



O CARBONO E A AMAZÔNIA

O INCERTO CONHECIMENTO ATUAL E ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DE EMISSÕES

Antonio Donato Nobre e Carlos Afonso Nobre

Cada novo resultado anunciado de observações, experimentos e simulações com relação ao carbono na Amazônia produz sobressaltos. Como funciona este vasto repositório de carbono na forma de florestas? Seria um sumidouro, uma fonte ou estaria em equilíbrio com a atmosfera? O que esperar do comportamento futuro deste massivo estoque nos cenários de mudanças climáticas? Apesar dos esforços sem precedentes de pesquisas no Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), e da abundância e va-

riedade dos seus resultados, poucos números a respeito das trocas de CO₂ entre a superfície e a atmosfera são amplamente representativos e estão além de questionamentos. Entretanto, o que se aprendeu nos últimos anos sobre o funcionamento e a complexidade da floresta, as ligações com o ciclo da água e suas várias implicações no ciclo do carbono, tornou-se muito significativo. A partir desses novos conhecimentos, os modelos matemáticos começam a adquirir competência para integrar variáveis complexas e assim resolver incertezas.

Processos da vida governam estoques, fontes e sumidouros

Ilustração de abertura:

Queimada na região do rio Purus em 1903. Fotografia de Ernst Lohse.

©Coleção Fotográfica/Arquivo Guilherme de La Penha/Museu Paraense Emílio Goeldi.

No dossel da floresta o ecossistema encontra os ventos, a luz, a chuva, e é onde a maior parte das trocas de carbono se dá. É nesta difusa e complexa interface aérea que, na Amazônia, as 14 torres de fluxo operacionais do projeto LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia) monitoram continuamente e por anos o gás carbônico e a água liberados ou absorvidos pelo complexo solo-floresta. Os ventos que sopram por sobre as copas promovem uma mistura dos gases trocados entre os organismos e o ar envolvente. Registrando-se muitas vezes por segundo as flutuações na mistura e os movimentos deste ar, pode-se inferir sobre a quantidade de moléculas de CO₂ transportadas e qual a direção do fluxo. Durante a noite a respiração das plantas, animais e microorganismos, processo em que a glicose é transformada em CO₂, determina uma liberação do ecossistema para a atmosfera. Durante o dia, com a luz do sol propelindo o maquinário bioquímico da fotossíntese que transforma o CO₂ em glicose nas folhas, predomina um saldo de troca para as plantas e a direção do fluxo se inverte para uma absorção no ecossistema. Moléculas de glicose produzidas na fotossíntese são conectadas em cadeias repetitivas, formando celulose e uma miríade de outros compostos orgânicos, utilizados para construção de tecidos em plantas e animais. A massa destes tecidos orgânicos, vivos ou mortos, é também chamada de biomassa. Portanto, a biomassa da floresta representa, em uma simplificação elucidativa, um estoque de carbono resultante da acumulação de saldos das trocas do gás carbônico com a atmosfera. Para uma floresta madura e não perturbada, o total bruto de carbono retirado em um ano do reservatório atmosférico pela fotossíntese pode passar de 30 toneladas por hectare. Porém, os processos de decomposição e respiração retornariam para a atmosfera quantidade equivalente, sendo que o saldo desses dois processos deveria flutuar em torno do zero. Quando o saldo é diferente de zero, significa que houve um diferencial de absorção ou emissão de CO₂. A maior dificuldade para estabelecer a significância e a direção de movimento destes saldos está no contraste de magnitudes entre os massivos fluxos brutos e os relativamente pequenos saldos.

Estratégias de medida em variadas escalas de tempo e espaço têm sido utilizadas para aumentar a definição dos saldos de troca de CO₂, algumas bem-sucedidas, outras

