

**III Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica.
11-13 Novembro de 1999.
Recife, PE**

**“Padrões de Uso do Solo, Desmatamento na Amazônia e seus Impactos Globais:
Um modelo Econômico-Ecológico de Dinâmica Regional”.**

Elisabeth I. Sherrill

Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia (COPPE).
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

1.Introdução

O desenvolvimento econômico sustentável da região Amazônica é um dos maiores desafios que o gerenciamento ambiental enfrenta hoje no Brasil, e no mundo. Esta região tem sido alvo no passado de muitas medidas governamentais equivocadas, desde políticas desenvolvimentistas visando unicamente a ocupação do território, como a rodovia TransAmazônica, até aquelas calcadas em estratégias tradicionais de desenvolvimento econômico, tais como os incentivos à agropecuária (Repetto, R. e Gillis 1988; Biswanger 1991; Fearnside 1989; Mahar 1989). Ambas as estratégias provaram ser pouco eficazes em gerar benefícios econômicos secundários duradouros e desastrosas do ponto de vista ambiental, pois trouxeram no seu bojo o desmatamento¹ indiscriminado. As causas do desmatamento, no entanto, não mais podem ser facilmente identificáveis por meio de políticas equivocadas de governo, mas são fruto das complexas inter-relações entre o ambiente e a realidade sócio-econômica da região, do país, e mesmo internacional. Estas causas tem sido objeto de muita controvérsia, em vista da dificuldade de obter e mensurar dados precisos sobre a extensão da

degradação efetuada por cada agente isolado e seu papel na dinâmica do desmatamento. Para que políticas direcionadas a retardar o processo de desmatamento surtam efeito, no

¹ o termo ‘desmatamento’ nesse trabalho é utilizado para significar ‘desflorestamento’, por se tratar do termo mais coloquial.

entanto, deverão estar calcadas em um conhecimento sobre suas causas. O aprimoramento deste conhecimento, portanto, é de grande valia para a conservação da floresta.

O modelo desenvolvido nesse trabalho foi fruto da estadia da pesquisadora na Universidade de Maryland, nos EUA, sob a orientação do Prof. Robert Costanza, com o apoio do CNPq. Foi desenvolvido na dinâmica de sistemas, utilizando o ‘software’ STELLA, da *High Performance Systems*. Esta é uma técnica que permite a representação de complexos inter-relacionamentos e processos auto-alimentantes não lineares sobre longos períodos de tempo (Forrester 1960; Forrester 1973; Randers 1980; Meadows 1976), particularmente característicos do que ocorre entre as ações humanas e o seu ambiente sócio-econômico, físico e biológico, e por isto está sendo utilizada de forma pioneira, principalmente por R. Costanza e outros, para a modelagem econômico-ecológica com vistas ao gerenciamento ambiental (Costanza R. Sklar, F. & White 1990; Costanza et al 1995; Costanza & Cowling et al 1995; Costanza et al 1993; Ruth & Hannon 1994), inclusive para as questões de natureza global, como aquelas pertinentes ao “Efeito Estufa” (Faeth et al 1994; Krahmer & Rockart 1996) e à silvicultura com vistas à assimilação de carbono (Fearnside 1998).

O modelo teve como objetivo buscar elucidar as causas do desmatamento, ao retratar as complexas interações que ocorrem, de forma simultânea, entre as decisões dos agentes econômicos instituídos, tomadas com base em indicadores de mercado relativos à escassez, e à acessibilidade, e os resultados ditados por pressões populacionais espontâneas, produto sobretudo da desigualdade social existente no país. Os padrões de uso do solo desses agentes foram retratados, sua influência sobre a demanda de terras, e suas interações econômico-ecológicas simuladas, de forma a fazer projeções sobre suas tendências no tempo, com o intuito de contribuir não só para a compreensão de suas causas mas com o objetivo de desenvolver meios científicos de discernir quando as funções ecológicas de natureza global, como a Conservação da Biodiversidade, o Sequestro de Carbono, e a Regulagem Climática, irão se tornar ameaçadas pela ocupação do território, mesmo que a natureza das consequências ecológicas seja quantificada ainda de forma apenas tentativa.

