

The text that follows is a REPRINT
O texto que segue é um REPRINT.

Please cite as:
Favor citar como:

Fearnside, P.M. 2008. Valoração econômica e os serviços ambientais da Amazônia. pp. 55-67 In: A. Rivas, C.E. Freitas & R.R. Mourão (eds.) *Valoração e Instrumentos Econômicos Aplicados ao Meio Ambiente: Alternativas para Proteger a Amazônia*. Instituto -Piatam, Manaus, Amazonas, Brasil. 178 pp.

ISBN 978-85-61684-10-5

Copyright Instituto -Piatam, Manaus, Amazonas

The original publication is available from:
A publicação original está disponível de:

Instituto -Piatam, Manaus, Amazonas

VALORAÇÃO ECONÔMICA E OS SERVIÇOS AMBIENTAIS DA AMAZÔNIA

Philip M. Fearnside

1 – INTRODUÇÃO

A noção de que há uma batalha morante entre “ecologia” e “desenvolvimento” tem sido desmentida tantas vezes que se tornou uma banalidade. Mas o resultado de tais desmentidas normalmente leva a uma trivialidade nova: que “ecologia” e “desenvolvimento” sempre pode ser feita de modo compatível e que isto acontece acrescentando componentes “verdes” aos mesmos projetos de desenvolvimento de sempre. Por exemplo, seria feito por meio de acrescentar a criação de reservas, e projetos para promover sistemas agroflorestais e educação ambiental a um projeto de construção rodoviária. Mas este tipo de “compatibilidade” é frequentemente ilusório, e o fato básico permanece essencialmente tão verdade como sempre era, de que projetos como rodovias conduzem a grandes perdas florestais. A ideia de que qualquer projeto de “desenvolvimento” sempre pode ser feito compatível com o ambiente é errado. Existem conflitos reais onde uma escolha deve ser feita entre um uso de terra ou caminho de desenvolvimento e outro. A suposição geralmente é de que a “desenvolvimento” sempre acaba ganhando em tais situações, e os sistemas de avaliação de impacto ambiental e de licenciamento de obras são pesadamente condicionados nesta direção.

Talvez a mudança mais significativa que faz a ecologia e o desenvolvimento mais compatíveis é o reconhecimento crescente do valor econômico da vegetação natural, sobretudo a floresta amazônica, e a perspectiva de progresso diplomático em direção à criação de mecanismos para recompensar estes serviços financeiramente (Fearnside, 1997, 2008). Em outras palavras, manter a floresta amazônica pode ser um empreendimento sustentável e financeiramente atraente que poderia formar a base de sustentação da população rural na Amazônia. Isto oferece uma alternativa à economia atual, que está baseada na venda de “comodities” produzidas destrutivamente, tais como a madeira, a carne bovina, a soja e a energia elétrica na forma de lingotes de alumínio. O atual trabalho revisará brevemente os serviços ambientais da floresta amazônica, o progresso e desafios na transformação destes serviços em fluxos monetários, e recentes descobertas que fundamentam o nível crescente de preocupação sobre a perda em potencial dos serviços ambientais da floresta amazônica. Este trabalho também mostra a inconsistência entre as posições diplomáticas do Brasil em negociações de clima e a evidência científica que apontam a grandes riscos aos interesses nacionais pela perda dos serviços ambientais da Amazônia.

2 – TIPOS DE SERVIÇOS AMBIENTAIS

Biodiversidade

A avaliação do valor da biodiversidade revela a magnitude da nossa ignorância. Uma parte, mas não tudo, da importância que nós damos à biodiversidade deriva da sua utilidade

para benefícios "materiais", tais como produtos farmacêuticos e material genético. Estes benefícios são reais, mas a tendência em exagerar e/ou romantizar os benefícios é maior no caso da biodiversidade do que para outros tipos de serviços ambientais (veja: Simpson *et al.*, 1996; Fearnside, 1999). Há uma mal entendido comum no sentido de que a biodiversidade é uma fonte de riqueza fácil, como se entrar na floresta e colher folhas das árvores fosse igual a apanhar papaitas de ouro. Este mito contribui à paranoia sobre biopirataria, assim resultando em muitas oportunidades perdidas para a região.

Valor da biodiversidade também inclui componentes sem valor material, tal como o valor da existência. Estes valores representam uma contribuição significativa à vontade para pagar pela manutenção da floresta amazônica (por exemplo, Cartwright, 1985). Uma das características distintas da biodiversidade é que, em muitas formas, se apresente insubstituível. Perda por extinção é permanente, em contraste com as emissões de carbono que podem ser compensadas através de absorções ou pelas emissões evitadas em outro lugar e que podem ser revertidas (embora alguns dos impactos da mudança climática, inclusive a perda de biodiversidade, podem ser irreversíveis). A biodiversidade amazônica corre risco significativo devido à fragilidade da biodiversidade em face a perturbação humana, inclusive à mudança climática (Miles *et al.*, 2004).

