solo. Modelar mudanças na função do ecossistema. 	<ul style="list-style-type: none"> Metodologia e resultados aplicáveis para atender os compromissos quanto a espécies e habitats sob a CDB (e outras legislações e acordos internacionais e nacionais). Análise potencialmente útil para acrescentar à discussão em curso nos órgãos da UNFCCC (SBSTTA e COP)

Tabela 6.1: Resumo dos estudos de caso selecionados: padronização de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima e considerações sobre a biodiversidade (continuação)

Título do Caso	Características-chave	Principais Lições Aprendidas	Ferramentas e Processos de Monitoramento	Pertinência à UNFCCC e CBD
<p>7. Inglaterra e Irlanda: Mudança de Clima e Conservação da Natureza (continuação)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Para a próxima fase da pesquisa, serão usadas versões menores dos modelos juntamente com modelos de dispersão e projeções de mudanças na cobertura do solo, para avaliar a probabilidade de espécies manterem o ritmo com as possíveis mudanças de clima e ocuparem seu futuro espaço climático. 	<ul style="list-style-type: none"> Desde o início, a abordagem inclusiva à pesquisa, realizada por um consórcio de agências governamentais, ONGs e institutos de pesquisa, somou forças para proporcionar diferentes visões, preocupações e perspectivas para a análise, e para influenciar as políticas. 		
<p>8. América Central e México: Corredor Biológico Mesoamericano</p>	<ul style="list-style-type: none"> A escala espacial do programa proporcionou potencial significativo para a adaptação de espécies ao impacto de mudança de clima, em termos de latitude e altitude. Ressalta o escopo potencial para opções de mitigação de clima (eliminação do desmatamento, reflorestamento, florestamento, agrosilvicultura) a serem desenhadas em um programa em curso que foque a conservação de biodiversidade. Escopo para envolvimento aprimorado da comunidade. 	<ul style="list-style-type: none"> Há oportunidades e sinergias, entre a biodiversidade e mudança de clima, que estão sendo perdidas devido a um foco de biodiversidade sendo utilizado no programa. A CDB e a UNFCCC podem levantar benefícios colaterais significativos na escala do projeto do Corredor Biológico Mesoamericano. 	<ul style="list-style-type: none"> Acordos regionais, vários planejamentos exercidos e seminários em consultoria. Exercícios de estabelecimento de prioridades para áreas de conservação. 	<ul style="list-style-type: none"> Demonstra o potencial para sinergias a serem exploradas, no que diz respeito à CDB e UNFCCC, por meio do foque explícito sobre as opções de mitigação e adaptação em suas características de desenho. O projeto é responsivo aos três objetivos da CDB.
<p>9. Noruega e Uganda/Investidor privado: Plantações de Árvores para Créditos de Carbono</p>	<ul style="list-style-type: none"> O estudo de caso realça os desafios de firmar acordos do tipo MDL, de acordo com a perspectiva do país anfitrião, investidores e comunidades locais. 	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade de lidar com a assimetria de informação e capacidade entre países em desenvolvimento e países do Anexo 1 (ou investidores) de forma que os acordos alcançados sejam respeitados por todos os interessados ao longo do projeto 	<ul style="list-style-type: none"> Não há evidência de qualquer avaliação ambiental e/ou social. 	<ul style="list-style-type: none"> Projeto piloto desenhado em antecipação ao Protocolo de Kyoto, por meio do florestamento.

Tabela 6.1: Resumo dos estudos de caso selecionados: padronização de atividades de mitigação e adaptação à mudança de clima e considerações sobre a biodiversidade (continuação)

Título do Caso	Características-chave	Principais Lições Aprendidas	Ferramentas e Processos de Monitoramento	Pertinência à UNFCCC e CBD
<p>9. Noruega e Uganda/Investidor privado: Plantações de Árvores para Créditos de Carbono (continuação)</p>	<ul style="list-style-type: none"> A desconsideração de questões sociais e ambientais, durante o planejamento e negociações de acordos, resultou em conflitos agrários enfraqueceram a segurança das plantações de florestas para créditos de carbono para os investidores, segurança de subsistência das comunidades e manejo florestal sustentável para as autoridades florestais de Uganda. Levanta questões sobre o papel e conduta das entidades privadas que provavelmente serão importantes negociadores no comércio de emissões de créditos de carbono adquiridos por meio de projetos CDM. 	<ul style="list-style-type: none"> O objetivo do desenvolvimento sustentável para países em desenvolvimento – que são a base de projetos CDM – pode ser alcançado caso os projetos sejam desenhados de forma a prestarem atenção explícita às dimensões ambientais, sociais e econômicas. Há necessidade de um processo claro para a solução de contestações, arbitragem, bem como de manejo adaptável no desenho do projeto. 		<ul style="list-style-type: none"> Boas lições para a formulação de diretrizes de projetos CDM.
<p>10. Romênia e Fundo Protótipo de Carbono (PCF): Projeto de Florestamento de Áreas Agrícolas Degradadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> Uso de financiamento de carbono para restaurar florestas em áreas degradadas. Mitigação de mudança de clima, por meio do florestamento e reflorestamento, para a biomassa abaixo e acima do solo e para os solos. Conservação de um sítio Ramsar, por meio do reflorestamento de suas partes degradadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Fontes seguras de financiamento proporcionam certeza e planejamento para o florestamento. A utilização de Avaliações de Impactos Ambientais para atender as políticas de salvaguarda, relativas às questões sociais, provavelmente evitará conflitos posteriores. Espera-se que os efeitos de demonstração deste projeto, para os planos de florestamento de longo prazo, para a Romênia, sejam significativos. 	<ul style="list-style-type: none"> Avaliações de Impactos Ambientais. Valoração: a análise de custo-benefício provavelmente será utilizada no desenho de subsistências alternativas para a com-pensação de comunidades locais. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementação conjunta (sob o Art. 6 do Protocolo de Kyoto) entre um país do Anexo 1 e um consórcio de doadores (sob os auspícios do PCF).

6.3 ANEXO 1: DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

6.3.1 Estudo de Caso 1. Uganda e Países Baixos/Investidor privado: Parque Nacional Mount Elgon

O Mount Elgon foi declarado Parque Nacional em 1993, sendo que até esta data era uma reserva florestal, e desde 1996 está sob a jurisdição da Autoridade de Uganda para Vida Silvestre (*Uganda Wildlife Authority - UWA*), que é responsável pelas áreas protegidas do país. O Plano Geral de Manejo para o parque reconhece a ampla gama de valores de conservação que devem ser consideradas no manejo: inclusive recursos de bacias hidrográficas, biológicos, estéticos, turísticos, culturais, de uso comum, de cultivo, recursos usados pelas comunidades, e seu valor como um sumidouro de carbono. O Plano de Manejo observa a colaboração com parceiros externos como um meio para apoiar o manejo do parque.

O projeto UWA-FACE (Emissões de Carbono Absorvidas pela Floresta - *Forest Absorbing Carbon Emissions*) financiado por uma fundação holandesa, apóia o replantio de árvores nativas em áreas do Parque Nacional, as quais haviam sido invadidas. Este projeto foi iniciado em 1994 e a Fundação FACE dos Países Baixos poderia reivindicar potencialmente créditos de carbono equivalente à quantidade de carbono seqüestrado na área de reflorestamento. Neste caso, estes créditos seriam compensados pelas emissões de CO₂ dos clientes da Fundação, entre os quais há companhias de geração de energia e outros clientes industriais e empresariais na Europa. Os créditos ajudarão as empresas a alcançarem a conformidade com as metas de redução de emissões, estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima. Este projeto é, potencialmente, um exemplo de projeto de reflorestamento sob o projeto CDM por meio do Protocolo de Kyoto, mas como indicado na seção 6.1, está sujeito à validação, uma vez que as modalidades CDM sejam concluídas.