- ¹ SALESKA, S. R.; MILLER, S. D.; MATROSS, D. M.; GOULDEN, M. L.; WOFSEY, S. C.; ROCHA, H. R. da; CAMARGO, P. B. de; CRILL, P.; DAUBE, B. C.; FREITAS, H. C. de; HUTYRA, L.; KELLER, M.; KIRCHOFF, V.; MENTON, M.; MUNGER, J. W.; PYLE, E. H.; RICE, A. H. & SILVA, H. Carbon in Amazon forests: unexpected seasonal fluxes and disturbance-induced losses. *Science*, 302: 1554-1557, 2003.
- ² ARAUJO, A. C.; NOBRE, A. D.; KRUIJT, B.; CULF, A. D.; STEFANI, P.; ELBERS, J.; DALLAROSA, R.; RANDOW, C.; MANZI, A. O.; VALENTINI, R.; GASH, J. H. C. & KABAT, P. Dual tower long-term study of carbon dioxide fluxes for a central Amazonian rain forest: The Manaus LBA site. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 107(D20):8090, 2002.
- ³ BAKER, T. R.; PHILLIPS, O. L.; MALHI, Y.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; DI FIORE, A.; ERWIN, T.; HIGUCHI, N.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W. F.; LEWIS, S. L.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D. A.; VARGAS, P. N.; PITMAN, N. C. A.; SILVA, J. N. M. & MARTINEZ, R. V. Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. Series B-Biological Sciences*, 359(1442): 353-365, 2004.
- ⁴ CLARK, D. A. Are tropical forests, an important carbon sink? Reanalysis of the long-term plot data. *Ecol. Applic.*, 12:3-7, 2002.
- ⁵ CHOU, W. W.; HARRISS, R. C.; LIN, J. C.; SACHSE, G. W. & WOFSEY, S. C. Net Fluxes of CO₂ in Amazonia derived from Aircraft Observations. *J. Geophysical Res.*, 107(D22):4614, 2002.

menos conclusivas. Métodos razoavelmente resolvidos em escala local, como os que conjugam medições das trocas em torres com o monitoramento dos estoques na biomassa (Tapajós)¹, têm sua representatividade geográfica questionada pela relativa raridade do ambiente estudado e pela contrastante diversidade de ecossistemas e ambientes encontrados na Amazônia. Métodos comparativos de regiões mais representativas, como o de torres pareadas (Manaus)², são capazes de detectar significativas diferenças entre florestas próximas e aparentemente similares, mas têm sua confiança sobre os saldos totais questionada pelos efeitos de escoamento noturno de CO₂ associado à topografia, pobremente contabilizados pelas torres. Métodos biométricos diretos que se atêm à estimação da biomassa e sua variação de incremento no tempo através de medidas de densidades, diâmetros, alturas e demografia de árvores, produzem comparações valiosas de ecossistemas na escala amazônica³, mas quando buscam estimar valores integrados de carbono, deparam-se com a difícil complexidade tridimensional da floresta acima do solo, sem falar na quase inexistência de medidas da biomassa subterrânea⁴. Métodos integradores de larga escala, como os que empregam aeronaves equipadas com sistemas analisadores de fluxo, são úteis para mapear estruturas verticais ou espaciais nas concentrações de CO₂, mas, por não poderem voar continuamente, não se prestam para acompanhar importantes flutuações temporais nas trocas (Amazônia central).⁵ Métodos que interpolam flutuações minúsculas nas concentrações de CO₂ atmosférico em escala continental e hemisférica por cálculos inversos, indicando tendências de fontes e sumidouros, conseguem de maneira única integrar e totalizar processos de troca para amplas superfícies, mas sofrem pela baixíssima densidade de pontos de amostragem na Amazônia e oceanos adjacentes. Outros métodos em desenvolvimento, como os que utilizam sensoriamento remoto orbital do CO₂ atmosférico, ou aqueles que utilizam imageamento aéreo por varredura a laser para medir tridimensionalmente a densidade e distribuição da biomassa vegetal, prometem adicionar novas dimensões e significativas capacidades na busca de resolver no tempo e no espaço as flutuações de estoque e trocas de carbono na Amazônia.

Já que a aplicação desses métodos ainda não consegue definir com muito rigor os tão buscados saldos totais de troca da floresta amazônica, como o Brasil e outros países amazônicos contabilizariam em seus cálculos a base de emissões e sumidouros de gases do efeito estufa? Uma das