Ciclagem d'água

O papel da floresta amazônica no ciclo hidrológico representa um serviço ambiental importante que é importante tanto para manter a floresta amazônica (Foley *et al.*, 2007; Sampaio *et al.*, 2007), assim como para o fornecimento de água para o centro-sul do Brasil e para os países vizinhos (Fearnside, 2004; Correia *et al.*, 2006; Marengo, 2006; D'Almeida *et al.*, 2007). Deveria ser lembrado que o "apagão" de 2001 resultou em blecautes e racionamento de eletricidade em São Paulo, Rio de Janeiro e outras grandes cidades no centro-sul brasileiro. Isto foi causado pela falta de água na cadeia de reservatórios pertencentes aos rios das bacias do Prata e do São Francisco, que formam a espinha dorsal do sistema elétrico do Brasil. O movimento de vapor de água da Amazônia para o centro-sul do Brasil é maior no período de dezembro a fevereiro, que coincide com a estação chuvosa na região centro-sul e representam a época crítica quando os reservatórios enchem. Se as chuvas falharem durante este período, os reservatórios não encherão durante o resto do ano e a geração de eletricidade será insuficiente. Apesar da incerteza sobre a quantidade de água transportada, eventos como o de 2001 podem ser mais frequentes se a Amazônia fosse convertida em uma pastagem gigantesca.

Armazenamento de carbono

O armazenamento de carbono, que evita emissões de gases de efeito estufa, é o serviço ambiental que é mais eminente para gerar fluxos monetários significativos para a Amazônia. O aquecimento global é um problema mundial, diferente da perda das funções de ciclagem de água da Amazônia, que são restritas ao Brasil e aos países vizinhos. Embora a perda da biodiversidade também seja uma preocupação global, a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) está muito atrás da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima (UN-FCCC) em termos de ter quantidades significativas de recursos financeiros sob negociação que poderiam ser usadas para manter a floresta amazônica. A CDB está focalizada na regulamentação da propriedade intelectual para os

povos tradicionais em áreas de alta biodiversidade, o que pode gerar renda a longo prazo caso sejam descobertas novas drogas e outros produtos comercializáveis. No entanto, só pode ser esperado que isto aconteça várias décadas no futuro, dadas as exigências de tempo para pesquisar e testar produtos farmacêuticos. Em contraste a isto, é preciso uma ação imediata para combater o efeito estufa, e portanto evitar os gases de efeito estufa emitidos pelo desmatamento traria benefícios climáticos imediatos.

A recompensa dos benefícios de carbono por evitar o desmatamento tropical ainda não é permitida sob o Protocolo de Kyoto, devido aos problemas geopolíticos que cercaram as negociações quando foram acordadas as regras que governam o Primeiro Período de Compromisso do Protocolo, de 2008 a 2012 (Fearnside, 2001). No entanto, conferência das partes, realizada em Bali em dezembro de 2007, resultou em um acordo de que a floresta tropical seria incluída para o período que começa em 2013, mas as regras que governam esse período ainda precisam ser negociadas. Uma série de incidentes afetou o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) durante os seus primeiros anos de operação, resultando em créditos concedidos a um número grande de projetos sem real benefício climático. Embora a exclusão atual do desmatamento evitado do MDL signifique que estes problemas estão acontecendo em outros tipos de atividade de mitigação, a lição a ser aprendida é que regulamentos mais estritos são necessários.

Reduzir as incertezas nas estimativas de estoques de biomassa é uma alta prioridade, tanto para alcançar um entendimento melhor dos equilíbrios atmosféricos globais de gás carbônico (CO_2), metano (CH_4) e óxido nítrico (N_2O), como para prover a certeza necessária para creditar os benefícios climáticos de emissões reduzidas de desmatamento e degradação (conhecido pela sigla em inglês, REDD). Recentes avanços melhoraram estimativas de biomassa de floresta significativamente, especialmente no Arco de Desmatamento onde aproximadamente 80% da atividade do desmatamento no Brasil acontece. Valores revisados de biomassa incluem ajustes ao volume de madeira calculado de aproximadamente 3.000 parcelas de 1 ha nas florestas da Amazônia Legal inventariadas pelo Projeto RADAMBRASIL nos anos 1970 e no início dos anos 1980 (Brasil, Projeto RADAM BRASIL, 1973-1983), inclusive ajustes para diferenças regionais na altura da altura das árvores no volume de madeira e nos valores de densidade de madeira e do conteúdo de água usadas para converter volume em biomassa, assim como também o fator de expansão que representa as copas das árvores e as outras partes das árvores, excluindo-se os troncos, e para representar as árvores em classes diamétricas abaixo do mínimo incluído nos levantamentos das parcelas (Nogueira *et al.*, 2005, 2006, 2007, 2008 a, b, s/d). Estes ajustes reduziram as estimativas de emissão de carbono anual em 24 milhões de toneladas, ou aproximadamente o triplo da quantidade emitida anualmente por combustíveis fósseis na cidade de São Paulo. A redução da incerteza e as demandas feitas para a exatidão dos cálculos de carbono são fatores fundamentais que determinam a quantidade de crédito que é efetivamente dada aos serviços ambientais da floresta por evitar o efeito estufa (Fearnside, 2000). Atualmente, projetos sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, do Protocolo de Kyoto (que é vetado creditar desmatamento evitado até 2013) é obrigada limitar a 10% a incerteza nos cálculos de carbono, um nível que é excedido significativamente por nossas estimativas atuais de emissões de desmatamento.