As primeiras fases do projeto focalizaram exclusivamente as metas dos dois parceiros, a saber, o seqüestro de carbono alcançado pela maximização da produção de biomassa no sítio para a fundação FACE; e conservação de biodiversidade alcançada pela restauração de florestas no Parque Nacional para a UWA. Quando as necessidades de recursos florestais de subsistência da comunidade entraram em conflito com os objetivos do projeto, o seqüestro de carbono e a conservação de biodiversidade tiveram prioridade. A população foi proibida de colher lenha, palmeiras usadas para cobrir telhados e outros recursos de subsistência, sob a alegação de que isto reduziria o acúmulo total de carbono neste sítio. Isto provocou conflito entre as autoridades e a população local, resultando na destruição de mudas de árvores em várias situações. As preocupações quanto à segurança de longo prazo das áreas reflorestadas levaram as autoridades a reverem sua política de exclusão de populações locais. Ao mesmo tempo, a Autoridade de Uganda para a Vida Silvestre (UWA) testava novas abordagens de base comunitária para o manejo de áreas protegidas. Com a ajuda da IUCN, a UWA testou abordagens de manejo colaborativo com as comunidades locais no Monte Elgon, o que envolveu o acesso a recursos em troca de auto-regulação e proteção de recursos pela comunidade.

O uso de esquemas de incentivo foi uma dimensão crítica da abordagem revisada, que provou ser eficaz, e que foi expandida para áreas reflorestadas sob o projeto FACE. Atualmente, as populações são capazes de firmar acordos formais, escritos, com as autoridades para explorar uma gama de recursos, tais como lenha, frutas e verduras silvestres, palmeiras para confeccionar telhados, cipós, mel e bambu silvestre. Os acordos são desenhados para permitir níveis sustentáveis de exploração e para o empoderamento das comunidades para que regulem seu uso da floresta. Por sua vez, as comunidades concordaram em monitorar o uso da floresta e proteger a floresta da destruição e do uso insustentável. Espera-se que isto reduza, finalmente, a necessidade de proteção pela Autoridade e que promova maior segurança para a floresta no longo prazo.

Ferramentas e processos de monitoramento

O projeto foi certificado por uma entidade independente, em 2002, de acordo com os Princípios e Critérios do Conselho Internacional de Manejo Florestal (*Forest Stewardship Council* - FSC) sobre questões sociais, econômicas e ambientais. Como parte das exigências de credenciamento, o certificador independente precisa visitar e realizar monitoramentos anuais das atividades de manejo e conservação. A avaliação e o monitoramento incluem indicadores sobre questões sociais, tais como o envolvimento de populações locais e povos indígenas no manejo de recursos, sobre aspectos de biodiversidade, tais como espécies usadas para o reflorestamento e a proporção de áreas sob proteção, e indicadores sobre benefícios dos projetos para a população local, tais como impactos econômicos e recursos florestais não-madeireiros sendo manejados e usados.

O projeto é financiado pela Fundação FACE dos Países Baixos e implementado pela Autoridade de Uganda para a Vida Silvestre (UWA). O projeto foi iniciado em 1994 e ainda está em curso.

Fontes de informação

<http://www.facefoundation.nl/Eng/fshomeE.html>

<http://www.stichtingface.nl/disppage.php>

Uganda Wildlife Authority (2000) Mt. Elgon National Park – General Management Plan.

6.3.2 Estudo de caso 2. Costa Rica: Ecomercados

Em 1996 a Costa Rica adotou a Lei Florestal 7575, que reconhece explicitamente quatro serviços ambientais proporcionados por ecossistemas florestais: (i) mitigação de emissões de gases de efeito-estufa; (ii) serviços hidrológicos, inclusive o abastecimento de água para consumo humano, irrigação e produção de energia; (iii) conservação de biodiversidade e (iv) provisão de belos cenários para recreação e ecoturismo.

Neste contexto, o programa de Pagamentos por Serviços Ambientais (ESP- *Environment Service Payments*), visa proteger florestas primárias e permitir o florescimento de florestas secundárias em áreas desmatadas, e promover as plantações florestais para atender a demanda industrial de produtos de madeira e papel. Estas metas são

alcançadas por meio de contratos ESP localizados firmados com pequenos e médios fazendeiros. Contratos ESP baseiam-se em dois fatores: (1) o valor dos serviços ambientais proporcionados pelas florestas primárias e secundárias; e (2) os custos de manejo específicos para cada tipo de contrato. Entretanto, há uma grande preocupação de que os altos custos de produção da tonelada de carbono favoreçam, na realidade, projetos de grande escala, que são capazes de manejar devido às receitas já bastante significativas das vendas de madeira.

Há quatro tipos de contrato ESP, cada um desembolsa uma quantia fixa por hectare durante um período de cinco anos.

- Contratos de conservação florestal: US\$ 200 por hectare para encargos de conservação florestal.
- Contratos de manejo florestal sustentável: US\$13 por hectare para encargos de manejo florestal sustentável.
- Contratos de reflorestamento A: US\$513 por hectare, com o compromisso de manter áreas reflorestadas durante 15-20 anos, dependendo da espécie de árvore – é permitido plantar somente espécies nativas. Nestes contratos, 5% são destinados a áreas agrícolas degradadas ou abandonadas.
- Contratos de Reflorestamento B: US\$ 200 por hectare, para os proprietários que tenham estabelecido plantações de florestas com seus próprios recursos. Estes correspondem a menos de 1% dos contratos ESP.

Recentemente, o reflorestamento foi, na verdade, excluído do esquema porque suas altas compensações, comparadas aos contratos de conservação florestal, eram uma desmotivação para projetos de conservação. Esta é uma lição importante, pois mostrou que tais esquemas são dinâmicos e precisam responder às metas e objetivos globais do programa.

Entre as principais fontes de financiamentos para o programa há uma taxa sobre as vendas de combustível, pagamentos ao FONAFIFO - Fundo Nacional de Financiamento Florestal (*National Forest Financing Fund*) da parte de produtores do setor privado de energia renovável para a conservação de áreas críticas de bacias hidrográficas, e por meio da venda de Compensações Certificadas Comerciais (*Certified Tradable Offsets*), ou títulos de carbono, derivados de ecossistemas florestais³². Os proprietários cedem seus direitos de redução de emissões de gases de efeito-estufa para que o FONAFIFO venda ao mercado internacional. O financiamento está sendo obtido também de municípios e empresas que necessitam de um fornecimento seguro de água limpa. O projeto Eco-mercados é financiado pelo Governo da Costa Rica, pelo Banco Mundial, GEF e agências bilaterais de desenvolvimento. O projeto foi iniciado em 2000 e está em curso.

³² No entanto, um estudo recentemente publicado nos Procedimentos da Academia Nacional de Ciência, documenta que as florestas na Costa Rica, que foram monitoradas entre 1994 e 2000, podem ter mudado de “sumidouros de carbono” para “fontes de carbono”; indicando que ainda falta a compreensão significativa sobre os ciclos de carbono em florestas tropicais.

Ferramentas e processos de monitoramento

Sistemas de informação geográfica são usados para visualizar, manipular, analisar e apresentar dados espaciais. O principal atributo do sistema é que ele conecta bancos de dados à mapas e é interativo. Em outras palavras, pode-se fazer perguntas ao sistema (tais como, conformidade com contratos com os proprietários individuais – sobre planos de manejo, prevenção de degradação florestal, controle de caça ilegal). Entretanto, há necessidade de monitoramento e rastreamento mais diretos.

