AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

O MERCADO DE CARBONO COMO INSTRUMENTO DE CONSERVAÇÃO DA FLORESTA AMAZÔNICA

MARIANO RUA LAMARCA JÚNIOR; CÉSAR ROBERTO LEITE DA SILVA;

IEA/PUCSP

SAO PAULO - SP - BRASIL

crlsilva@iea.sp.gov.br

APRESENTAÇÃO ORAL

Agropecuária, Meio-Ambiente, e Desenvolvimento Sustentável

O mercado de carbono como instrumento de conservação da floresta amazônica

Grupo de Pesquisa 6- Agropecuária, Meio-Ambiente, e Desenvolvimento Sustentável

Resumo: Este trabalho analisa a questão ambiental presente nas políticas públicas para a região amazônica, incluindo a Lei de Gestão de Florestas Públicas (Lei 11.284/06), sancionada com o objetivo de regulamentar a gestão de florestas públicas no Brasil e promover o desenvolvimento sustentável. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto é sugerido como instrumento de conservação florestal. Por meio de um cenário hipotético de desmatamento "zero" e 100% do carbono não emitido vinculado a projetos de conservação florestal, estimou-se que uma receita econômica equivalente à da exploração madeireira poderia ser obtida no mercado de carbono, contribuindo para a manutenção do equilíbrio climático reduzindo a emissão de Gases de Efeito Estufa, bem como mantendo preservados os valores da biodiversidade e dos serviços ambientais relacionados à floresta em pé (não derrubada).

Palavras-chaves: mercado de carbono, protocolo de Kyoto, mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), conservação da floresta amazônica, aquecimento global.

Abstract : This paper analyses environment subject present in public policies for Legal Amazonia, including the "Public Forests Management Law" (Law 11.284/06), approved with the purpose of regulating public forests management in Brazil and promoting sustainable development. The Kyoto Protocol´s Clean Development Mechanism (CDM) is suggested as a forest conservation mechanism. Through an hypothetical "zero"

deforestation scenario and 100% of not emitted carbon linked to forest conservation projects, an economic revenue equivalent to the logging activities was estimated, and could be obtained in carbon market contributing to maintenance of climatic equilibrium reducing Greenhouse Gases emissions, as well as keeping preserved biodiversity and environment services values related to standing forest.

Key Words: carbon market, Kyoto Protocol, clean development mechanism (CDM), amazon forest conservation, global warming,

1. INTRODUÇÃO

A concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera da Terra, em conseqüência das atividades econômicas, vem aumentando significativamente desde a revolução industrial. O gás carbônico (CO_2) é um dos mais importantes GEE. As emissões de gás carbônico no mundo nas últimas décadas vêm crescendo acentuadamente de uma forma alarmante. De acordo com o Inventário Brasileiro sobre GEE, no Brasil as queimadas e desmatamentos respondem por 75% das emissões de CO_2, enquanto a utilização de combustíveis pela indústria e transporte responde por 25% (MARCOVITCH, 2006).

As previsões do IPCC (*Intergovernanmental Panel on Climate Change*), de acordo com o seu terceiro relatório (2001), são de que o aumento da concentração dos GEE na atmosfera pode elevar a temperatura média no planeta Terra entre 1,4% e 5,8% nos próximos 100 anos. A previsão de impactos econômicos e socioambientais decorrentes do aquecimento global indicam que todas as regiões e os países do mundo serão afetados. (ROCHA, 2003; IPCC, 2007).

Caso não sejam tomadas medidas necessárias para reverter o processo atualmente em curso, o futuro do planeta, em geral, e da floresta amazônica, em particular, pode estar ameaçado pelos impactos do aquecimento global. Previsões recentes, utilizando modelos climáticos computacionais, apontam para um possível cenário de savanização da parte sudeste da Amazônia, ocasionada pelo aumento das temperaturas na Terra (MARQUES, 2007).

A Amazônia, portanto, está relacionada ao aquecimento global em um processo de via dupla: o desflorestamento contribui para o aquecimento global que, por sua vez, transformará parte da floresta em savana.

Preocupado com este problema, este trabalho pretende apresentar uma proposta de desenvolvimento econômico para a Amazônia Legal que preserve suas florestas nativas e evite a destruição de seus ecossistemas. Com base em dados da região e do mercado mundial de carbono, procura-se avaliar os custos de oportunidade envolvidos na transformação de setores tradicionais da economia, como por exemplo, o setor de exploração madeireira, em novos setores baseados no conceito de desenvolvimento sustentável. Em resumo, pretende-se responder à seguinte pergunta: a partir do planejamento e implementação de determinados marcos regulatórios, pode ser atrativo

às firmas que atuam na região transformarem seus atuais modelos de negócio em modelos economicamente e ecologicamente sustentáveis?

A lógica por trás desta questão reside no fato de que, se for possível demonstrar a viabilidade econômico/financeira de modelos de negócio ecologicamente sustentáveis aplicados à Amazônia, estaremos preparados para planejar políticas públicas que incentivem as mudanças necessárias para reverter a atual tendência de destruição sistemática dos ecossistemas da região.

O desenvolvimento deste trabalho inicia-se, no item 2, com uma breve introdução do tema do aquecimento global e sua relação com a floresta amazônica. São apresentadas as soluções encontradas pelos países que ratificaram o Protocolo de Kyoto, destacando o mercado de carbono e sua relação com os mecanismos de desenvolvimento limpo e as atividades de LULUCF (*Land Use, Land Use Change and Forestry*).