3 – VALORAÇÃO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS

Na valoração dos serviços ambientais, a pergunta de quanto dinheiro "deveria" ser pago aos valores dos serviços ambientais não é igual a quanto se pode realisticamente esperar receber como pagamento. A pergunta de quanto "deveria" ser o valor pago frequentemente é abordada por meio do valor de substituição. Para muitos serviços essenciais estes custos seriam astronômicos. Por exemplo, se a chuva que cai em uma determinada região diminuir, a opção de transportar água para substituir a chuva normalmente seria considerada apenas uso de alta prioridade, como água potável para populações humanas. A agricultura normalmente teria que se "adaptar", mudando para usos da terra que exigissem menos água (e absorvendo uma perda financeira por causa do valor mais baixo da produção), enquanto os ecossistemas naturais seriam simplesmente relegados para encontrar um novo equilíbrio, por exemplo, com florestas sendo substituídas por savanas.

Quando o serviço é armazenamento de carbono para evitar o efeito estufa, o custo das danos do aumento de temperatura que seria evitado armazenando o carbono fornece uma base para valor. Os impactos muito diversos do efeito estufa são espalhados ao redor do mundo e acontecem ao longo de várias décadas. Um problema difícil é o valor atribuído ao tempo (por exemplo, por meio de uma taxa de desconto, seja zero ou não) e o horizonte de tempo considerado. Propostas variam desde zero (Kirschbaum, 2006) até os descontos de 10-12% anuais que caracterizam os cálculos financeiros (van Kooten *et al.*, 1997). Este autor propõe taxas anuais de desconto na faixa de 1-2% (ou equivalente sob métodos alternativos de contabilidade), com um horizonte de tempo de 100 anos (Fearnside, 2002a,b; Fearnside *et al.*, 2000). O desconto dado ao carbono é crítico para a questão de se a manutenção de floresta recompensada para benefícios climáticos (Fearnside, 1995; Kim *et al.*, 2008). Outra área de controvérsia é a maneira em que é tratada a perda de vida humana. A atribuição de valor monetário à perda de vida humana está carregada com aspectos morais, especialmente quando são atribuídos valores diferentes a vidas em locais diferentes (uma noção que tem sido combatida por este autor). As controvérsias que cercaram o tratamento deste assunto no Segundo Relatório de Avaliação, do Grupo de Trabalho III do IPCC (Pearce *et al.*, 1996) resultaram em relatórios subsequentes que evitaram qualquer quantificação dos valores dos danos. A proposta deste autor para uma dupla contabilidade, separando vida humana dos outros impactos, isto resolveria o problema para fins de comparar opções de mitigação, mas não produziria um valor para a porção de vida humana para uso no cálculo do valor monetário de evitar cada tonelada de emissão de carbono (Fearnside, 1998).

O cálculo teórico do valor de serviços "ecossistêmicos", inclusive as funções hidrológicas, de polinização e até mesmo de beleza cênica, levou a estimativas astronômicas do valor monetário, tais como os 33 trilhões de dólares por ano calculados por Costanza *et al.* (1997, 1998) para o valor dos ecossistemas naturais da Terra e os valores semelhantes calculados por Pimentel *et al.* (1997). Tais cálculos têm uma utilidade ilustrativa em mostrar que os ecossistemas naturais são muito valiosos, mas os números gerados estão desconectados da perspectiva de serem traduzidos em pagamentos reais.

Um número crescente de projetos e programas para pagamento de serviços ambientais tem sido estabelecido em países diferentes. Serviços hidrológicos frequentemente formaram

a base de valor. O conhecido programa governamental para pagamento de serviços ambientais na Costa Rica está baseado em área de floresta, independente do estoque de carbono, grau de ameaça ou outros fatores. O programa é frequentemente criticado pelos seus aspectos sociais: em lugar de beneficiar os agricultores locais, beneficia, em grande parte, danos de terra ausentes que têm o conhecimento e as conexões para obter os benefícios (Grieg-Gran *et al.*, 2005; Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2007).

No México um programa na região de Chiapas tem demonstrado a praticidade de acompanhar os estoques de carbono em uma paisagem composta de parcelas de sistemas agroflorestais e de outros usos da terra de pequenos agricultores com a finalidade de recompensar os benefícios de armazenamento de carbono (Tipper & De Jong, 1998; De Jong *et al.*, 2004). Isto é importante por causa das grandes áreas nos trópicos para as quais tais benefícios poderiam ser aplicados.