maneiras é por aproximações que utilizam vários métodos de forma complementar e definem espectros de probabilidades. As certezas são maiores quanto a emissões oriundas de desmatamento e queimadas, já que as áreas convertidas a cada ano são bem mapeadas (24 mil km² entre 2002 e 2003, com o total convertido acumulando mais de 16% da área da Amazônia em 2004)⁶ e os fatores de emissão na queima da biomassa foram estudados e são razoavelmente confiáveis. Também as emissões por queima de combustíveis fósseis e processos industriais são bem conhecidas, embora contribuam pouco para o total de emissões na Amazônia. Vários trabalhos estimam emissões para os trópicos, e não somente para a Amazônia, variando de 0,96 a 2,4 Pg C ano.⁷ Porém surge um complicador: os rios e ecossistemas inundáveis na Amazônia seriam fortes emissores naturais de CO₂ e de outros gases-estufa⁸, o que adicionaria uma incerteza importante aos fatores de emissão conhecidos, confundindo o papel da floresta. Isso se o carbono emitido nos sistemas aquáticos tivesse sua origem a montante, na área de terra firme com floresta, como sugerem Richey *et al.*. Estudos independentes⁹ mostram, no entanto, que esses autores se equivocaram ao não verificar que a fonte do carbono emitido vem dos próprios sistemas aquáticos, nas suas fases de vazante, com o crescimento vigoroso de gramíneas e outras plantas. Os sistemas aquáticos funcionariam como estoques pulsantes de carbono, em sincronia com as cheias e vazantes, mas com indicações de que os saldos de trocas ao longo do tempo seriam próximos de zero. Entretanto, as investigações sobre o carbono nesses vastos e complexos ecossistemas aquáticos ainda são insuficientes para validar tais hipóteses. Os números dos modelos de inversão supostamente indicam a contribuição total de vastas regiões, e para os trópicos mostram uma média de 0,62 Pg C ano. Se os modelos de inversão fossem confiáveis, poderíamos subtrair desta contribuição tropical de larga escala os fatores de emissão conhecidos na área. O fluxo restante correspondente deveria representar as trocas totalizadas do bioma floresta. Ometto *et al.*¹⁰ fizeram este exercício de diferença que extrapolaram para toda a Amazônia, concluindo, com ressalvas, que as trocas de carbono da floresta poderiam estar ocorrendo na faixa de -3 a 0,75 Pg C ano.

As informações disponíveis hoje sobre o carbono no complexo sistema de trocas da Amazônia ainda não são suficientes para definir cabalmente se a região é um sumidouro, uma fonte ou se é ambos, dependendo do clima e das mudanças no uso da terra. A dualidade fonte/sumidouro

⁶ INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite*. PROJETO PRODES, 2004. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>

⁷ OMETTO, J. P. H. B.; NOBRE, A. D.; ROCHA, H. R.; ARTAXO, P. & MARTINELLI, L. A. Amazonia and the Modern Carbon Cycle: Lessons Learned. *Oecology*, no prelo.

⁸ RICHEY, J. E. *et al.*. Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂. *Nature*, 416 (6881):617-620, 2002.

⁹ OMETTO, J. P. H. B. *et al.* *Op. cit.*

¹⁰ OMETTO, J. P. H. B. *et al.* *Op. cit.*

da Amazônia tem sido discutida extensivamente na literatura, sem, contudo, chegar-se a conclusões fortes ou definitivas.

Uma possível explicação para essa dificuldade pode estar na natureza da vida e na fugacidade de suas formas. Organismos são superestruturas macromoleculares constituídas na sua grande parte de carbono. O carbono vivo, diferente de um estoque abiótico de carbono como um depósito de carvão mineral ou petróleo, participa de organizações bioquímicas cuja entropia é baixa e o conteúdo de informação é muito alto. Dessa condição termodinâmica das estruturas vivas resultam soluções evolutivas para desafios de sobrevivência e do ambiente. Os fluxos de matéria e energia são então controlados por uma miríade de mecanismos desenvolvidos por tentativa e erro. A estabilidade do ambiente interessa ao sucesso adaptativo, assim organismos e ecossistemas desenvolveram inerentes habilidades de regulação do próprio ambiente.¹¹ Como todo processo evolutivo em ambiente estável produz diversidade de formas e processos, a mega biodiversidade encontrável hoje na Amazônia parece um excelente indicador de que o sistema deve ser auto-regulado e deve ter sido auto-regulado por períodos muito longos. Às vezes, ecossistemas próximos gozam de condições ambientais contrastantes e críticas para a adaptação e sucesso de comunidades. A maioria dos métodos descritos para medição de fluxos ou estoques de carbono tende a não levar esta ordem natural em consideração, assumindo uma homogeneidade na realidade inexistente. Talvez seja esta a razão para as incertezas. Novas abordagens promissoras que visem compreender os fluxos de carbono na Amazônia precisam buscar nos processos vivos a lógica que possa viabilizar generalizações de processos e estoques.