Alguns indicadores de programa mais amplos, que já foram monitorados, incluem:

- 100.000 hectares de áreas contratadas como mitigação de conservação no projeto do Corredor Biológico Mesoamericano na Costa Rica (corredores, conectividade, fragmentação reduzida; ver estudo de caso número 8).
- indicadores para monitorar o crescimento da participação de mulheres proprietárias e de comunidade indígenas no programa ESP, ao longo do tempo.
- crescimento na capacidade local para avaliar e comercializar serviços ambientais, conforme medido por meio de estudos técnicos, e introdução de mecanismos do mercado.

Fontes de informação

Banco Mundial (Maio de 2000). “Documento de Avaliação sobre uma Proposta de Empréstimo do BIRD, de US\$32.6 milhões, e uma Doação do Fundo Fiduciário do GEF, de \$8 milhões, ao Governo da Costa Rica para o Projeto Ecomercados”.

6.3.3 Estudo de caso 3. Finlândia: Avaliação Ambiental da Estratégia Nacional de Clima

A Finlândia está empenhada em alcançar as metas para a redução de gases de efeito-estufa, de acordo com o Protocolo de Kyoto e conforme acordado na decisão de divisão de fardo dentro da União Européia (UE). Um conjunto de medidas foi delineado para alcançar estas metas. De acordo com a Seção 24 da legislação da Finlândia sobre avaliação de impacto ambiental “o impacto ambiental deverá ser investigado e avaliado de forma adequada, quando uma autoridade estiver elaborando políticas, planos e programas que possam ter impactos ambientais significativos quando implantados...”. Uma estratégia nacional de clima atende, por definição, a condição de impactos ambientais significativos e enfatiza, portanto, a necessidade de uma avaliação ampla do impacto possível da estratégia (ver também o capítulo 5). Este caso ilustra as abordagens estratégicas de avaliação ambiental utilizadas na Finlândia, quando do desenvolvimento da estratégia nacional de clima.

Sob a orientação de um grupo inter-Ministerial, foi concebida uma estrutura concreta que incluiu três cenários base (um de marco zero e dois alternativos) para elaboração da estratégia nacional de clima. Estes cenários foram quantificados, em termos técnicos e econômicos, por instituições especialistas. A estrutura de avaliação foi desenvolvida sob a orientação de um grupo gestor, com representantes de todos os ministérios-chave, e em cooperação com aqueles responsáveis pelas avaliações técnicas e

econômicas. Isto resultou em um processo de revisão que focou a avaliação e assegurou sua qualidade científica. Significou também que a avaliação tornou-se multi-dimensional, com conexões explícitas entre aspectos ambientais, técnicos, econômicos e sociais. A avaliação ambiental fundamentou-se nos mesmos cenários, mas exigiu uma seleção adicional das variáveis a serem avaliadas e a especificação de métodos a serem usados. A avaliação ambiental cobriu todas as medidas dos principais Ministérios (Meio Ambiente, Agricultura e Floresta, Transporte e Telecomunicações, Comércio e Indústria). A participação de interessados foi uma parte essencial da avaliação e proporcionou informações sobre as características percebidas dos cenários e também sobre os riscos e oportunidades associadas aos cenários. Todas as avaliações, planos e resultados foram disponibilizados ao público.

O cenário de marco zero foi desenvolvido presumindo um crescimento econômico anual de 2,3%, inclusive o crescimento nas indústrias de produção (tais como papel, papelão e aço). O crescimento populacional é supostamente baixo, aumentando de 5,19 milhões para 5,29 milhões em 2020. Foram feitos pressupostos também a respeito do preço do óleo (USD 25/barril até 2010, e após esta data haverá um aumento gradual para USD30 em 2020), e o preço do gás natural (aumento de 20% até 2010, 48% até 2020, comparado ao nível de preço em 2000). Os cenários alternativos foram desenvolvidos presumindo um programa de apoio ao desenvolvimento de recursos renováveis de energia e um programa voltado para a economia de energia em prédios e residências. Em um cenário, uma usina de energia nuclear adicional de 1300 MW foi presumida, enquanto o outro incluiu uma proibição explícita ao uso de carvão na produção de eletricidade. Para completar os cenários, os impostos sobre a energia foram aumentados para atender as metas do Protocolo de Kyoto até 2010, conforme acordado na decisão de divisão de fardo dentro da UE. Isto significa que a diferença entre os dois cenários alternativos resultou em formas alternativas de produção adicional de energia e diferenças relativamente pequenas nos impostos sobre a energia.

As avaliações técnicas, econômicas e ambientais proporcionaram uma análise do uso de energia, emissões de gases de efeito-estufa, custos e efeitos ambientais dos diferentes cenários até 2020. Uma síntese da informação disponível foi produzida utilizando-se a abordagem estratégica de análise SWOT (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças). Uma observação geral foi de que as medidas planejadas nos cenários alternativos seriam geralmente benéficas comparadas ao marco zero. Entretanto, as diferenças entre os cenários alternativos foram pequenas quando a análise foi realizada sobre um período de 10 anos, e, ligeiramente maiores, quando a análise foi ampliada para 20 anos, mas ainda assim foram limitadas. A análise SWOT confirmou, adicionalmente, que as duas alternativas não fizeram grande diferença; porém, os fatores constantes presumidos no modelo (tais como nível e estrutura de impostos de energia e importações de eletricidade) mudariam o curso dos desenvolvimentos mais do que as medidas assumidas. As avaliações técnicas e econômicas foram vinculadas e, portanto, os diferentes aspectos da estratégia de clima poderiam ser sujeitos a uma revisão pública simultânea e equilibrada, ao invés de lidar com uma questão (ambiental, tecnológica, econômica, social) de cada vez.

A avaliação revelou que os cenários eram variações sobre um tema, e não explorações de situações distintamente diferentes. A avaliação concluiu que os cenários eram “míopes” e demasiadamente estreitos em seu escopo, e incapazes de captar todas as preocupações e argumentos sobre possíveis futuros de energia – limitando, assim, o escopo para uma ampla discussão pública. O Parlamento usou, amplamente, os resultados do SWOT em suas discussões sobre a estratégia, e confirmou que a estratégia proposta era “míope”. Desde então, solicitou a ampliação do escopo das análises. Este trabalho agora faz parte do programa do governo.

Fontes de informação

Forsström, J. and Honkatukia, J. 2001. Suomen ilmastostrategian kokonaistaloudelliset kustannukset. [Os Custos Econômicos da Estratégia Nacional de Clima] Instituto Finlandês de Pesquisa Econômica. Documentos para Discussão 759, 28 p.

Hildén, M., Attila, M., Hiltunen, M. Karvosenoja, N. and Syri, S. 2001. Kansallisen ilmastostrategian ympäristövaikutusten arviointi [Avaliação Ambiental da Estratégia Nacional de Clima] Instituto Finlandês para o Meio Ambiente, Suomen ympäristö 482, 105 p.

Kemppi, H., Perrels, A., e Lentilä, A. 2001. Suomen kansallisen ilmasto-ohjelman taloudelliset vaikutukset. [Os Efeitos Econômicos da Estratégia Finlandesa Nacional de Clima].

Instituto Governamental para Pesquisa Econômica, VATT – Relatórios de Pesquisas 75, 114 p.

6.3.4 Estudo de caso 4. Madagascar: Programa Integrado de Conservação e Desenvolvimento do Parque Nacional Masaola

O Parque Nacional Masaola em Madagascar é composto de 2300 km² de floresta úmida primária e é rodeada por uma zona de amortecimento de 1000 km² de florestas não protegidas. A prática agrícola de derruba-e-queima para a produção de subsistência de arroz representa é atualmente a principal ameaça a estas florestas. Para contrapor o desmatamento, a estratégia do Projeto Integrado de Conservação e Desenvolvimento de Masaola (ICPD) deverá criar incentivos econômicos para a conservação, por meio do trabalho com as comunidades locais. Além de incentivos locais, os incentivos nas escalas nacional e global também são considerações importantes. Várias madeireiras fizeram prospecções para concessões na Península de Masaola, durante a criação do Parque Nacional, e o governo quase abandonou o projeto do parque em favor de uma empresa madeireira. A comunidade diplomática e a comunidade que defende a conservação desempenharam um papel importante na persuasão do governo para rejeitar a proposta da madeireira. Entretanto, é provável que a conservação seja bem sucedida apenas quando os benefícios ultrapassarem os custos nas escalas de todos os interessados pertinentes.