No Estado do Amazonas, o governo estadual começou um programa de pagamento de serviços ambientais em 2007 para compensar os residentes em áreas protegidas estaduais, tais como Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS), mediante um compromisso formal para não desmatar. O pagamento é feito em parte na forma de um pagamento mensal modesto (atualmente R\$50/família de "Bolsa Floresta") e em parte na forma de uma verba para a organização comunitária em cada reserva (Viana & Campos, 2007). O monitoramento é para ser uma combinação de interpretação de imagens de satélite e relatórios anuais das organizações comunitárias.

O valor atual da Bolsa Floresta está baseado em uma taxa fixa por família, sem distinção com relação à área de desmatamento evitada, o estoque de carbono, etc. As quantias pagas representam um julgamento político equilibrando os fundos limitados disponíveis para este propósito e o número de famílias que poderiam ser beneficiadas. O estabelecimento de um programa de pagamento de serviços ambientais deste tipo tem uma importância que vai além das quantidades de carbono armazenadas e dos outros serviços ambientais envolvidos. Isto se deve ao papel de proporcionar uma fonte de experiência local na recompensa de serviços ambientais na Amazônia. Isto poderia fornecer a base para muitos programas futuros maiores. Os perigos contra os quais a maior vigilância é necessária são: primeiro, que não se permitir a degeneração do programa em uma distribuição populista de benefícios para comprar apoio político; e segundo, evitar que algum escândalo financeiro pudesse surgir envolvendo os fundos captados no exterior para apoiar o programa. Qualquer um destes teria consequências sérias para a transição necessária da economia na Amazônia do seu modelo atual, baseado na destruição da floresta, em um modelo baseado em manter a floresta em pé.

Uma transformação em grande escala da economia da região amazônica requererá uma fonte de fundos muito maior da que aquela que poderia ser obtida em qualquer época a partir do orçamento do governo, seja ao nível federal ou estadual. Requererá aproveitar as quantias volumosas de dinheiro que os países do mundo terão que alocar para lutar contra o efeito estufa nos próximos anos. Se o compromisso seja suficiente para que o efeito estufa seja controlado, a redução em emissões e o custo correspondente de mitigação, terão que ser muitas vezes maiores do que têm sido até agora. Por exemplo, durante a conferência das partes, em Bali, em 2007, mais de 200 cientistas assinaram uma declaração que pede que as emissões globais sejam reduzidas em 50% abaixo do

nível de 1990 até 2050 (Kintisch, 2007). Isto significa que programas voluntários, inclusive o fundo voluntário proposto pela Brasil na conferência de Bali, não atrairão recursos nesta escala. Se os países do mundo se tornarem serios em controlar o aquecimento global, terão que comprometer tanto dinheiro para alcançar as reduções de emissões formalmente acordadas, que não terão dinheiro sobrando para programas voluntários. É, portanto, do interesse da Brasil assumir um limite nacional sobre as emissões sob o Protocolo de Kyoto, ou acordos sucessores, e pressionar para a inclusão plena e limitada de crédito internacionalmente comercializado para desmatamento evitado como medida de mitigação para todos os países.

O valor de mitigação de mudança climática atribuído às reservas de floresta depende muito em como a contabilidade é feita, e muitas das decisões a respeito ainda estão sob negociação. Apenas reservas perto da fronteira de desmatamento têm valor apreciável se a contabilidade for baseada em "adicionalidade", que significa a comparação das emissões observadas depois de implantar uma reserva ou outra medida de mitigação com as emissões que teriam acontecido em um cenário "linha de base" hipotético, sem mitigação. Tem sido feitas muitas propostas sobre como deveriam ser construídas tais linhas de base (veja revisões por: Brown et al., 2007; Sathaye & Andrasko, 2007). O balanço entre custo e crédito de carbono pode significar que as prioridades para o carbono e para a biodiversidade não sejam as mesmas (Fearnside & Ferraz, 1995; Fearnside, 2003). O valor atribuído ao tempo nos cálculos, como por uma taxa de desconto para carbono, influencia muito na quantidade de crédito de carbono que uma reserva pode ganhar, taxas de desconto baixas favorecem as reservas quando comparado com outras opções de mitigação (Fearnside, 2002a,b, 2008b; Fearnside et al., 2000).

Um paradigma de contabilidade alternativo, baseado em estoques em lugar de fluxos, dá muita mais prioridade às reservas (Fearnside, 1997). Sob o Protocolo de Kyoto, de dezembro de 1997, o carbono tem sido calculado baseado em mudanças nos fluxos, mas a aproximação baseada em estoques tem ressurgido recentemente em propostas para crédito dentro da "Iniciativa de Amazonas", lançada pelo Governo do Estado do Amazonas (Viana & Campos, 2007). Para áreas que estão longe da fronteira de desmatamento, como o grande bloco de floresta intacta na parte ocidental do Estado do Amazonas, uma abordagem baseada em estoques é essencial para recompensar o valor climático de florestas e apoiar a criação e manutenção de áreas protegidas antes da chegada da fronteira, o que faz a criação de reservas muito mais difícil financeiramente e politicamente.