No item 3 estão sumariadas algumas leis que tratam da questão ambiental floresta amazônica, dando especial atenção à Lei de Gestão de Florestas Públicas (Lei 11.284/06), sancionada com o objetivo de regulamentar a gestão de florestas públicas no Brasil, bem como promover o desenvolvimento florestal sustentável.

No item 4 é apresentado, primeiramente, o CERT (*Carbon Emission Reduction Trade*), modelo de equilíbrio parcial cujo objetivo é simular o emergente mercado de comercialização de redução de emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa). logo após [e discutida a metodologia do INPE utilizada no cálculo do desmatamento anual da Amazônia, bem como os resultados obtidos em termos de quantidade de carbono emitido. Para encerrar este item, é estimado o valor econômico do carbono emitido pelo desmatamento da Amazônia.

No último item estão algumas considerações finais, que incluem uma proposta de política pública para tratar do problema das emissões de carbono pelos processos de desflorestamento.

2. O PROTOCOLO DE KYOTO E A FLORESTA AMAZÔNICA

O texto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) foi adotado na sede das Nações Unidas em Nova York, em 9 de maio de 1992. A Convenção, que foi aberta para assinatura no Rio de Janeiro em junho de 1992 (durante a conferência Rio-92, também conhecida como Cúpula da Terra), continuou aberta para assinatura na sede das Nações Unidas e entrou em vigor em 21 de março de 1994. Até junho de 2006 já havia sido ratificada por 189 países (chamados de “Partes”), sendo que os países que não assinaram a Convenção podem fazê-lo em qualquer momento (UNFCCC, 2007; MCT, 2007a).

A Convenção sobre Mudança do Clima tem como objetivo final alcançar a estabilização da concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera em um nível que não represente uma interferência antrópica perigosa no sistema climático da

Terra, e deve ser alcançado num prazo que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima. Para atingir este objetivo, a Convenção propõe ações a serem implementadas por todos os países signatários e estabelece compromissos específicos para os países desenvolvidos (MCT, 2007a).

Desde que a Convenção entrou em vigor, os países têm se reunido para buscar soluções para o problema das mudanças climáticas através de encontros denominados Conferências das Partes (COP). Durante a terceira sessão da Conferência das Partes (COP-3), realizada em Kyoto/Japão em dezembro de 1997, foi estabelecido um acordo (Protocolo de Kyoto) com o objetivo de estabelecer metas de redução das emissões de GEE pelos países industrializados (ROCHA, 2003; GODOY, 2005).

O Protocolo de Kyoto foi aberto para assinatura na sede das Nações Unidas em Nova York em 16 de março de 1998, ficando estabelecido que entraria em vigor 90 dias após a data de depósito de seu instrumento de ratificação, aceitação, aprovação ou adesão por pelo menos 55 nações da Convenção, e desde que estes países contabilizassem pelo menos 55% das emissões totais de dióxido de carbono em 1990 do grupo de países desenvolvidos (MCT, 2007b).

O Protocolo foi ratificado pelo Brasil em 23 de agosto de 2002. Os Estados Unidos, maior país emissor de GEE e signatário da Convenção sobre Mudança do Clima, declarou posteriormente intenção de não ratificar o Protocolo de Kyoto (em função de decisão tomada pelo governo Bush em 2001). A Austrália também é outro país signatário da Convenção que posteriormente declarou a intenção de não ratificar o Protocolo.

O Protocolo de Kyoto entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, após o mínimo estabelecido de 55 Partes do Anexo I da Convenção sobre Mudança do Clima, representando pelo menos 55% das emissões totais de dióxido de carbono em 1990 deste grupo, terem depositado seus instrumentos de ratificação, aceitação, aprovação ou adesão. Até fevereiro de 2007, 169 países e um bloco regional (Comunidade Européia) haviam depositado instrumentos de ratificação, aceitação, aprovação ou adesão, representando 61,6% das emissões das Partes do Anexo I (UNFCCC, 2007; MCT, 2007b).

O Protocolo de Kyoto estabelece legalmente limites de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) para um conjunto de países considerados desenvolvidos, e que nos termos do Protocolo são chamados de países do Anexo B do Protocolo. São 39 as Partes do Anexo B: os mesmos 41 países e blocos regionais (Comunidade Européia) do Anexo I da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), menos a Turquia e a Bielo-Rússia. Nos termos do Protocolo de Kyoto estes países precisam reduzir suas emissões conjuntas para 5,2% abaixo dos níveis de 1990 durante o primeiro período de compromisso do Protocolo, definido como o período 2008-2012 (GODOY, 2005; MCT, 2007a; MCT, 2007b). É importante observar que a redução para 5,2% abaixo dos níveis de 1990, estabelecida pelo Protocolo de Kyoto, é uma meta a ser atingida conjuntamente por todos os países signatários, sendo que cada país individualmente pode ter uma meta diferenciada. Alguns países, inclusive, estão autorizados a apresentar um aumento nos níveis de emissão em relação

a suas emissões de 1990, desde que este nível fique abaixo do seu limite individual estabelecido no Protocolo.