2. Abordagem Conceitual e Formulação dos Parâmetros Básicos²

O objetivo primordial do modelo (veja figura a seguir) foi o de retratar os padrões de uso do solo por trás das forças que ocasionam o desmatamento na Amazônia, e simular no tempo as consequências econômico-ecológicas desse fenômeno. A sua abordagem conceitual basicamente foi territorial: o modelo calcula quanto de Floresta Virgem, Floresta em Regeneração Primária e em Regeneração Secundária remanesce em qualquer período de tempo à medida que o desmatamento vai ocorrendo.

Para chegar a tal resultado, a área total da Amazônia Legal foi considerada como o limite conceitual do modelo e passível de desmatamento, sendo excluídas da análise as Áreas Urbanas e as Áreas Protegidas por Lei (Parques, Reservas Florestais e Indígenas). As áreas excluídas foram consideradas como inacessíveis, ou seja, já alocadas a um uso sem possibilidade de alteração, e que encerram comportamento desimportante para a compreensão do fenômeno analisado.

As áreas já ocupadas por Projetos (hidrelétricos e de mineração) ou consideradas com potencial para o seu desenvolvimento, foram também excluídas do cálculo das áreas nos vários estágios de cobertura florestal, mas modeladas pelo seu impacto populacional.

As forças consideradas como agentes do desmatamento foram: agricultura e agropecuária, o corte ou queima para agricultura de subsistência e o corte para a exploração madeireira (mesmo a exploração seletiva é muito destrutiva da biodiversidade na Amazônia), e o desenvolvimento de Projetos de grande escala (hidrelétricos e de mineração). A atividade garimpeira nos rios foi excluída devido a não ser esta uma atividade potencialmente destrutiva da cobertura florestal, sendo seu impacto ambiental direto a poluição dos rios por mercúrio. No entanto, o seu potencial indireto de geração de desemprego na região, e o impacto deste sobre a cobertura florestal, foi levado em consideração ao ser embutido nos cálculos de Emprego na Terra.

O uso do solo para as atividades econômicas que pressupõe o desmatamento e permitem a regeneração do solo florestal (agricultura e pecuária, agricultura de subsistência, exploração madeireira) foram agrupadas no **Sector de Uso do Solo**: a Floresta Virgem é desmatada e posta em uso (Corte e Uso), e eventualmente é abandonada. Esta taxa de abandono depende da Vida Útil do Solo, que por sua vez é uma função (expressa por um gráfico) da Disponibilidade Percebida de Terra: quanto mais terra é percebida como estando disponível, ou seja, quanto mais fácil é mover-se para outro lote de terra, menos tempo qualquer lote em particular será utilizado na Amazônia.

A variável Disponibilidade Percebida de Terra é um conceito dinâmico, que se ajusta à Disponibilidade Real à medida que novos lotes de solo florestal vão se tornando mais escassos e difíceis de atingir. O modelo assume que a Disponibilidade Percebida e a Real se ajustam a cada cinco anos. Porém, que é a noção Percebida que dita o comportamento dos agentes econômicos face à escassez, tais como as decisões sobre o investimento em produtividade da terra, que determinam a Vida Útil do Solo.

O modelo adota uma hipótese sobre a intensidade de utilização da terra baseada apenas no comportamento face à escassez, expressa em termos da facilidade de acesso à sucessivos lotes de solo florestal, porque se dirige primordialmente a elucidar as causas e consequências do desmatamento. Na realidade, em áreas distantes da fronteira florestal, a escassez de terra não é o único fator que determina as decisões sobre investimentos na sua produtividade, mas também a estrutura fundiária predominante, a facilidade de se obter crédito rural e a distribuição de renda, por exemplo. Porém, nas áreas de fronteira, onde o corte de floresta virgem está ocorrendo, assumiu-se que nenhum desses fatores tem maior importância, a não ser na forma como influenciam a relativa facilidade de se obter novos lotes.