4 – AMEAÇAS AOS SERVIÇOS AMBIENTAIS

A mudança climática representa uma ameaça significativa dos serviços ambientais da floresta amazônica. Diferentes modelos de clima geraram uma grande variedade de resultados para o clima futuro na Amazônia. Um número significativo de 15 modelos examinados por Salazar et al. (2007) e de 23 modelos examinados por Malhi et al. (2008) indica que a Amazônia, especialmente a porção oriental da região, se tornará mais seca, assumindo as características climáticas que tipificam áreas com vegetação de savana. Um modelo em particular, o do Centro Hadley, do Escritório Meteorológico do Reino Unido, mostra uma mortandade catastrófica da floresta amazônica até aproximadamente 2080 como resultado de um El Niño permanente ou quase permanente que forma devido

do aquecimento da água no Oceano Pacífico (Cox *et al.*, 2000, 2004). Estes resultados assumem o valor mais provável para a sensibilidade climática, o que significa a quantia pela qual a temperatura média da Terra em equilíbrio aumentaria se a concentração de CO₂ na atmosfera fosse alcançar o dobro do nível pré-industrial de 280 ppm. Porém, este valor mais provável implica que há uma chance de 50% que o valor verdadeiro da sensibilidade climática seja mais alto do que o valor que foi usado na simulação. Se fosse exigida 95% de certeza que o valor usado de sensibilidade climática refletisse o valor verdadeiro, então a Amazônia se sobressairia como a região do mundo com o maior aumento da temperatura (Stainforth *et al.*, 2005). Subsequentes revisões para baixo da distribuição de probabilidade nesta faixa de sensibilidade climática alta (Hegerl *et al.*, 2006) ainda deixariam a região com temperaturas bem maiores que as tolerâncias da floresta. No lado bom, o modelo do Centro Hadley significativamente superestima a temperatura e comprimento da estação seca do clima atual na Amazônia (Cândido *et al.*, 2007). Porém, as mudanças simuladas excedem as tolerâncias das árvores amazônicas em tanto que uma mortalidade ainda aconteceria se as expectativas de temperatura e precipitação futura fossem em proporção à superestimativa observada para o clima atual. Além disso, as simulações do modelo do Centro Hadley e outros modelos refletem apenas o efeito da temperatura aumentada e da chuva reduzida na floresta; há outros fatores que fariam o impacto na floresta mais severo. Estes fatores omitidos incluem o desmatamento direto, a perturbação da floresta por exploração madeireira, os efeitos de borda, e as retroalimentações entre estes efeitos. A interação entre a mudança climática e a expansão de incêndios florestais têm um grande potencial para destruir a floresta amazônica (por exemplo, Nepstad *et al.*, 1999).

Além do clima na parte norte da Amazônia mais quente e mais seco que seria provocado por maior frequência de eventos El Niño, como o evento que provocou o "Grande Incêndio de Roraima" em 1997-1998, outra mudança de clima significativa mostrada pelo modelo do Centro Hadley acontecerá nas porções ocidentais e sul da região em consequência de aumento da temperatura de água no Oceano Atlântico. Isto é o que aconteceu durante a seca dramática de 2005, quando níveis de água nos afluentes no lado sul do Rio Amazonas alcançaram níveis muito baixos, isolando muitas comunidades ribeirinhas, matando peixes e provocando incêndios florestais no Acre e no sul do Amazonas (por exemplo, Fearnside, 2006; Marengo *et al.*, 2008). Intensificação de um gradiente de temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico entre uma mancha mais morna na parte sul do Atlântico Norte e uma mancha mais fria na parte norte do Atlântico Sul significativamente reduz a chuva observada na parte ocidental da Amazônia (Cox *et al.*, 2008). A formação de uma mancha de água morna no Atlântico Norte se deve ao efeito estufa no evento de 2005, que deu a força na furacão Katrina em Nova Orleans e que provocou a seca de 2005 na Amazônia. Neste evento, 45% do aumento de temperatura da superfície do mar era diretamente atribuível ao efeito estufa, e muita do restante era indiretamente atribuível a mesma causa (Trenberth & Shea, 2006). Esperado que o progresso contínuo na eliminação da poluição por aerossóis, especialmente de fontes urbanas no Hemisfério Norte, aumente substancialmente a probabilidade de água morna no Atlântico e de eventos tão severos quanto a seca de 2005. Aquilo que era um evento de um ano em vinte, em 2005 se tornaria um evento de um ano em dois até 2025 e um evento de nove anos em dez até 2060 (Cox *et al.*, 2008).