Os demais países signatários do Protocolo e que não fazem parte do Anexo B (chamados de países Não-Anexo B) não possuem compromissos de redução para o primeiro período do Protocolo (2008-2012). Este é o caso do Brasil e dos demais países em desenvolvimento.

O protocolo de Kyoto estabelece três mecanismos de flexibilização através dos quais os custos de redução (abatimento) das emissões podem ser diminuídos: (a) O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para projetos implementados conjuntamente entre países Anexo B (países desenvolvidos) e Não-Anexo B (países em desenvolvimento); (b) Implementação Conjunta *(Joint Implementation)*; e (c)Certificados de transferência e comercialização de redução de emissões entre países do Anexo B (Comércio de Emissões).

Ao estabelecer legalmente estes mecanismos de flexibilização, o Protocolo de Kyoto abre a possibilidade do surgimento do mercado de carbono, permitindo aos países desenvolvidos diminuírem os custos para atingir suas metas de redução, e ao mesmo tempo, cria para os países em desenvolvimento possibilidades de receber investimentos através de projetos envolvendo créditos de carbono.

Por meio destes projetos, os países em desenvolvimento têm a oportunidade de aumentar seu grau de desenvolvimento utilizando tecnologias menos poluentes e que permitem redução nas emissões de GEE, seguindo pelo caminho de um desenvolvimento mais sustentável.

Pelo mecanismo do MDL (em inglês, CDM – *Clean Development Mechanism*), cada tonelada de CO_2 equivalente que deixa de ser emitida ou é retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento, em projetos previamente aprovados, pode ser negociada no mercado mundial de carbono. Os países do Anexo I da Convenção sobre Mudança do Clima possuem metas para redução de GEE estabelecidas no Anexo B do Protocolo de Kyoto. Para refletir os compromissos assumidos no Protocolo, os governos dos países estabelecem regulações locais e as firmas destes países podem optar por reduzir suas emissões ou comprar CER (Reduções Certificadas de Emissões) de países em desenvolvimento, dentro dos limites máximos estabelecidos para o MDL.

Pelo mecanismo de Implementação Conjunta (em inglês, JI - *Joint Implementation*) os países do Anexo I da Convenção sobre Mudança do Clima podem compensar suas emissões participando de projetos de redução de emissões em outro país do Anexo I, com a transferência de créditos de carbono do país em que o projeto está sendo implementado para o país emissor de GEE que está buscando flexibilizar suas metas de redução.

O mecanismo de Comércio de Emissões encontra-se definido no Artigo 17 do Protocolo de Kyoto (MCT, 2007b):

> *A Conferência das partes deve definir os princípios, as modalidades, regras e diretrizes apropriados, em particular para verificação, elaboração de*

> *relatórios e prestação de contas do comércio de emissões. As Partes incluídas no Anexo B podem participar do comércio de emissões com o objetivo de cumprir os compromissos assumidos sob o Artigo 3. Tal comércio deve ser suplementar às ações domésticas com vistas a atender os compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos sob esse Artigo.*

O mecanismo de Comércio de Emissões (em inglês, *Emission Trade*), permite que os países do Anexo B do Protocolo de Kyoto possam vender para outros países desenvolvidos, na forma de créditos de carbono, direitos de emissão provenientes da redução que exceder suas metas estabelecidas no Anexo B. Este mecanismo baseia-se no fato de que no balanço final de GEE na atmosfera o que importa é a soma global das emissões dos países, ou seja, se um determinado país está conseguindo obter uma redução maior que seu compromisso no Protocolo, este país pode ajudar outro país que esteja tendo mais dificuldades em atingir suas metas definidas, ou que tenha custos maiores de abatimento interno de suas emissões.

Durante a fase piloto do Protocolo denominada "Atividades Conjuntamente Implementadas" (em inglês, AIJ - *Activities Implemented Jointly*), procurou-se identificar quais seriam os projetos que gerariam maiores reduções de GEE para os mecanismos de Implementação Conjunta (JI) e de MDL. Para poder avaliar o potencial de cada tipo de projeto, foram iniciados um total de 122 projetos em 1998, envolvendo: fontes de energia e combustíveis renováveis, eficiência energética, florestas (LULUCF) e hidroelétricas (ROCHA, 2003) [1]. Nesta fase os projetos de conservação florestal, também chamados de projetos de desmatamento evitado ou emissões evitadas, eram considerados elegíveis à obtenção de créditos de carbono através do MDL. Mas, de acordo com Chang (2004), a delegação oficial brasileira nas conferências da Convenção sobre Mudança do Clima defendeu que as florestas nativas e os projetos de conservação florestal deveriam ser excluídos dos mecanismos de flexibilização de redução das emissões através de créditos de carbono de projetos MDL.

Durante a COP-7 (Marrakesh) em 2001, as Partes decidiram excluir a possibilidade de que novos projetos de conservação florestal fossem elegíveis à obtenção de créditos de carbono para o primeiro período de vigência do Protocolo (2008-2012), mantendo elegíveis as atividades de florestamento e reflorestamento (ROCHA, 2003).

Entretanto, Nobre (2000), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), defende a incorporação da conservação florestal no MDL devido ao significativo volume de CO_2 emitido pelos desmatamentos (NOBRE, 2000, *apud*: CHANG, 2004). Fearnside (2000), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), argumenta que a redução do desmatamento na Amazônia tem maior potencial de mitigação do efeito estufa do que o reflorestamento (FEARNSIDE, 2000, *apud:* CHANG, 2004).