Os autores calcularam o custo da conservação a partir da perspectiva local, nacional e global para o Parque Nacional. A conservação gerou benefícios significativos

maiores do que a exploração de madeira e a agricultura, local e globalmente. Entretanto, no nível nacional, os benefícios financeiros da indústria madeireira excederam o valor de conservação do IPCD, mesmo quando foram usadas as menores estimativas de renda geradas pelo setor madeireiro.

A perda da floresta de Masaola teria um custo econômico significativo para a comunidade internacional (US\$ 68 milhões a US\$ 645 milhões). Esta estimativa baseia-se em danos evitados por meio da prevenção de emissões de gases de efeito-estufa do desmatamento que, do contrário, ocorreria no ICPD, usando um custo de danos de US\$ 20/ t C embasado em pressupostos de conservação. Fundamentado no custo unitário de conservação de carbono, entre US\$ 0,84/t C e US\$ 15,9/t C; e na divisão destes custos no custo global (ajuda estrangeira para a proteção de florestas) e nos custos de Madagascar (oportunidades anteriores), estima-se que, independente dos cenários de custos de oportunidade, quando Madagascar conserva as florestas, está pagando de 57% a 96% dos custos totais, enquanto se beneficiaria relativamente pouco da redução de emissões de gases de efeito-estufa.

Os autores concluíram que há situações similares de divisão de incentivos, e que o Protocolo de Kyoto poderia assegurar benefícios líquidos, locais, nacionais e globais, equitativamente, compensando a nação pelos custos de oportunidade de conservação, por meio de transferências globais sob o CDM. Entretanto, sob as atuais regras do CDM, a eliminação do desmatamento não é elegível durante o primeiro período de compromisso, e o mais cedo que isto se tornaria uma possibilidade seria em 2012, quando começarão as regras para o próximo período.

Benefícios líquidos locais, nacionais e globais para o ICPD						
Taxa de desconto	3%		10%		20%	
Período	10 anos	20 anos	10 anos	20 anos	10 anos	20 anos
US\$ 1996 x 10 ³						
Impacto do ICPD: Benefício líquido para a economia local	206	527	143	237	92	114
Benefício líquido nacional	-82	-264	-50	-108	-27	-41
Benefício líquido global	181	645	116	254	68	100

Observação: A estimativa do benefício líquido para a economia local inclui: silvicultura comunitária sustentável, ecoturismo, produtos florestais de não-madeira (NTFPs), hill rice, e custos de oportunidade de florestas de larga- escala; a estimativa do benefício líquido nacional inclui: investimentos de doadores, ecoturismo, silvicultura comunitária sustentável/produtos de biodiversidade, uso sustentável de NTFPs, valor de proteção de bacias, custos de manejo de parque/zona de amortecimento, custo de oportunidade: exploração industrial de madeira, e produção de hill rice; estimativa dos benefícios líquidos globais inclui: valor de conservação do carbono e investimento de doadores.

Fontes de informação

Kremen, C., J.O. Niles, M.G. Dalton, G.C. Daily, P.R. Ehrlich, J.P. Fay, D. Grewal e R.P. Guillery (2000). Incentivos Econômicos para Conservação de Floresta Úmida em Escaladas. *Science* 288: 1828-1832.

6.3.5 Estudo de caso 5. Belize e Estados Unidos: Projeto de Ação Climática Rio Bravo

O projeto de ação climática Rio Bravo envolve a conservação e manejo sustentável de mais de 123.000 acres de floresta mista úmida subtropical, de baixa altitude e de copa densa, no noroeste de Belize. Calcula-se que o projeto irá sequestrar cerca de 2 milhões de toneladas de carbono durante os próximos 40 anos, por meio da prevenção do desmatamento e assegurando o manejo florestal sustentável. Este projeto demonstrativo está sendo implementado sob a fase piloto da UNFCCC de Atividades Implementadas Conjuntamente (AIJ), por meio da inscrição junto à Iniciativa de Implementação Conjunta dos EUA (ao contrário da JI sob o artigo 12 do Protocolo de Kyoto, para países do Anexo 1).

O Programa para Belize (PFB), uma ONG local, foi criado em 1989. Este programa administra o projeto e, ao longo dos anos, começou a adquirir terras, progressivamente. Atualmente, a Área de Manejo e Conservação Rio Bravo é composta por quatro porções de terra, adquiridas entre 1989 e 1995. O projeto terá duração de 40 anos. Muitos produtores de energia proporcionaram \$5,6 milhões em financiamentos para os primeiros 10 anos. Entre os investidores estão: Cinergy Corporation, The Detroit Edison Company, Nexen Inc., PacifiCorp, Suncor Energy Inc., Utilitree Carbon Company e Wisconsin Electric Power Company. Mecanismos de financiamento de longo prazo, inclusive o estabelecimento de um fundo de doações, irá ajudar a apoiar o projeto além de seu financiamento inicial.

A Área de Manejo e Conservação Rio Bravo está localizada na floresta Mayan, que é biologicamente diversa. Ela é parte de um corredor de um milhão de acres, que é essencial para a conservação de biodiversidade na América Central, e uma das grandes prioridades de conservação da Conservancy. A área abriga as espécies ameaçadas do bugio (*black howler monkey*) e da onça, vários pássaros migratórios, espécies importantes de árvores como o mogno, e outras. Contém tipos de cobertura florestal que não são protegidos em nenhum outro lugar em Belize. O sitio do projeto esteve sob ameaça iminente da conversão para agricultura. Estudos realizados antes do início do projeto indicaram que sem proteção adicional, cerca de 90 por cento da cobertura florestal teria sido convertida para uso agrícola. A conservação desta área, e a conectividade proporcionada pelo corredor, podem aumentar a resiliência e adaptação de espécies aos impactos de mudança de clima.

Espera-se que o projeto reduza, evite ou mitigue cerca de 2,4 milhões de toneladas de carbono, por meio de duas abordagens principais: (a) o Programa para Belize adquiriu 33.000 acres de floresta de terras altas e somou-as à área protegida já existente. A estimativa de emissões de carbono evitadas por meio deste componente é de 1.7 milhões

de toneladas durante o período do projeto; (b) Manejo florestal sustentável e regeneração: em cerca de 90.000 acres de terra, uma combinação de operações aprimoradas de exploração de madeira e práticas de manejo de ecossistema irá seqüestrar mais de 600.000 toneladas de carbono. As práticas de manejo incluem a criação de áreas de amortecimento não perturbadas e zonas de proteção; técnicas de plantio de plantio de impacto reduzido; e manejo melhorado de queimadas e segurança do sítio.

Várias atividades do projeto proporcionam empregos e treinamento em silvicultura, manejo florestal e segurança de parque. A melhoria da manutenção de estradas, e outras melhorias na infra-estrutura, beneficia as comunidades que vivem na área de entorno.

Ferramentas e processos de monitoramento

O Programa para Belize utiliza um rigoroso protocolo de monitoramento desenhado por Winrock International. Dados sobre o crescimento e recuperação florestal são coletados periodicamente, de cerca de 200 lotes de amostragem permanentes, e são analisados para determinar o benefício líquido de carbono do projeto.

Certificação. O plano de manejo da floresta é certificado por Smart Wood e Woodmark. As avaliações de campo para a aplicação de diretrizes de certificação incluíram um reflexo das condições sociais e ambientais de Belize. O controle de queimadas e da exploração ilegal de madeira na área do projeto ajuda a reduzir a perda não intencional de floresta e novas emissões de dióxido de carbono.