A perspectiva de que a floresta pudesse morrer devido à mudança climática foi, ironicamente, usada por alguns grupos opostos à concessão de crédito de carbono para o desmatamento evitado (veja Fearnside, 2001). Na visão deste autor, tais posições contribuem para transformar os cenários catastróficos para a Amazônia em profecias que se auto-realizam, e que todas as envolvidas têm que ter a coragem de apostar no sucesso dos esforços de mitigação, incluindo o desmatamento evitado, para controlar a mudança climática catastrófica. Em todo caso, qualquer perigo ao clima de conceder crédito ao desmatamento evitado em floresta tropical poderia ser solucionado pelo uso de reduções de emissões certificadas temporárias (conhecidas pela sigla em inglês, t-CERs), como atualmente implementada para projetos de plantações silviculturas sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

A perda de floresta amazônica e seus serviços ambientais é intimamente ligada ao debate global sobre a definição de mudança climática "perigosa". A UN-FCCC (Artigo 2) especifica como seu objetivo evitar concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa que causam "interferência perigosa com o sistema de clima global", e negociações já começaram sobre a definição deste nível, seja em termos de uma concentração de CO₂ e seu equivalente em outros gases ou em termos de um limite sobre o aumento de temperatura. A União Europeia adotou um aumento máximo da temperatura global média de 2°C sobre a temperatura pré-industrial como a definição de mudança climática perigosa, e isto corresponde aproximadamente ao limite de tolerância da floresta amazônica. Uma concentração de CO₂ equivalente de cerca de 400 ppmv (inclusive o efeito de gases traço) teria que ser mantida para alcançar este objetivo, com um nível razoável de risco de exceder o limite de 2°C (Hare & Meinshausen, 2006). James Hansen, do Instituto Goddard de Estudos Espaciais, argumenta para que o limite seja de 350 ppmv (OESP, 2008). O mais perturbador é que o Ministério das Relações Exteriores (MRE) do Brasil recusou a assumir uma posição sobre o assunto e especificamente recusou endossar o limite de 2°C (por exemplo, Angela, 2007). Evidentemente, o MRE gostaria de adiar uma decisão (e limites consequentes sobre emissões) durante o máximo de tempo possível, deixando o Brasil livre para emitir gases sem restrição durante mais tempo. Gostaria, também, de ter a cota mais alta possível quando finalmente não poderá ser adiada mais o hora para limitar as emissões do País. Esta posição está completamente oposta aos interesses nacionais para qual a manutenção dos serviços ambientais da floresta amazônica deve ser a primeira prioridade.

5 – CONCLUSÕES

Os serviços ambientais da floresta amazônica na manutenção da biodiversidade, da ciclagem de água e o armazenamento de carbono têm valor direto para toda a população do Brasil, além do valor de potencial como uma fonte de renda financeira para substituir a atual economia destrutiva na Amazônia e manter de forma sustentável população no interior amazônica. A perda destes serviços implica, entre outros impactos, uma redução na provisão de vapor de água para o centro-sul do Brasil, onde esta água é essencial para as represas hidrelétricas que fornecem eletricidade às principais cidades do País. A contribuição do desmatamento amazônico é significativa nas emissões de carbono, e conter este processo teria benefícios imediatos em evitar o efeito estufa. Transformar estes benefícios em fluxos monetários é o serviço ambiental mais provável para alcançar um valor financeiro significativo a curto ou médio prazo. A floresta e seus serviços não

só são ameaçadas pelo desmatamento mas, também, pela mudança climática. A posição do Ministério das Relações Exteriores do Brasil resistindo à adoção de limites globais e nacionais sobre as emissões indica que a importância dos serviços ambientais da floresta ainda não é entendida pelos diplomatas, que estão tomando decisões críticas que afetam o curso futuro da história na Amazônia.

6 – AGRADECIMENTOS

O Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq; Proc. 306031/2004-3, 557152/2005-4, 420199/2005-5, 474548/2006-6, 305880/2007-1), Rede GEOMA e Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA; PRJ02.12) contribuíram com apoio financeiro. Agradeço à P.M.L.A. Graça pelos comentários.

7 – REFERÊNCIAS

Angelo, C. 2007. "Brasil terá compromissos ambiciosos sobre o clima". Folha de São Paulo 08 de julho de 2007, p. A-16.

Brazil. RADAMBRASIL. 1973-1983. *Levantamento de Recursos Naturais*. Vols. 1-23. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Rio de Janeiro.

Brown, S., M. Hall, K. Andrasko, F. Ruiz, W. Marzoli, G. Guerrero, O. Mosera, A. Dushku, B. DeJong & J. Cornell. 2007. *Baselines for land-use change in the tropics: application to avoided deforestation projects*. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 1001-1026.

Cândido, L.A., A.O. Manzi, J. Tota, P.R.T. da Silva, F.S.M. da Silva, R.M.N. dos Santos & F.W.S. Correia. 2007. *O Clima atual e futuro da Amazônia nos Cenários do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas: a questão da savanização*. *Ciência e Cultura* 59(3): 44-47.

Cartwright, J. 1985. *The politics of preserving natural areas in Third World states*. *The Environmentalist* 5(3): 179-186.

Correia, F.W.S., R.C.S. Alvalá & A.O. Manzi. 2006. *Impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia: um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA)*. *Revista Brasileira de Meteorologia* 21(3a): 153-167.

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 & M. van den Belt. 1997. *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. *Nature* 387: 253-260.

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 & M. van den Belt. 1998. *The value of the World's ecosystem services and natural capital*. *Ecological Economics* 25(1): 3-15.