Por outro lado, determinantes ambientais importantes no ciclo do carbono não estão em equilíbrio no clima contemporâneo. Principalmente, a concentração do CO₂ atmosférico vem aumentando rapidamente, tendo passado de 280 ppmv antes do período industrial para acima de 370 ppmv na atualidade. Como, em inúmeros experimentos em estufas, as plantas demonstram maior eficiência fotossintética com o aumento da concentração de CO₂ pelo menos até os níveis de 600 a 700 ppmv, este fator é apontado como possivelmente um dos maiores responsáveis pelo fato de a biota terrestre retirar anualmente cerca de 3 bilhões de toneladas da atmosfera, sendo um sumidouro significativo, sem o qual a concentração do CO₂ atmosférico poderia

¹¹ GORSHKOV, V. G.; GORSHKOV, V. V. & MAKARIEVA, A. M. *Biotic Regulation of the Environment*. Chichester, UK: Springer Praxis, 2000.

crescer a uma taxa até duas vezes superior àquela observada. Ainda que com as incertezas apontadas acima, é mais provável que a floresta amazônica não perturbada esteja funcionando como sumidouro de carbono, em resposta a um ambiente que não mais se encontra em equilíbrio.

Considerações para uma política brasileira para mitigação de emissões

É sabido que crescentes contingentes populacionais do Brasil são e têm sido vulneráveis à variabilidade natural do clima por toda a sua história moderna. A maioria dos desastres naturais está diretamente associada a extremos climáticos e estes provavelmente se tornarão mais frequentes com o prosseguimento do aquecimento global. As populações mais vulneráveis são quase sempre aquelas de menor renda e nível educacional. A não ser que se mude este quadro, as mudanças climáticas adicionarão um importante fator a mais de vulnerabilidade socioambiental para essas populações que, como é sabido, já são as mais vulneráveis aos desastres naturais.

O que pode ser feito quanto à contribuição brasileira ao enfrentamento da questão global das mudanças climáticas e do desenvolvimento social, econômico e ambientalmente sustentável no tocante à mitigação? Ainda que o Brasil não tenha compromissos quantitativos de redução de suas emissões de gases de efeito estufa de acordo com o que prevê a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, o país tem, assim como todos os países signatários da Convenção, compromissos com a estabilização dos gases de efeito estufa em níveis tais que não ofereçam riscos à habitabilidade do planeta. Subjetivamente, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), em seu relatório de 2001, estima que o planeta permaneceria em condições “climaticamente seguras” enquanto o aumento da temperatura global à superfície não ultrapassar 2°C em relação à temperatura anterior ao aumento das emissões antrópicas dos gases de efeito estufa. A temperatura média do planeta à superfície já aumentou cerca de 0,6 a 0,7°C, nos últimos 100 anos, e a maior parte deste aumento ocorreu nos últimos 50 anos. A longa permanência desses gases na atmosfera implica que o aquecimento continuará por muitas décadas, ainda que emissões venham a sofrer reduções significativas a partir do presente. Hipoteticamente, se fosse possível “congelar” as concentrações de gases do efeito estufa nos níveis atuais, a temperatura do planeta

à superfície ainda aumentaria cerca de 0,3°C até o final do século e mais 0,5°C até o final do milênio, enquanto o nível do mar subiria 8 cm até 2100 e continuaria a subir por mais de mil anos. Se a humanidade conseguisse estabilizar as concentrações de CO₂ em 550 ppmv (750 ppmv), as temperaturas do planeta subiriam cerca de 1,3°C (2,3°C) até 2100 em relação às temperaturas atuais.

As emissões brasileiras atuais de CO₂ concentram-se principalmente em dois setores, a saber: 1) queima de combustíveis fósseis, responsável por emissões anuais de 80 a 90 milhões de toneladas de carbono¹²; e 2) alteração dos usos da terra, principalmente a substituição de vegetação florestal e de savanas por agricultura e pastagem, contribuindo com emissões anuais de 200 a 250 milhões de toneladas de carbono¹³. Isto é, emissões advindas das mudanças dos usos da terra respondem por cerca de 3/4 das emissões totais brasileiras de CO₂.

Por outro lado, sabe-se que muitas atividades que direta ou indiretamente contribuem para os desmatamentos são sistematicamente levadas a cabo ao total arrepio da legislação brasileira. Por exemplo, a maioria dos desmatamentos e queimadas que ocorrem todos os anos na Amazônia é feita sem autorização do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) ou de órgãos estaduais de meio ambiente. O mesmo é o caso da exploração predatória de madeira, vetor para subseqüentes desmatamentos, que tem sido praticada de forma ilegal em quase a sua totalidade. A aplicação sistemática da legislação brasileira teria um efeito profundo de reduzir a área desmatada e, assim, diminuir significativamente as emissões brasileiras de gases de efeito estufa.