---

[1] As atividades de LULUCF (*Land Use, Land Use Change and Forestry*) estão associadas ao sequestro de carbono realizado pelos diferentes tipos de vegetação e florestas, também conhecidos como sumidouros (*sinks*).

3. A QUESTÃO AMBIENTAL DA AMAZÔNIA NAS POLÍTICAS PÚBLICASs [2]

A política ambiental brasileira conta com importantes marcos regulatórios, como o Código Florestal de 1934, o Código das Águas de 1937, o novo Código Florestal de 1965; o Código de Caça (Lei de Proteção à Fauna) de 1967; e a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/1981).

De acordo com MELLO (2006), a Lei 6.938/81 trouxe importantes mudanças ao ampliar a participação da sociedade na formulação das políticas ambientais e descentralizar as decisões e a implementação das políticas nos níveis estaduais e municipais, mantendo no nível federal sua coordenação e fomento. Esta lei também permitiu a criação de novas categorias de áreas protegidas e a ampliação do total de áreas de preservação no Brasil. Em 1992, já eram 61 áreas protegidas em Unidades de Conservação (UC).

Entretanto, a definição dos planos técnicos de manejo, que deveriam ocorrer no prazo de um ano da publicação do Código Florestal de 1965, somente veio a ser feita em 1994 (Decreto 1.282/94), estabelecendo os critérios do manejo florestal sustentável bem como a definição de que a responsabilidade de aprovação dos planos seria do IBAMA (GARRIDO FILHA, 2002). É digno de nota que a definição dos planos técnicos de manejo tenha ocorrido somente vinte e nove anos depois, ou seja, vinte e oito anos após o prazo estabelecido pelo Código Florestal de 1965. O artigo 1º. do referido decreto reza que:

> *Art. 1° A exploração das florestas primitivas da bacia amazônica de que trata o art. 15 da Lei n° 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal), e demais formas de vegetação arbórea natural, somente será permitida sob a forma de manejo florestal sustentável, segundo os princípios gerais e fundamentos técnicos estabelecidos neste Decreto*. (CASA CIVIL, 2007)

Em 2006, o Decreto 1.282/94 foi revogado pelo Decreto 5.975/06, que por sua vez encontra-se articulado com a Lei 11.284/06 (Lei de Gestão de Florestas Públicas), conforme pode-se verificar nos seguintes trechos:

> *Art. 2o A exploração de florestas e formações sucessoras sob o regime de manejo florestal sustentável, tanto de domínio público como de domínio privado, dependerá de prévia aprovação do Plano de Manejo Florestal Sustentável- PMFS pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, nos termos do art. 19 da Lei no 4.771, de 1965.* (CASA CIVIL, 2007):
>
> *Parágrafo único. Entende-se por PMFS o documento técnico básico que contém as diretrizes e procedimentos para a administração da floresta, visando a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, observada*

[2] Um apanhado abrangente das leis e decretos sobre a questão ambiental no Brasil pode ser encontrado em Lamarca Júnior (2007).

a definição de manejo florestal sustentável, prevista no art. 3o, inciso VI, da Lei no 11.284, de 2 de março de 2006. (CASA CIVIL, 2007):

A definição de manejo florestal sustentável encontra-se no artigo 3º, inciso VI, da Lei 11.284/06:

VI - manejo florestal sustentável: administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços de natureza florestal. (CASA CIVIL, 2007):

Entretanto, é no Artigo 16, §1º (inciso VI), e no §2º desta lei que a posição que o Brasil assumiu nas conferências da Convenção sobre Mudança do Clima é ratificada:.

§ 1º É vedada a outorga de qualquer dos seguintes direitos no âmbito da concessão florestal:

...VI - comercialização de créditos decorrentes da emissão evitada de carbono em florestas naturais.

§ 2º No caso de reflorestamento de áreas degradadas ou convertidas para uso alternativo do solo, o direito de comercializar créditos de carbono poderá ser incluído no objeto da concessão, nos termos de regulamento. (CASA CIVIL, 2007):

O Brasil é signatário do Protocolo de Kyoto, e, na qualidade de país em desenvolvimento, está capacitado a receber projetos de MDL. Dado que a Amazônia é uma região em desenvolvimento que representa 59% do território brasileiro, o potencial para receber projetos de MDL nos segmentos de fontes de energia, combustíveis renováveis, eficiência energética, florestas (LULUCF), e outros, é significativo em relação ao potencial total do país. Entretanto, em 2001, durante as negociações da COP-7 (Marrakesh), foi decidido que para projetos de MDL no primeiro período do Protocolo de Kyoto (2008-2012) serão elegíveis a gerar Reduções Certificadas de Emissões (CER) as atividades de florestamento e reflorestamento. Também decidiu-se excluir do MDL a possibilidade de implementação de novos projetos de conservação florestal (ou desmatamento evitado), posição defendida pelo Brasil.

A posição brasileira sobre este assunto encontra-se refletida na Lei 11.284/06 (Lei de Gestão de Florestas Públicas), no Artigo 16, §1º (inciso VI), e no §2º:

§ 1º É vedada a outorga de qualquer dos seguintes direitos no âmbito da concessão florestal:

...