Cox, P.M., R.A. Betts, M. Collins, P. Harris, C. Huntingford & C.D. Jones. 2004. *Amazonian dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century*. Theoretical and Applied Climatology 78: 137-156.

Cox, P.M., R.A. Betts, C.D. Jones, S.A. Spall & I.J. Tett. 2000. *Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model*. Nature 408: 184-187.

Cox, P.M., P.P. Harris, C. Huntingford, R.A. Betts, M. Collins, C.D. Jones, T.E. Jupp, J.A. Marengo & C.A. Nobre. 2008. *Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution*. Nature 453: 212-215.

D'Almeida, C., C.J. Vorosmarty, G.C. Hurtt, J.A. Marengo, S.L. Dingman & B.D. Keimig. 2007. *The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia: A review on scale and resolution*. International Journal of Climatology 27: 633-647.

De Jong B.H.J., E.E. Bazán & S.Q. Montalva. 2004. *Application of the Climafor baseline to determine leakage: The case of Satele Te*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 12(6): 1153-1168.

Fearnside, P.M. 1995. *Global warming response options in Brazil's forest sector: Comparison of project-level costs and benefits*. Biomass and Bioenergy 8(5): 309-322.

Fearnside, P.M. 1997. *Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonia*. Ecological Economics 20(1): 53-70.

Fearnside, P.M. 1998. *The value of human life in global warming impacts*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 3(1): 83-85.

Fearnside, P.M. 1999. *Biodiversity as an environmental service in Brazil's Amazonian forests: Risks, value and conservation*. Environmental Conservation 26(4): 305-321.

Fearnside, P.M. 2000. *Uncertainty in land-use change and forestry sector mitigation options for global warming: Plantation silviculture versus avoided deforestation*. Biomass and Bioenergy 18(6): 457-468.

Fearnside, P.M. 2001. *Saving tropical forests as a global warming countermeasure: An issue that divides the environmental movement*. Ecological Economics 39(2): 167-184.

Fearnside, P.M. 2002a. *Why a 100-year time horizon should be used for global warming mitigation calculations*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 7(1): 19-30.

Fearnside, P.M. 2002b. *Time preference in global warming calculations: A proposal for a unified index*. Ecological Economics 41(1): 21-31.

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

Fearnside, P.M. 2004. *A água de São Paulo e a floresta amazônica*. *Ciência Hoje* 34(203): 63-65.

Fearnside, P.M. 2006. *A vazante na Amazônia e o aquecimento global*. *Ciência Hoje* 38(231): 76-78.

Fearnside, P.M. 2008a. *Amazon forest maintenance as a source of environmental services*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 80(1): 101-114.

Fearnside, P.M. 2008b. *On the value of temporary carbon: A comment on Kirschbaum*. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 13(3): 207-210.

Fearnside, P.M. & J. Ferraz. 1995. *A conservation gap analysis of Brazil's Amazonian vegetation*. *Conservation Biology* 9(5): 1134-1147.

Fearnside, P.M., D.A. Lashof & P. Moura-Costa. 2000. *Accounting for time in mitigating global warming through land-use change and forestry*. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 5(3): 239-270.

Foley, J.A., G.P. Asner, M.H. Costa, M.T. Coe, R. DeFries, H.K. Gibbs, E.A. Howard, S. Olson, J. Patz, N. Ramankutty & P. Snyder. 2007. *Amazonia revealed: Forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin*. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(1): 25-32.

Grieg-Gran, M., I. Porras & S. Wunder. 2005. *How Can Market Mechanisms for Forest Environmental Services Help the Poor? Preliminary Lessons from Latin America*. *World Development* 33(9): 1511-1527.

Hare, B. & M. Meinshausen. 2006. *How much warming are we committed to and how much can be avoided?* *Climatic Change* 75: 111-149.

Hegerl, G.C., T.J. Crowley, W.T. Hyde & D.J. Frame. 2006. *Climate sensitivity constrained by temperature reconstructions over the past seven centuries*. *Nature* 440: 1029-1032.

Kim, M.-K., B.A. McCarl & B.C. Murray. 2008. *Permanence discounting for land-based carbon sequestration*. *Ecological Economics* 64: 763-769.

Kintisch, E. 2007. *Researchers' Folly in Bali*. *Science* 318: 1855.

Kirschbaum, M.U.F. 2006. *Temporary carbon sequestration cannot prevent climate change*. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11(5-6): 1151-1164.

Malhi, Y., J.T. Roberts, R.A. Betts, T.J. Killeen, W. Li & C.A. Nobre. 2008. *Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon*. *Science* 319: 169-172.

Marengo, J.A. 2006. *On the hydrological cycle of the Amazon Basin: A historical review and current state-of-the-art*. *Revista Brasileira de Meteorologia* 21(3a): 1-19.