A posição da diplomacia brasileira nas negociações da Convenção sobre as Mudanças Climáticas e de seu Protocolo de Quioto tem sido a de colocar grande peso na responsabilidade dos países desenvolvidos pelas emissões históricas e presentes e cobrar destes a iniciativa principal de mitigação das emissões, visando a estabilização da concentração desses gases na atmosfera. Não há dúvida de que tais países devem liderar o esforço global de redução das emissões e, ao desenvolver novas tecnologias para um modelo de geração de energia “descarbonizado”, devem permitir aos países em desenvolvimento acesso imediato e facilitado a essas tecnologias. Entretanto, além do aproveitamento econômico que o incipiente mercado de carbono certamente irá ensejar ao país, ainda mais com a entrada em vigor do Protocolo de Quioto em fevereiro de 2005, parece

¹² BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa*. Brasília: MCT, 2002. Disponível em: http://www.mct.gov.br/Clima/comunic_old/.

¹³ HOUGHTON, R. A.; SKOLE, D.; NOBRE, C. A.; HACKLER, J. L.; LAWRENCE, K. T.; CHOMENTOWSKI, W. H. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. *Nature*, 403(6767): 301-304, 2000.
BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Op. cit.*

interessante que o Brasil tenha papel relevante na questão da mitigação, atuando autônoma e independentemente e criando condições para reduzir as emissões brasileiras, onde factível, sem comprometer o desenvolvimento obrigatório de melhores condições econômicas para a população, que demandará um aumento do consumo de energia *per capita*.

Numa das modalidades permitidas atualmente pelos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), os reflorestamentos, o país exhibe, sem dúvida, gigantesco potencial de utilizar áreas degradadas e marginais para criar sumidouros de gases de efeito estufa, principalmente o carbono via assimilação fotossintética de florestas em crescimento. Isto é, o potencial de MDL de projetos de reflorestamento é altíssimo e o país tem condições de liderar este mercado de MDL. Entretanto, um cálculo simples sugere a necessidade de reflorestamentos cobrindo enormes extensões para retirar uma quantidade significativa de dióxido de carbono da atmosfera. Senão vejamos: assumindo um reflorestamento com espécies florestais que possam armazenar, ao final de seu crescimento, uma média de 150 toneladas de carbono na biomassa por hectare, pode-se estimar como razoáveis taxas de assimilação líquida de 6 a 8 toneladas de carbono por hectare ao ano, tomando uma escolha de espécies nativas de relativo rápido crescimento (ou 10 a 15 ton C/ha para espécies exóticas de rápido crescimento). Assim, para remoção líquida de 30 milhões de toneladas anuais, seria necessária uma área total de 4 a 5 milhões de hectares (ou 2 a 3 milhões de hectares utilizando-se espécies de rápido crescimento) em projetos de reflorestamento. Em função do expressivo estoque de áreas degradadas no país, não é impossível se pensar em projetos de reflorestamento que cheguem a ocupar uma área com tais dimensões, ainda que se leve um período de décadas para implementá-los (por comparação, a área de cana-de-açúcar, no estado de São Paulo, é de aproximadamente 25 mil km² e foram necessários cerca de 30 anos para sua implantação e considerável investimento). Somente na Amazônia, estima-se que mais de 200 mil km² sejam áreas desmatadas mediana ou altamente degradadas (grande parte delas desmatadas antes de 1989, portanto passíveis de receberem projetos de MDL), normalmente ocupadas por pastagens degradadas e mal manejadas. A um custo estimado no mercado atual de carbono de cerca de 5 dólares por tonelada, a eventual colocação neste mercado de certificados de seqüestro de carbono desta magnitude poderia gerar receitas em torno de US\$ 150 milhões anualmente. Em resumo, o relativo baixo preço

atual do carbono pode não servir de estímulo à rápida massificação de projetos de reflorestamento, ainda que deva ser levado em conta que a entrada em vigor do Protocolo de Quioto já é responsável pelo aumento do valor deste mercado.