VI - comercialização de créditos decorrentes da emissão evitada de carbono em florestas naturais.

> *§ 2º No caso de reflorestamento de áreas degradadas ou convertidas para uso alternativo do solo, o direito de comercializar créditos de carbono poderá ser incluído no objeto da concessão, nos termos de regulamento* (CASA CIVIL, 2007).

Um dos problemas do manejo florestal sustentável na exploração de madeira é o seu custo de implantação para pequenos e médios proprietários. A possibilidade de comercialização de créditos de carbono vinculados à unidade manejada fornece uma fonte de financiamento que poderia contribuir para viabilizar economicamente o plano de manejo florestal sustentável.

Entretanto, dadas as restrições de aplicação do MDL e da Lei 11.284/06 em relação aos projetos de conservação florestal, a dimensão econômica do benefício para as unidades de manejo é limitada. Pela Lei 11.284/06, a comercialização dos créditos de carbono é permitida para o reflorestamento de áreas degradadas ou convertidas para uso alternativo do solo, como por exemplo, agricultura e pecuária. Logo, dentro da unidade de manejo florestal, a receita que pode ser obtida irá depender da parcela da área que estiver nestas condições. Se a unidade de manejo, por exemplo, tiver grande parte de sua área coberta por florestas nativas, não vai conseguir obter uma receita significativa de projetos MDL.

As restrições do MDL aplicam-se aos projetos em qualquer lugar do Brasil, não somente às áreas definidas pela Lei 11.284/06 como florestas públicas para produção sustentável. Excluindo-se as terras indígenas (21,1% da área total) e as terras públicas devolutas, as áreas mais representativas, em termos de percentual da área total da Amazônia Legal são as propriedades privadas (24% da área total).

Nas propriedades privadas há potencial para projetos MDL de reflorestamento em áreas degradadas, com o objetivo de recompor áreas de reserva legal (neste caso, é ecologicamente importante considerar somente o plantio de espécies de árvores nativas, e não espécies exóticas). Também há potencial em áreas privadas de produção de florestas plantadas ou em áreas administradas dentro de programas empresariais de seqüestro de carbono e neutralização de emissões.

No caso das propriedades privadas convertidas para uso agropastoril, assumindo por hipótese que a atividade produtiva atual (seja ela agrícola ou pecuária) é lucrativa, a decisão do proprietário de implantar projetos de reflorestamento dependerá da comparação entre a lucratividade da atividade florestal a ser implantada (já somados os créditos do projeto MDL) e a atividade produtiva atual.

Em Unidades de Proteção Integral, haveria um potencial significativo para projetos de conservação florestal, porém não há potencial para projetos de reflorestamento. As Unidades de Proteção Integral representam 5,5% da área total da Amazônia, mas com grande potencial para ampliação através de políticas públicas, em função da enorme área de terras públicas devolutas (33% da área total da Amazônia).

4. METODOLOGIA E BASE DE DADOS

4.1 O Modelo CERT (Carbon Emission Reduction Trade)

O modelo de equilíbrio parcial CERT foi desenvolvido por GRÜTTER *et alii* (2002) para o Banco Mundial, cujo objetivo é simular o emergente mercado de comercialização de redução de emissões de GEE. Utiliza dados de modelos de equilíbrio geral computáveis (modelos CGE), tais como projeções de emissão de GEE e funções de custos marginais de abatimento (MACs – *marginal abatement cost functions*), com o objetivo de encontrar uma solução de custo mínimo para as reduções globais de GEE. A quantidade de emissões de carbono projetadas para o ano de 2010 é assumida como sendo igual ao valor médio das emissões anuais para o primeiro período de compromisso (2008-2012) (GRÜTTER *et alii*, 2002).

A quantidade de emissões a serem reduzidas através da compra de créditos de carbono por um determinado país do Anexo B (ou seja, o total de demanda por créditos de carbono deste país), é calculada pela diferença entre as emissões projetadas para o país em um cenário econômico BAU (*Business As Usual)* para o ano de 2010, e a meta de emissões médias anuais deste mesmo país para o período 2008-2012, estabelecida nos termos do Protocolo de Kyoto.

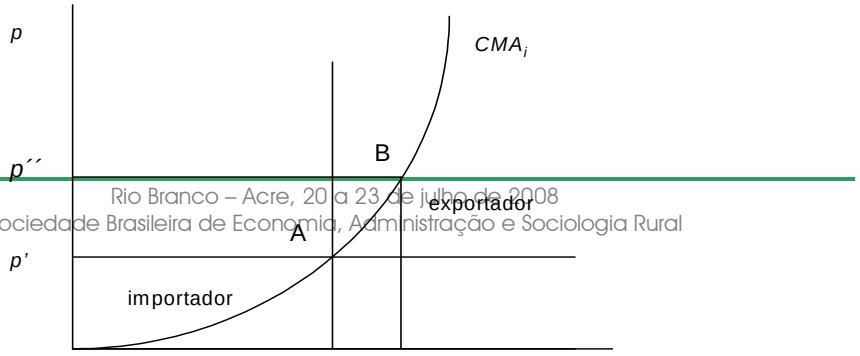
Matematicamente, podemos expressar a quantidade de emissões a serem reduzidas por um país do Anexo B pela seguinte equação:

$$Q_R(i) = E_{BAU}(i) - K_T(i) \cdot E_{1990}(i) \qquad (1)$$

Onde: $Q_R(i) =$ quantidade de emissões de GEE do país i a serem reduzida; $E_{BAU}(i) =$ quantidade de emissões em 2010 do país i em um dado cenário projetado (*Business As Usual)*; $K_T(i) =$ *Kyoto Target*: meta de emissão definida pelo Protocolo de Kyoto para o país i (Tabela 3.1), dividida por 100 e $E_{1990}(i) =$ total de emissões do país i em 1990.