Adicionalidade. Os benefícios de carbono são claramente adicionais ao que teria ocorrido sem o projeto. Outras partes teriam comprado a terra recentemente adquirida e a teriam convertido para produção agrícola. Além disso, a área que atualmente está sob o plano de manejo de floresta natural teria sido desmatada sob as práticas consuetudinárias.

Vazamento. O projeto assegura que todos os benefícios de carbono alcançados dentro dos limites do projeto não sejam anulados por ações em outros locais, causadas pelo projeto. Trabalhar com as comunidades locais possibilita ao Pfb monitorar as atividades madeiras e agrícola fora do sítio do projeto, que podem resultar em vazamentos.

Fontes de informação

<http://www.pfbelize.org>

<http://www.nature.org/aboutus/projects/climate/work>

6.3.6 Estudo de caso 6. Sudão: Reabilitação Comunitária de Áreas de Pastagens para o Seqüestro de Carbono

O Projeto de Reabilitação Comunitária das Áreas de Pastagens, conduzido dentro do conselho rural de Gireigikh da Província Bara do Norte, Estado de Kordofan, tem dois objetivos principais. O primeiro objetivo foi criar um sistema local de manejo sustentável de recursos naturais, que preveniria a sobre-exploração de áreas marginais e reabilitaria pastagens para os fins de seqüestro de carbono, preservação de biodiversidade e

redução de poeira atmosférica. O segundo objetivo foi reduzir o risco de falha na produção, em uma área com tendências à secas, incrementando o número de alternativas para estratégias de produção sustentável, proporcionando, portanto, maior estabilidade para a população local.

Da perspectiva do morador da comunidade, o aquecimento global não é, certamente, uma preocupação importante: por outro lado, a segurança alimentar e de água são preocupações primordiais. Uma das características mais atrativas no desenho do projeto é ele que buscou várias áreas-chave paralelamente, a saber, o alívio da pobreza, manejo de recursos naturais, transferência de tecnologia, e, mulheres em desenvolvimento. Ao identificar obstáculos e desafios locais para assegurar o armazenamento de carbono no longo prazo em comunidades rurais, este projeto piloto proporciona algumas lições importantes para as discussões em curso sob o CDM. Medidas específicas que contribuam para as necessidades mais prementes dos moradores das vilas incluem a produção de forragem, reabastecimento de rebanhos de animais de criação, desenvolvimento de jardins irrigados no nível de vilas, fogões melhores, introdução de sistemas rotativos de crédito e planejamento de contingência de seca. A replicação espontânea de atividades do projeto, além das vilas selecionadas, é a prova dos benefícios às comunidades.

Da perspectiva de produção de benefícios de biodiversidade e de carbono há algumas lições bastante valiosas. Falta ao projeto a consideração e o monitoramento das melhorias na biodiversidade, e estas se fundamentam na premissa de que o incremento da biodiversidade será um co-benefício das atividades do projeto. Apesar da melhoria na ecologia das pastagens por meio de várias intervenções voltadas para o manejo de recursos, a atenção sistemática a questões de biodiversidade: supervisão, monitoramento e avaliação não têm sido satisfatórias. Na verdade, as metas de biodiversidade do projeto foram comprometidas adicionalmente devido a restrições orçamentárias.

A atenção dada ao seqüestro de carbono foi mais definida. Neste contexto, o projeto proporciona algumas lições valiosas sobre as discussões e debates em curso referentes ao crédito de carbono. Por exemplo, ao definir a situação do final do projeto, quanto ao armazenamento de carbono, um pressuposto implícito, porém não declarado no documento do projeto foi que não haveria degradação adicional do solo na área do projeto, nos próximos 20 anos. Ou seja, os benefícios incrementais do seqüestro de carbono foram medidos contra um marco zero estático, subestimando, portanto, benefícios potenciais do projeto. A tabela abaixo proporciona um resumo dos benefícios do seqüestro de carbono reivindicados no documento do projeto. A avaliação do projeto concluiu que apenas os benefícios diretos de 5.400 t de carbono são definidos, sujeitos à avaliação e verificação. Os níveis restantes do seqüestro de carbono reivindicados são avaliados em termos qualitativos apenas. A falta de um programa, adequadamente desenhado e examinado, para quantificar os benefícios do seqüestro de carbono alcançados por meio das atividades do projeto, questiona a credibilidade das reivindicações do projeto a este respeito. Não há evidência suficiente, atualmente, para quantificar com segurança a conexão entre as atividades de apoio ao desenvolvimento e os níveis reais de carbono

seqüestrados. No entanto, o projeto proporciona algumas lições importantes sobre as discussões e debates em curso, relacionados ao crédito de carbono.

Resumo dos benefícios do seqüestro de carbono (em toneladas de carbono) reinvidicadas no documento do projeto						
Atividade do Projeto	Benefícios “Diretos” ³³			Benefícios “Indiretos”		
	Ao final do projeto	Total esperado após 20 anos	Total (após 20 anos)	Esperado após 20 anos	Inferido após 20 anos	Total (após 20 anos)
Manejo de pastagens	0	10.128	10.128	27.731	0	27.731
Melhoria de pastagens	3.000	0	3.000	4.000	0	4.000
Estabilização das dunas	210	405	615	2.835	5.265	8.10
Quebra-ventos	2.190	2.450	4.640	4.220	4.690	8.910
Total	5.400	12.983	18.383	38.786	9.955	48.741

A conclusão mais urgente da avaliação final é que a estratégia do projeto para reabilitar e melhorar as áreas marginais demonstrou o potencial para aumentar o seqüestro de carbono. O apelo do seqüestro de carbono, em áreas semi-áridas do Sudão, reside em seu potencial espacial e não em sua intensidade de carbono por unidade de área terrestre. Isto é, apesar dos níveis de seqüestro de carbono serem baixos em áreas de pastagem semi-áridas no Sudão, quando comparados a florestas tropicais, os níveis potenciais de armazenagem de carbono poderiam ser muito altos dado os enormes recursos de áreas rurais disponíveis. Investidores sob futuros regimes CDM podem considerar os investimentos no Sudão atrativos, se puderem ser convencidos de que o grande potencial espacial, além de ser acessível, também está aberto a estratégias alternativas de manejo de pastagem, verificáveis e de longo prazo.

O projeto foi iniciado em 1995 e concluído em 2001. O projeto recebeu uma doação de US\$ 1,5 milhões do GEF e teve um co-financiamento de US\$ 90.000.

Fontes de informação

Sudão: Reabilitação Comunitária das Áreas de Pastagens para o Seqüestro de Carbono e Biodiversidade. Documento do Projecto (1992). GEF, Washington, D.C.
Dougherty, B; Abusuwar, A; Razik, K.A. (2001)

³³ Benefícios diretos são aqueles das comunidades selecionadas; benefícios indiretos do vazamento positivo. A duração do projeto é de 5 anos e os benefícios de carbono é estimado para 20 anos.

6.3.7 Estudo de caso 7. Inglaterra e Irlanda: Mudança de Clima e Conservação da Natureza

Na busca para compreender as implicações da mudança de clima para políticas e práticas de conservação da natureza na Inglaterra e Irlanda, um consórcio de agências governamentais e ONGs iniciou, em agosto de 1999, um importante programa de pesquisa, 'Modelando Respostas de Recursos Naturais à Mudança de Clima' (MONARCH). O consórcio é liderado pela English Nature (agência governamental de conservação da natureza na Inglaterra), e a pesquisa realizada por uma equipe de cientistas reunidos pelo Instituto de Mudanças Ambientais, da Universidade de Oxford.