- Marengo, J.A., C.A. Nobre, J. Tomasella, M.D. Oyama, G. Sampaio de Oliveira, R. de Oliveira, H. Camargo, L.M. Alves & J.F. Brown. 2008. *The drought of Amazonia in 2005*. Journal of Climate 21: 495-516.
- Miles, L., A. Grainger & O. Phillips. 2004. *The impact of global climate change on tropical biodiversity in Amazonia*. Global Ecology and Biogeography 13(6): 553-565.
- Nepstad, D.C., A. Alencar, C. Nobre, E. Lima, P. Lelebyre, P. Schlesinger, C. Potter, P. Moutinho, E. Mendoza, M. Cochrane & V. Brooks. 1999. *Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire*. Nature 398:505-508.
- Nogueira, E.M., P.M. Fearnside & B.W. Nelson. 2008a. *Normalization of the wood density data used in estimates of above-ground live biomass in Amazon forests*. Forest Ecology and Management (no prelo) doi: 10.1016/j.foreco.2008.06.001
- Nogueira, E.M., P.M. Fearnside, B.W. Nelson & M.B. França. 2007. *Wood density in forests of Brazil's 'arc of deforestation': Implications for biomass and flux of carbon from land-use change in Amazonia*. Forest Ecology and Management 248(3): 119-135.
- Nogueira, E.M., P.M. Fearnside, B.W. Nelson, R.L. Barbosa & E.W.H. Keizer. s.d. *Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories*. (manuscrito)
- Nogueira, E.M., B.W. Nelson & P.M. Fearnside. 2005. *Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil*. Forest Ecology and Management 208(1-3): 261-286.
- Nogueira, E.M., B.W. Nelson & P.M. Fearnside. 2006. *Volume and biomass of trees in central Amazonia: Influence of irregularly shaped and hollow trunks*. Forest Ecology and Management 227(1-2): 11-21.
- Nogueira, E.M., B.W. Nelson, P.M. Fearnside, M.B. França & A.C.A. de Oliveira. 2008b. *Tree height in Brazil's "arc of deforestation": Shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass*. Forest Ecology and Management 255: 2963-2972.
- OESP. 2008. *'Metas de emissão de CO₂ são desastre garantido, diz cientista'*. O Estado de São Paulo (OESP). 08/04/2008. <http://www.ambientebrasil.com.br/80/noticias/index.php3?action=ler&id=37423>
- Peterson, D.W., W.R. Cline, A.N. Achanta, S. Fankhauser, R.K. Pachauri, R.S.J. Tol & P. Veloso. 1996. *The social costs of climate change: Greenhouse damage and the benefits of control*. pp. 179-224. In: J.P. Bruce, H. Lee & E.F. Haites (eds.) *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions-Contributions of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Pimentel, D., C. Wilson, C. McCullum, R. Huang, P. Dwen, J. Flack, O. Tran, T. Saltman & B. Cliff. 1997. *Economic and environmental benefits of biodiversity*. BioScience 47(11): 747-757.

Salazar, L.F., C.A. Nobre & M.D. Oyama. 2007. *Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America*. Geophysical Research Letters 34: L09708. doi: 10.1029/2007GL029695.

Sampaio, G., C.A. Nobre, M.H. Costa, P. Satyamurty, B.S. Soares-Filho & M. Cardoso. 2007. *Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion*. Geophysical Research Letters 34: L17709. doi: 10.029/2007GL030612.

Sánchez-Azofeifa, A., A. Plaff, J.A. Robalino, J.P. Boomhower. 2007. *Costa Rica's payment for environmental services program: Intention, implementation, and impact*. Conservation Biology 21: 1165-1173.

Sathaye, J.A. & K. Andrasko. 2007. *Land use change and forestry climate project regional baselines: A review*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 12(6): 971-1000.

Simpson, R.D., R. Sedjo & J.W. Reid. 1996. *Valuing biodiversity for use in pharmaceutical research*. Journal of Political Economy 104(1): 163-185.

Stanforth D.A., T. Aina, C. Christensen, M. Collins, N. Faull, D.J. Frame, J.A. Kettleborough, S. Knight, A. Martin, J.M. Murphy, C. Piani, D. Sexton, L.A. Smith, R.A. Spicer, A.J. Thorpe & M.R. Allen. 2005. *Uncertainty in predictions of the climate response to rising levels of greenhouse gases*. Nature 433: 403-406.

Tipper R. & B.J. De Jong. 1998. *Quantification and regulation of carbon offsets from forestry: Comparison of alternative methodologies, with special reference to Chiapas, Mexico*. Commonwealth Forestry Review 77(3): 219-227.

Trenberth, K.E. & D.J. Shea. 2006. *Atlantic hurricanes and natural variability in 2005*. Geophysical Research Letters 33: L12704. doi: 10.1029/2006GL026894.

Vari Kooten, G.C., A. Granger, E. Ley, G. Morland & B. Solberg. 1997. *Conceptual issues related to carbon sequestration: Uncertainty and time*. Critical Reviews in Environment, Science and Technology 7(special): S65-S82.

Viana, V. & M.L. Campos. 2007. *Bolsa Floresta: Recompensa para Quem Conserva a Floresta em Pê*. Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS), Manaus, Amazonas. 13 p.