As funções de custo marginal de abatimento (CMA) são as curvas que relacionam o custo marginal ("preço-sombra") de se reduzir as emissões de GEE em função da quantidade abatida. A curva CMA da figura 1 representa o custo marginal para um determinado país *i* reduzir uma unidade adicional de GEE. A área sob a curva indica o custo total do abatimento de uma certa quantidade *q* de GEE do país.

Supondo que a meta de redução de um país *i* seja q', e não houver comércio de permissões para emissão, de acordo com sua CMA o custo é *p'*. Caso haja o comércio, e o preço das permissões para emissão for superior à *p'*, *p''*, por exemplo,o país i poderá aumentar as reduções de emissões de GEE além de *q´*, para *q''* e exportar a quantidade excedente, *q'q''*,para um país que não quer ou não consegue atingir sua meta de redução, *q'*. Pontos à esquerda da meta de redução caracterizam países importadores, e à direita, exportadores.



A diferença nas funções de custo marginal de abatimento entre os diferentes países é responsável por criar a oferta e a demanda no mercado de créditos de carbono (ou permissões para emissão), pois um país com maior custo de abatimento pode comprar créditos de um país com menor custo de abatimento, reduzindo o custo total de abatimento para o conjunto de países.

Para efeito da estimativa do valor econômico do carbono emitido será utilizada a função exponencial do modelo CERT:

$$CMA(i) = a(i) \cdot (e^{b(i) \cdot Q(i)} - 1) \qquad i = 1, 12 \qquad (2)$$

Onde: $CMA(i) =$ custo marginal de redução de emissões do país ; e $Q(i) =$ quantidade de redução de emissões

Dado um preço de mercado para as reduções de emissão de GEE, e assumindo competição perfeita, cada país irá reduzir internamente suas emissões até que os custos marginais se igualem ao preço no mercado mundial (GRÜTTER *et alii*, 2002).

Seja P_k o preço de mercado das reduções de emissão de GEE. Logo:

$$CMA(i) = P_k \qquad \Rightarrow$$

$$a(i) \cdot (e^{b(i) \cdot Q(i)} - 1) = P_k \qquad \Rightarrow$$

$$e^{b(i) \cdot Q(i)} = \frac{P_k}{a(i)} + 1 \qquad \Rightarrow$$

$$Q(i) = \frac{1}{b(i)} \cdot \ln\left(\frac{P_k}{a(i)} + 1\right) \qquad i = 1, 12 \qquad (3)$$

Na condição de equilíbrio de mercado, a *demanda global* de emissões a serem reduzidas iguala-se à *oferta global* de redução de emissões (GRÜTTER *et alii*, 2002).

Matematicamente, a condição acima é expressa da seguinte forma:

$$\sum_{i}^{6} Q_R(i) = \sum_{i}^{12} Q(i) \qquad (4)$$

Substituindo (4.1) e (4.3) em (4.4):

$$\sum_{i}^{6} \left(E_{BAU}(i) - K_T(i) \cdot E_{1990}(i) \right) = \sum_{i}^{12} \left(\frac{1}{b(i)} \cdot \ln\left(\frac{P_k}{a(i)} + 1 \right) \right) \qquad (5)$$

O preço de equilíbrio de mercado é calculado para a condição acima, ou seja:

$$P^* = P_k$$

4.2. Dados utilizados

Para a estimativao do preço de equilíbrio P^*, o modelo CERT utiliza as seguintes fontes de dados:
(a). as emissões projetadas no cenário econômico BAU (*Business As Usual*), que dependem da interação de diversas variáveis econômicas (evolução do PIB per capita, crescimento da população, tecnologia, políticas governamentais de energia e meio ambiente, e outras), utilizam dados do Departamento de Energia dos EUA (US DOE);

(b) as curvas de custo marginal de abatimento (CMA) especificadas como funções exponenciais (e conseqüentemente os parâmetros $a(i)$ e $b(i)$ para cada país/região) são calculadas através de estimativas do modelo de equilíbrio geral computável GTEM *(Global Trade and Environment Model)* do ABARE *(Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics).*

(c) as CMA especificadas como funções quadráticas são calculadas a partir de estimativas do modelo EPPA *(Emission Prediction and Policy Assessment Model)* do MIT (*Massachussetts Institute of Technology*).

O modelo CERT permite ainda a construção de diversos cenários para o comportamento do mercado de carbono, através da modificação de parâmetros e a especificação de mecanismos definidos no Protocolo de Kyoto. O cenário projetado por GRÜTTER *et alii* (2002) denominado pelos autores de *Combined Scenario*, que inclui uma participação parcial dos EUA (**), obtém como resultado um preço estimado entre US$ 7 e US$ 17 por tonelada de carbono equivalente (tC) [3].