O projeto MONARCH é uma investigação em fases sobre os impactos de mudança de clima sobre os recursos de conservação da natureza da Inglaterra e Irlanda. O objetivo principal da primeira fase do estudo foi desenvolver um conhecimento sobre as respostas de larga escala de espécies-chave e tipos de habitats na Inglaterra, País de Gales, Escócia e Irlanda. Isto foi investigado por meio da conexão entre modelos estabelecidos dos impactos e classes bioclimáticas coerentes. As definições de 21 classes bioclimáticas foram desenvolvidas usando técnicas sofisticadas de estatísticas, e para cada classe obteve-se uma gama de atributos de conservação da natureza (inclusive tipos de hábitat característicos, características geológicas e geomorfológicas e porcentagem de cobertura dos locais de conservação da natureza designados). Modelos de simulação existentes foram então adaptados para aplicação no meio ambiente terrestre, de água doce e costeiro, e modelos conceituais foram produzidos para as características geológicas/geomorfológicas e meio ambiente marinho. Os impactos destes foram estudados por meio da aplicação de uma gama de cenários de clima aos modelos para a gama de cenários de mudança de clima, para as décadas de 2020 e 2050, produzidos pelo Programa de Impactos de Clima do Reino Unido, em 1998. Uma parte importante deste trabalho envolveu o mapeamento do espaço climático disponível sob cada cenário, para cerca de 50 espécies associadas a tipos de hábitat prioritários.

Os resultados da primeira fase do projeto incluem um relatório técnico, um relatório do resumo e, pela natureza inovadora da pesquisa, uma série de documentos no *Journal for Nature Conservation*. O relatório técnico descreve os métodos usados no estudo, a gama de cenários de impacto produzidos e uma interpretação dos resultados. A interpretação levantou alguns desafios fundamentais às políticas atuais para a conservação de biodiversidade e manejo de longo prazo dos recursos de conservação da natureza, ambos em áreas designadas e na paisagem mais ampla:

As políticas de conservação da natureza precisam ser mais flexíveis e avançadas, com objetivos estabelecidos em uma estrutura dinâmica que pode adaptar-se à mudança de distribuição de espécies e tipos de habitats e à taxa desta mudança. A colaboração internacional será necessária para ajudar na conservação de algumas espécies, e deve-se estimular as discussões entre países quanto às implicações da mudança de clima para a política de

conservação. Em particular, os mecanismos para conservar a biodiversidade (por exemplo, recriação de hábitat) devem prever possíveis deslocamentos de espécies e mudanças na composição de habitats na medida em que o clima continua a mudar. É necessário incrementar a conscientização sobre a mudança de clima entre os formuladores de políticas, planejadores, técnicos e o público em geral.

A resiliência das áreas designadas deve ser melhorada por meio de manejo e zonas de amortecimento para minimizar os estresses sobre as espécies existentes e para proporcionar oportunidades para o desenvolvimento de novas comunidades. É necessário haver maior integração entre a conservação da natureza e outros usos do solo, os quais deveriam tratar as implicações de mudança de clima. Locais, tamanhos e formatos ideais para novas áreas de conservação da natureza também precisam ser considerados. A eficácia das translocações de espécies, corredores da vida silvestre e trampolins ecológicos, no contexto de mudança de clima, requer pesquisas adicionais. Deve-se levar em consideração também a conservação de espécies *ex situ* (por exemplo, em jardins botânicos). A questão de espécies não-nativas, seu possível alastramento, sua contribuição ou ameaça ao valor de conservação e sua fonte e taxa de entrada precisam ser focados.

As metodologias desenvolvidas na primeira fase do MONARCH estavam voltadas para a avaliação e conhecimento de larga escala. Ao mesmo tempo em que este foi um “primeiro passo” essencial, sempre houve o reconhecimento de que a abordagem precisaria ser desenvolvida adicionalmente para que as mudanças potenciais na distribuição e dispersão de espécies pudessem ser captadas em uma gama de escalas espaciais e temporais, e, para que as implicações para a função do ecossistema fossem compreendidas. Portanto, para a segunda fase do MONARCH, estão sendo desenvolvidas versões menores dos modelos usados no MONARCH 1, e, um modelo de dispersão, que será usado juntamente com as projeções de mudança na cobertura do solo. Estes serão usados para avaliar a probabilidade das espécies manterem o ritmo com a mudança de clima potencial e de ocuparem seu futuro espaço climático. Além disso, as implicações da mudança na distribuição de espécies para a composição e processos de ecossistema estão sendo exploradas por meio da ligação entre resultados dos modelos e modelos conceituais da função do ecossistema. Este trabalho foi iniciado em outubro de 2001 e, após um refinamento, será testado em várias áreas de estudos de caso, na Inglaterra e Irlanda - usando os cenários de mudança de clima do Programa de 2002 dos Impactos de Clima do Reino Unido. A segunda fase do MONARCH deverá ser concluída na primeira metade de 2004 e irá informar adicionalmente a adaptação da política e prática de manejo de conservação da natureza aos impactos de mudança de clima.

Fontes de informação

Cook, C. and P.A. Harrison (Eds.) (2001): Climate change and nature conservation in Britain and Ireland: Modelling Natural Resource -Responses to Climate Change (the MONARCH project). UKCIP Summary Report. - Oxford (UK Climate Impacts Program)

Harrison, P.A., Berry P.M. and T.P. Dawson (Eds.) (2001): Climate change and nature conservation in Britain and Ireland: Modeling Natural Resource Responses to Climate

Change (the MONARCH project). - UKCIP Technical Report. – Oxford (UK Climate Impacts Program).

Hulme, M. and G.J. Jenkins (1998): Climate change scenarios for the UK: scientific report. - UKCIP Technical Report No.1., Norwich (Climatic Research Unit).

Hulme, M.; Jenkins, G.J., Lu, X.; Turnpenny, J.R.; Mitchell, T.D., Jones, R.G.; Lowe J.; Murphy, J.M.; Hassell, D.; Boorman, P.; McDonald, R. and S. Hill (2002): Climate change scenarios for the United Kingdom: the UKCIP02 scientific report. – Norwich (Tyndall Centre for Climate Change Research). *Journal for Nature Conservation*, Volume 11(1) (2003). Climate Change Special Issue.

6.3.8 Estudo de caso 8. América Central e México: Corredor Biológico Mesoamericano

Na Mesoamérica – Sul do México e nos sete países da América Central – 44 hectares de floresta são perdidos a cada 60 segundos, principalmente para atender a demanda por lenha. A continuar assim, a área estaria virtualmente sem floresta em uma década e meia. O Corredor Biológico Mesoamericano (MBC - *Mesoamerican Biological Corridor*), que atravessa uma paisagem diversificada de aproximadamente 768.990 km², responde por cerca de 8% da biodiversidade da terra. O objetivo do programa do MBC é a recuperação da “cadeia de florestas que até poucos anos atrás unia a América do Sul e do Norte e que no momento aparece como vários fragmentos improdutivos ameaçados pelo desmatamento indiscriminado.” A iniciativa, ao mesmo tempo em que está direcionada à revitalização do corredor natural, ao norte partindo do México até o Panamá, no sudeste, “não foca exclusivamente a proteção de animais, plantas e microorganismos que vivem nas florestas tropicais, mas proporcionará benefícios, prioritariamente, às pessoas que vivem na região, a todos os Mesoamericanos e, por extensão, ao mundo inteiro”. O projeto deverá ser um programa de oito anos (1998-2005) e teve financiamento inicial de cerca de US\$ 24 milhões, sendo que cerca de US\$ 11 milhões do GEF.

Para alcançar tudo isto, o programa está sendo construído sobre dois pilares principais. O primeiro, e mais conhecido, é a conservação de biodiversidade. Isto inclui o fortalecimento das áreas protegidas já existentes e a criação de ligações entre elas. O segundo pilar é o uso sustentável dos recursos da região. A busca por agricultura ambientalmente-correta – inclusive a produção de alimento orgânico – assim como o ecoturismo, a busca por produtos farmacêuticos e o reflorestamento foram identificados como possíveis áreas de atividade e investimento. Este projeto utiliza todas as iniciativas regionais e nacionais para elaborar, de maneira colaborativa, programas de conservação e uso sustentável e a harmonização de políticas regionais.