Em comparação, a implementação de políticas públicas que levem ao cumprimento mais eficaz da legislação vigente, principalmente o Código Florestal, ao fazer respeitar as áreas de Reserva Florestal Legal e Áreas de Proteção Permanente, pode por si só reduzir as taxas anuais de reflorestamento em, no mínimo, 10%. Levando-se em conta as taxas anuais de desmatamento na Amazônia brasileira (cerca de 2,3 milhões de hectares em 2002 e 2003), os 10% de redução nos desmatamentos significariam um decréscimo de emissões brasileiras de cerca de 30 milhões de toneladas de carbono. Mesmo sem a existência de mecanismos previstos no Protocolo de Quioto para conservação de grandes reservatórios de carbono na biota terrestre (por exemplo, em florestas tropicais), a redução dos desmatamentos da floresta amazônica via aplicação da legislação florestal e ambiental seria uma maneira efetiva de o Brasil se engajar construtivamente nos objetivos maiores da Convenção, isto é, conseguir estabilizar as concentrações dos gases de efeito estufa em níveis que não interfiram perigosamente no sistema climático do planeta. Esse posicionamento é absolutamente coerente com os planos governamentais para a Amazônia (Plano Amazônia Sustentável, Plano de Combate ao Desmatamento, BR-163 Sustentável, entre outros), todos preconizando redução significativa dos desmatamentos e das queimadas ilegais através do desenvolvimento de políticas públicas voltadas, por um lado, a melhorar a efetividade do cumprimento da lei, inclusive por meio de massiva regularização fundiária, e, por outro lado, a criar incentivos à exploração sustentável dos produtos de base florestal. Aqui, destaca-se o papel promissor da inovação tecnológica na redução dos desmatamentos em mais de uma esfera. Com a tecnologia pecuária existente no país, é perfeitamente possível produzir a mesma quantidade de carne que a Amazônia produz em um terço da área utilizada (86% da área desmatada na Amazônia encontram-se em uso pela pecuária). Tecnologias apropriadas ao aproveitamento de produtos florestais, desde a mais simples até a biotecnologia, podem agregar valor a uma economia de base florestal, diminuindo a pressão sobre a floresta primária. Ainda, sistemas agroflorestais de forte base na biodiversidade, fornecem uma série de serviços ambientais, além de estocar e

seqüestrar carbono, como preservação da qualidade da água e estabilidade do ciclo hidrológico, redução da erosão do solo, manutenção de uma variedade de polinizadores úteis à agricultura e moderação dos extremos climáticos.

Embora os argumentos anteriores impliquem contribuição voluntária do país para a mitigação de suas emissões, centrada no cumprimento da legislação ambiental atual, pode-se vislumbrar mecanismos de mercado para aumentar a probabilidade de tais metas serem atingidas. Como se sabe, os MDL do Protocolo de Quioto não contemplam o papel da floresta em pé e dos desmatamentos evitados como mecanismos de retenção do estoque de carbono e redução das emissões. Recentemente, foi lançada uma inovadora proposta de “reduções compensadas”¹⁴, através das quais receberiam uma compensação *post facto* os países detentores de florestas tropicais que escolhessem reduzir seus níveis de desmatamentos para valores inferiores às médias de desmatamento da década de 80. Um aspecto inovador da proposta é que as metas seriam nacionais, o que evitaria as críticas usuais ao que seriam eventuais projetos de MDL para manutenção da floresta em pé, tais como os problemas associados a “vazamentos”. Discussões de propostas desta natureza se tornarão inevitáveis para além do primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto (2008-2012), se realmente se criarem os consensos e necessidades de estabilizar as concentrações atmosféricas dos gases de efeito estufa, o que irá requerer cortes de emissões globais não inferiores a 50% em relação aos níveis atuais de emissões, bem como a participação de todos os países neste gigantesco esforço global – esforço este do qual o Brasil não poderá estar ausente.

¹⁴ SANTILLI, M.; MOUTINHO, P.; SCHWARTZMAN, S.; NEPSTAD, D.; CURRAN, L. & NOBRE, C. Tropical deforestation and the Kyoto Protocol: an editorial essay. *Climatic Change*, no prelo.

Antonio Donato Nobre é graduado em Agronomia, doutor em Ciências da Terra e pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus.

anobre@ltid.inpe.br

Carlos Afonso Nobre é graduado em Engenharia Eletrônica, doutor em Meteorologia e pesquisador do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Cachoeira Paulista, São Paulo.

nobre@cptec.inpe.br