O cálculo do desmatamento anual foi obtido do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) dentro do programa PRODES (Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia). A quantidade de carbono emitido pelo processo de desmatamento da Amazônia, no período 1988-1994 é baseada no relatório de referência apresentado pelo Brasil ao IPCC no "Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa" (MCT, 2006).

[3] A participação parcial é calculada reduzindo-se proporcionalmente a meta de Kyoto dos EUA, hipótese esta baseada em regulações domésticas estaduais sendo estabelecidas por vários estados americanos, em função dos EUA não terem ratificado o Protocolo de Kyoto.

5. RESULTADOS

A densidade de carbono na biomassa da vegetação da Amazônia varia de acordo com a área analisada pois há diferentes tipos de vegetação ocupando toda a região e cada tipo de vegetação possui uma densidade de biomassa diferente. Nas áreas de maior densidade de biomassa, em algumas classes de florestas densas, a densidade de carbono foi estimada no relatório de referência em 204,40 tC/ha. Em áreas de savana, esta densidade pode cair até 9,75 tC/ha. O valor médio da densidade de carbono na biomassa é calculado como sendo a média ponderada entre as densidades de carbono dos diferentes tipos de vegetação e a distribuição espacial de cada tipo de vegetação no total da área da Amazônia (MCT, 2006).

Para o cálculo das emissões líquidas de carbono pelo processo de desflorestamento da Amazônia, o relatório leva em conta o processo de regeneração da floresta (seqüestro de carbono pela vegetação secundária) que ocorre com o abandono da terra, após seu uso agropastoril:

emissão líquida (t) = emissão bruta (t) – remoção (t) (6)

(onde: *t* = intervalo de tempo da medição).

Os resultados do relatório são os seguintes: a emissão bruta foi estimada em 151,74 milhões de toneladas de carbono/ano (tC/ano). A remoção foi estimada em 34,9 milhões de toneladas de carbono/ano (tC/ano).Portanto, a *Emissão líquida* = 116,84 milhões de toneladas de carbono/ano (tC/ano).

É importante ressaltar que as estimativas de emissões de carbono do relatório foram feitas para o período 1988-1994. Com os dados de desmatamento do INPE foi estimada a área média desmatada por ano no período (1988-2005). Os resultados são:

Área média desmatada por ano (1988-1994) = 1.530.829 ha/ano.
Área média desmatada por ano (1988-2005) = 1.840.089 ha/ano.

A área média anual desmatada no período 1988-2005 foi maior que no período de referência do relatório, porém não temos informações oficiais sobre as emissões de carbono neste período. Outro ponto refere-se ao fato de que o conteúdo de carbono nas raízes das árvores não foi contabilizado no relatório, seguindo a metodologia do IPCC (MCT, 2006).

Para o cálculo do valor econômico do carbono emitido anualmente pelo processo de desmatamento da Amazônia foi assumido um cenário-alvo de desmatamento "zero". Dado que o preço do carbono no mercado mundial varia diariamente, será utilizado para o cálculo do valor econômico do carbono emitido pelo desmatamento da Amazônia o valor superior calculado por meiodo modelo CERT, ou seja, US$ 17 por tonelada de carbono equivalente (tC) [4].

Este é um valor bastante conservador. Utilizando o modelo DICE-2007 (*Dynamic Integrated model of Climate and the Economy*), da Universidade de Yale, NORDHAUS (2007) projeta uma "trajetória ótima" dos preços do carbono em uma

[4] Para mais informações sobre o cálculo do preço do carbono consultar Lamarca Júnior (2007).

curva crescente em que os preços aumentam entre 2% a 3% por ano, em termos reais. Nesta trajetória ótima, os preços estariam em US$ 37 por tonelada de carbono em 2010 e US$ 90 em 2050, em valores correntes

Multiplicando o total de emissões anuais de carbono de 117 milhões tC/ano, pelo preço médio do carbono de US$ 17 /tC, chega-se ao valor de US$ 2 bilhões/ano para o valor econômico equivalente do carbono emitido pelo desmatamento anual da Amazônia. Comparando este valor com a receita da atividade de exploração madeireira na Amazônia, que gera uma renda bruta de US$ 2,31 bilhões/ano, valor encontrado em Lentini *et alii* (2005)constata-se que são praticamente equivalentes. Além disso, a tendência do valor do carbono no mercado é aumentar à medida que metas mais agressivas de redução de emisssões de GEE sejam estabelecidas nos acordos internacionais.

Finalmente, mais um indício de que o valor econômico do carbono está subestimado é o fato de não considerar, no processo de conservação das florestas nativas, a permanência de riquezas naturais e outros serviços ambientais não diretamente vinculados aos estoques de carbono, mas que de alguma forma estão relacionados à manutenção da floresta em pé. Entretanto, está fora do escopo deste trabalho o cálculo completo do valor econômico da conservação florestal.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

A regras do Protocolo de Kyoto para os períodos posteriores a 2012 ainda não estão definidas, e, em tese, as partes podem negociar que as atividades de conservação florestal voltem a ser consideradas elegíveis ao MDL. O "Novo MDL" para as atividades de conservação florestal poderia ser baseado não somente em projetos individuais, mas também em um acordo de cooperação internacional onde a receita total estaria previamente negociada entre os governos com base em um cenário-alvo, tanto em termos de nível de desmatamento quanto em termos de valor da tonelada de carbono.