Tecnicamente, corredores biológicos são extensões geográficas cuja função é conectar áreas para sustentar a distribuição da fauna e flora e proporcionar condições naturais que assegurem sua conservação e a de habitats essenciais. Estes habitats são aqueles ecossistemas que são (a) usados pela biota em pelo menos um estágio crítico de seu ciclo de vida; (b) compostos por uma combinação significativa de características abióticas (por exemplo, hidrologia, geologia, geomorfologia) e características bióticas (por exemplo,

alta biodiversidade, produtividade); (c) de grande complexidade estrutural; e (d) áreas que são usadas para reprodução, acasalamento, nutrição e proteção.

O MBC foi concebido como um super-corredor abrigando muitos corredores, ou como um programa envolvendo muitos projetos. No momento, ainda é difícil compreender completamente as áreas de sobreposição e desacordos, pois é possível observar uma série de dicotomias, entre o regional e o nacional, e entre o manejo ambiental local pelas próprias comunidades ou por uma agência externa. A idéia do corredor foi bem recebida pelas comunidades locais, mas até o momento, o impacto local tem sido fraco do ponto de vista social e econômica. O principal desafio futuro da iniciativa será decidir como as estratégias nacionais de desenvolvimento sustentável podem ser vinculadas ao escopo regional. Houve progresso neste aspecto. Os exercícios de planejamento operacional, realizados em 2001, resultaram na decisão de definir a implementação do projeto no nível nacional.

A escala física e extensão do programa do MBC proporcionarão às espécies, na realidade, um escopo significativo para que se adaptem ao impacto de mudança de clima ao proporcionar habitats latitudinais e altitudinais para tal. No entanto, até hoje o escopo para que o MBC contribua para a adaptação não foi considerado sistematicamente no nível programático. É importante que o trabalho científico e experimentos para tal adaptação comecem o quanto antes. É bastante significativo o escopo para que este programa contribua também para a mitigação de gases de efeito-estufa, por meio da eliminação do desmatamento (nas áreas protegidas), para o florestamento e reflorestamento; bem como para a agrosilvicultura. Estas opções também não foram tratadas explicitamente, ou agressivamente, nos componentes nacionais e regionais do programa.

Apesar do MBC ser um vínculo regional para o desenvolvimento sustentável e os objetivos da CDB, é uma grande oportunidade para alavancar ação da UNFCCC.

Fontes de informação

Programme for the Consolidation of the Mesoamerican Biological Corridor. GEF project document.

(www.gefweb.org/wprogram/nov1997/mesoamer.doc).

Miller, Kenton, Elsa Chang, and Nels Johnson, *Defining Common Ground for the Mesoamerican Biological Corridor*. World Resources Institute, Washington, D.C., 2001.

Rivera, V. S.; Cordero, P.M., Cruz, I.A. and Borrás, M.F. (2002) Mesoamerican Biological Corridor and Local Participation. *Parks* 12 (2): 42-54.

6.3.9 Estudo de caso 9. Uganda e Noruega/Investidor privado: Plantações de Árvores para Créditos de Carbono

Tree Farms (TF), uma empresa privada norueguesa, testou um esquema de plantações de árvores na Uganda, em antecipação ao Protocolo de Kyoto e seu CDM. O objetivo aqui foi buscar o florestamento e o reflorestamento de terras. O projeto foi iniciado em 1996 e está em curso. A subsidiária da TF em Uganda, *Busoga Forestry Company Ltd.*, firmou um acordo com autoridades de Uganda para arrendar, por

um período de 50 anos, uma área de 5.160 ha na Reserva Florestal Bukaleba. Projeta-se que 4.260 ha serão plantações e o restante será usado para infra-estrutura e proteção de florestas naturais já existentes. O restante dos 8.000 ha da reserva está arrendado para uma empresa alemã. A TF tem a opção de renovar o contrato por mais 50 anos. As autoridades florestais de Uganda receberão uma única quantia de \$500.000 shillings (NOK 2.600) pelo contrato, bem como um aluguel anual de 5.000 shillings por cada hectare plantado com floresta. Este aluguel seria reajustado a cada 10 anos para refletir a inflação. O acordo de aluguel implica o compromisso de plantar florestas e conduzir atividades florestais modernas dentro da área de concessão. Nenhum aluguel é pago por áreas não plantadas com árvores.

A *Tree Farms* plantou cerca de 600 hectares, principalmente com pinos que é uma árvore de crescimento rápido (*Pinus caribaea*, *P. oocarpa*, *P. tecunumani*) e eucaliptos (*Eucalyptus grandis*). Em algumas áreas menores, a empresa plantou também as espécies de plantas locais *musizi* (*Aesopsis emini*), mogno (*Khaya anthoiheca*) e *musambya* (*Macadanua lutea*). O investimento total da TF, até hoje, foi de NOK 5-6 milhões. As questões, a partir da perspectiva de interessados-chave em relação ao acordo neste momento, são as seguintes:

- A falta de informação e compreensão sobre o Protocolo de Kyoto e mercado de carbono, da parte do governo anfitrião durante a negociação dos termos do acordo, resultou na sensação de que haviam sido ludibriados e tinham haviam acordado preços baixos para o arrendamento da terra por um período razoavelmente longo (50 anos). A percepção de que o custo de oportunidade da terra não havia sido incluído, tão pouco os possíveis retornos lucrativos do comércio de carbono, resultou em tensões que se acumularam ainda mais devido a algumas atividades dos investidores. Em particular, os investidores têm plantado partes da terra arrendada (dentro da F.R.) com milho, mas pelo qual os proprietários não recebem qualquer pagamento, já que o acordo requer pagamento apenas quando são plantadas árvores. Esta prática de plantar milho numa reserva florestal e vender o milho no mercado e competir com o fazendeiro local não é vista de forma positiva.
- A Reserva Florestal Bukaleba tem sido usada pelas comunidades locais desde a década de 1960; e apesar de já terem sido expulsos no início de 1990, eles continuam voltando para a reserva, com alguns reivindicam a apropriação de parte da terra da reserva. As autoridades não têm a capacidade para controlar este movimento, e um estudo realizado em 1999 calculou que cerca de 8.000 pessoas estão vivendo na reserva. O interessante é que os esforços dos fazendeiros para preparar a terra para o cultivo beneficiam a TF pois prepara a terra para a plantação de árvores (como um sistema de *taungya* é praticado na terra arrendada – ou seja, as árvores são plantadas sobre uma camada de resíduos de cultivos). Os fazendeiros não são pagos pelo seu trabalho, mas precisam pagar aluguel à TF para que possam plantar na terra arrendada. Com a falta de subsistências alternativas, o projeto da *Tree Farms* é visto como uma ameaça para a população local.
- Calcula-se que os lucros de carbono após o período de 25 anos, de acordo com os números de CICERO (Centro de Oslo para Pesquisa Internacional sobre Clima e

Meio Ambiente), poderiam variar entre NOK 85-266 milhões³⁴, dependendo do preço por tonelada de CO₂. Por outro lado, o aluguel para as autoridades da Uganda será 2,8 milhões³⁵. A TF também terá outra renda da venda de madeira. Projeta-se que os lucros sejam menores do que o esperado por uma série de razões, esntrretanto, a assimetria dos ganhos entre os dois parceiros ainda será significativa, provavelmente.