Esta proposta não exime os países desenvolvidos da obrigação de reduzir drasticamente as emissões de GEE por queima de combustíveis fósseis e outras fontes, bem como não exime o governo brasileiro de fazer os investimentos necessários na área de fiscalização ambiental, independentemente do acordo proposto. Além disso, os limites máximos de emissões a serem abatidas pelo MDL devem estar coerentes e compatíveis com as metas globais de redução de GEE.

Este trabalho estimou uma receita que poderia ser obtida no mercado de carbono a partir de um cenário de desmatamento "zero" e 100% do carbono não emitido vinculado a projetos MDL de conservação florestal. Esta receita se mostrou equivalente à da exploração madeireira. Além disso, a conservação da floresta amazônica contribuiria substancialmente para a manutenção do equilíbrio climático, bem como a preservação de riquezas naturais e outros serviços ambientais relacionados à floresta em pé (não derrubada), como por exemplo: ciclo hidrológico, valor de existência da floresta, valor de sua biodiversidade, patrimônio genético, economia extrativista de produtos florestais tradicionais, e outros.

Com base na receita estimada de projetos de MDL que pudessem ser negociados no mercado de carbono, é possível responder à questão formulado no início deste trabalho: a partir do planejamento e implementação de determinados marcos regulatórios, pode ser atrativo às firmas que atuam na região transformarem seus atuais modelos de negócio em modelos economicamente e ecologicamente sustentáveis?

A resposta a esta pergunta é sim, o crescente mercado internacional de carbono por meio da transformação de setores tradicionais da economia, como por exemplo, o setor de exploração madeireira, em novos setores baseados no conceito de desenvolvimento sustentável.

Entretanto, devem ser criados novos marcos regulatórios para atingir este objetivo, e uma solução possível é a convergência das leis internacionais de regulação dos mercados de carbono e das leis de proteção das florestas tropicais nativas. Qualquer que seja a solução adotada, acima de tudo deve-se considerar a sobrevivência das futuras gerações da espécie humana em face aos desafios do aquecimento global.

.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASA CIVIL (2007). **Base de dados de legislação da Subchefia para Assuntos Jurídicos da Casa Civil da Presidência da República**. Consulta na Internet, endereço: < http://www.presidencia.gov.br/legislacao/>. Acesso em junho/2007.

CHANG, Man Yu (2004). **Seqüestro florestal de carbono no Brasil: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas**. São Paulo: Ed. Annablume.

FEARNSIDE, Philip M. (2000). **As florestas e a mitigação do efeito estufa: oportunidades no setor florestal para a mitigação do efeito estufa sob o mecanismo de desenvolvimento limpo**. Manaus: INPA, 2000, *apud:* CHANG, Man Yu (2004). Seqüestro florestal de carbono no Brasil: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. São Paulo: Ed. Annablume.

GARRIDO FILHA, Irene (2002). Manejo florestal: questões econômico-financeiras e ambientais. **Estudos Avançados**, São Paulo: 16 (45): 91-106, 2002.

GODOY, Sara G. M. (2005). **O Protocolo de Kyoto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: uma avaliação de suas possibilidades e limites**. Dissertação de Mestrado, PUC/SP, Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política, São Paulo.

GRÜTTER, Jürg; KAPPEL, Rolf; STAUB, Peter (2002). **The GHG market on the eve of Kyoto ratification.** Zürich: World Bank - National Strategies Studies.

LAMARCA JÚNIOR, Mariano Rua (2007).. **O valor econômico do carbono emitido pelo processo de desmatamento da Amazônia como instrumento de conservação florestal**. Dissertação de Mestrado, PUC/SP, Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política, São Paulo

LENTINI, Marco; PEREIRA, Denys; CELENTANO, Danielle; PEREIRA, Ritaumaria (2005). **Fatos Florestais da Amazônia 2005**. Belém: IMAZON – Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia.

MARCOVITCH, Jacques (2006). **Para mudar o futuro: mudanças climáticas, políticas públicas e estratégias empresariais**. São Paulo: Edusp / Ed. Saraiva.

MARQUES, Fabrício (2007). Cenários da floresta. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo: 136 (1): 32-33, junho, 2007.

MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia) (2006). **Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Emissões e remoções de dióxido de carbono por conversão de florestas e abandono de terras cultivadas**. Consulta na Internet, endereço: <http://www.mct.gov.br>. Acesso em 20/08/2007.

MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia) (2007a). **Convenção sobre mudança do clima**. Consulta na Internet, endereço: <http://www.mct.gov.br>. Acesso em 20/02/2007.

MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia) (2007b). **Protocolo de Quioto**. Consulta na Internet, endereço: <http://www.mct.gov.br>. Acesso em 20/02/2007.

NOBRE, Carlos (2000). **Amazônia: fonte ou sumidouro**. São José dos Campos: INPE, 2000, *apud:* CHANG, Man Yu (2004). *Seqüestro florestal de carbono no Brasil: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas*. São Paulo: Ed. Annablume.

ROCHA, Marcelo T. (2003). **Aquecimento Global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. Tese de Doutorado, Economia Aplicada, ESALQ/ USP, Piracicaba.

UNFCCC (2007). **Kyoto Protocol**. Consulta na Internet, endereço: <http://unfccc.int/2860.php>. Acesso em 20/02/2007.