- Há uma grande incerteza quanto à quantidade líquida de carbono que será seqüestrada, especialmente diante do fato de que cerca de 8.000 pessoas podem desmatar novas áreas e florestas para sua sobrevivência. As árvores têm sofrido com as constantes podas, retiradas de mudas, ataques por cupins e com a falta de retirada de ervas daninhas . A plantação de novas áreas está atrasada, e com estes lucros questionáveis, as pessoas têm procurado plantar milho para gerar algum lucro no curto prazo. Tudo isto pode resultar em menos seqüestro de carbono do que o esperado pelos elaboradores do projeto.
- Para que o projeto contribuísse para o desenvolvimento sustentável, o que é visto como um objetivo para os países em desenvolvimento para que realizem projetos do tipo CDM, o desenho deste projeto teria se beneficiado da atenção explícita às dimensões ambientais, sociais e econômicas.

É evidente que os principais parceiros não tinham toda a informação necessária ou não lidaram com estas questões explicitamente e diretamente durante o desenho do projeto. A falta de atenção às questões sociais e ambientais, durante o planejamento e negociação dos acordos, resultou em conflitos agrários que enfraquecem a segurança das florestas plantadas para créditos de carbono para os investidores, e a segurança de subsistência das comunidades, e manejo florestal sustentável para as autoridades florestais de Uganda. Ainda não há qualquer processo claro para a resolução ou arbitragem de conflitos, ou manejo adaptável para ajudar a resolver os problemas.

Este projeto ainda não foi validado para créditos de carbono pois as modalidades de CDM ainda estão sob discussão. Mas, mostra alguns dos desafios não apenas em termos de assimetria de informação, mas talvez a necessidade de alguns padrões mínimos de conduta das entidades privadas ao adquirirem créditos usados para a redução de emissões em seus países de origem. Assim como o país anfitrião de um projeto CDM estabeleceria a Avaliação de Impacto Ambiental aceitável, bem como os padrões sociais de um projeto, pode ser útil para o país de origem das entidades privadas estabelecer algumas normas ou regras mínimas de conduta para garantir o uso destes créditos para os alvos nacionais.

Fontes de informação

Harald Eraker (2000) CO2 Colonialism-Norwegian Tree Plantations, Carbon Credits and Land Conflicts in Uganda. Norwatch, Norway.

Norwatch news (www.fivh.no/norwatch).

³⁴ 4.260 ha x 500 toneladas de CO₂ x NOK 125 (ou 85 para o cenário mais baixo)

³⁵ 4.260 ha x NOK 26 x 25 anos.

6.3.10 Estudo de caso 10: Romênia e Fundo Protótipo de Carbono (PCF): Projeto de Florestamento de Áreas Agrícolas Degradadas

O Projeto de Florestamento de Áreas Agrícolas Degradadas propõe florestar 6.854 ha de áreas agrícolas degradadas, pertencentes ao Estado, em 7 países do sudoeste e sudeste da Planície Romena. No sudoeste, o Projeto estabilizaria os solos por meio da plantação de uma espécie seminaturalizada (*Robinia pseudoacacia*). No sudeste, ocorreria a reconstrução ecológica de 10 ilhas terrestres formando um parque natural e um sítio Ramsar no Baixo Danúbio (Pequena Ilha de Braila) por meio do plantio de espécies nativas (*Pupulus alba*, *Pupulus nigra*, *Salix spp.*, *Quercus spp.*). Para ser bem exato, sob as regras do Artigo 3 do Protocolo de Kyoto, o florestamento irá ocorrer em áreas desmatadas há pelo menos 50 anos, ou seja, na maioria das terras do sudoeste, enquanto o reflorestamento irá ocorrer em áreas desmatadas nos últimos 50 anos, mas antes de 31 de dezembro de 1989. Os principais destaques do projeto são:

- Mitigação de mudança de clima por meio do seqüestro de carbono: calcula-se que o projeto irá seqüestrar cerca de 1 milhão de toneladas de dióxido de carbono equivalente, ou cerca de 278.000 t C, por um período de 15 anos. Amostragens de campo feitas em plantações similares sugerem que estas estimativas são conservadoras. Cerca de 80% destas toneladas seria estocada na vegetação, o restante nos solos.
- Uso de recursos financeiros de carbono para restaurar florestas em áreas degradadas: a Romênia tem uma política bastante ambiciosa de expandir sua cobertura florestal para até 100.000 hectares em áreas degradadas, nos próximos anos. No entanto, as estatísticas para a última década revelam que os volumes são de reposição florestal inadequados para alcançar esta meta (durante o período de 1991-2001, a área média florestada anualmente foi um pouco menos de 400 hectares). Um dos fatores principais para explicar isto é simplesmente a falta de financiamento para a Administração Nacional de Florestas (NFA- National Forest Administration), que é a agência pública, porém financeiramente autônoma, encarregada de gerenciar as florestas públicas.

A Romênia foi o primeiro país industrializado (Anexo 1) a ratificar o Protocolo de Kyoto, e no momento está se tornando a anfitriã de alguns projetos de investimento sob o Artigo 6 do Protocolo (implementação conjunta). Sob o Artigo 6, outro país industrializado financiador (neste caso os países aos quais pertencem os 23 Participantes do Fundo Protótipo de Carbono) torna possível a realização de um projeto de mitigação de clima, e em retorno adquire os títulos para as compensações que são geradas pelo projeto no país anfitrião (neste caso, a Romênia).

O Fundo Protótipo de Carbono (PCF) administrado pelo Banco Mundial, em nome de 23 entidades públicas e privadas, é o agente de tais compradores. O PCF irá assinar um Acordo de Aquisição de Reduções de Emissões (*ERPA- Emission Reductions Purchase Agreement*), um contrato de longo prazo que prevê a entrega pela NFA ao PCF de um pouco mais de um milhão de toneladas de dióxido de carbono equivalente ao preço acordado. A contribuição financeira do PCF incentiva NFA a realizar o investi-

mento necessário de US\$ 10 milhões. O projeto foi iniciado em 2002 e tem um período de créditos de 15 anos (até 2017).

Ferramentas e processos de monitoramento

O projeto dependerá de um Plano de Monitoramento muito detalhado desenhado pela NFA e PCF, cujo centro será o controle anual de regeneração da NFA. O monitoramento é essencial para este projeto já que o PCF irá executar seus pagamentos à NFA na entrega anual de toneladas de carbono certificadas independentemente. Sem monitoramento, este sistema fundamentado em resultados sofrerá um colapso.

- Haverá monitoramento durante todo o período do projeto, ou seja, 15 anos.
- O seqüestro de carbono é o principal, mas não o único indicador no projeto. O Plano de Monitoramento prevê o monitoramento de um indicador de aumento de biodiversidade, a saber, o número de espécies de pássaros nas áreas do projeto.
- Os benefícios sociais serão monitorados também. Além disso, a conformidade com as Políticas de Salvaguarda do Banco Mundial (Quadro 5.2) incluem algumas exigências sob a Política do Banco sobre Reassentamento Involuntário. Como o projeto irá antecipar a criação de um parque nacional e afetar adversamente a subsistência de algumas poucas comunidades locais, que praticam o pastoreio sazonal de rebanhos na pequena ilha de Braila, a Política exige que um processo participativo especial seja seguido para determinar como a população afetada poderia ser compensada.
- Adicionalidade. Os benefícios de carbono e biodiversidade são claramente adicionais ao que teria ocorrido no cenário de marco zero, como sugere a evidência para a década passada.
- Vazamento. O projeto assegura que todos os benefícios de carbono alcançados dentro dos limites do projeto não ocorrem às custas de benefícios similares já alcançados no cenário de marco zero. Um nível de 400 ha de florestamento deverá ser mantido além das realizações do projeto.

Fontes de informação

Romania: Afforestation of Degraded Agricultural Land Project. Project Design Document. World Bank.

(<http://www.rosilva.ro/proiecteintl/english/Romania%20Afforestation%20PDD.pdf>)

www.prototypecarbonfund.org