A área cortada, uma vez abandonada, entra em processo de Regeneração Vegetal, primeiramente Primária e, com o tempo, que é função da Recuperação do Solo, entra em Secundária. O Tempo de Recuperação do Solo é expresso como uma função do Atraso na Chuva. O Atraso, ou diminuição, de Chuvas ocorre como resultado da menor

Evapotranspiração resultante da perda de biomassa devido ao desmatamento. O modelo assume que o efeito inicial da menor quantidade de Chuvas será benéfico para a Recuperação do Solo, uma vez que as condições prevalentes na Amazônia são de extrema umidade e consequente lixiviação natural do solo descoberto. Assim, o Tempo de Recuperação do Solo inicialmente é encurtado como resultado da diminuição de Chuvas, porém, um limite eventualmente é atingido em que a falta de Chuva começa a ser prejudicial e a aumentar esse Tempo exponencialmente.

O solo em Recuperação Secundária pode ser reutilizado, e posto novamente em Corte e Uso, dependendo da fração de Floresta Virgem Disponível e do Fator Total de Corte. A taxa em que o solo em Recuperação Secundária é reutilizado e a Floresta Virgem também é cortada é uma função do Fator Total de Corte. Este fator foi definido como sendo o produto da Demanda por Mais Terra e do Efeito da Disponibilidade de Terra no Corte. Este Efeito é uma função da própria Disponibilidade (à medida que a Disponibilidade de Terra aumenta, o seu Efeito no Corte também aumenta, e vice-versa). É importante notar que o conceito de Disponibilidade utilizado aqui é o Real, uma vez que determina ações imediatas de desmate ou queima.

A Demanda de Terra é uma função do tempo que leva para a área em Corte e Uso ser abandonada (como determinado através do Efeito da Disponibilidade Percebida de Terra na Vida Útil do solo), o número de Desempregados a cada período de tempo (em relação à densidade de emprego na terra em função do tamanho da Amazônia) e do tempo que se leva para ir de um lote a outro de terra explorada para agricultura de subsistência. A hipótese por trás dessa lógica é de que os trabalhadores, sem nenhuma outra fonte de renda, uma vez na Amazônia e se vendo desempregados, irão se dirigir para as áreas de fronteira e cortar ou queimar áreas de floresta para agricultura ou agropecuária de subsistência. A cada dois anos a produtividade dos lotes explorados nessas condições na Amazônia começa a declinar e em geral são abandonados (Fearnside 1989 e 1990). Essa hipótese se refere apenas ao comportamento de imigrantes sem-terra em áreas de fronteira, e não se estende a pequenos agricultores ou outros produtores rurais que porventura tenham o título de posse da terra e que são, portanto, considerados como estando empregados na terra.

O **Setor de Projetos** se circunscreve à área já ocupada por projetos Hidrelétricos e de Mineração ou considerada como tendo potencial para o seu desenvolvimento (contendo áreas de reservas minerais ou rios de potencial hidrelétrico). A natureza do desmatamento desta área foi diferenciada não só pela sua circunscrição às áreas que encerram potencial, mas também por assumir não haver regeneração florestal nas áreas já cortadas. Sabe-se que nem sempre este é o caso, especialmente em grandes projetos, pois muitos devotam parte de suas terras ao reflorestamento. No entanto, como é extremamente difícil estimar o que isto poderia significar dentro do total da Amazônia, e em que fase de regeneração, optou-se pelo cenário mais pessimista, assumindo que não há regeneração.

Cada fase do ciclo de um projeto foi modelada como tendo um impacto populacional específico em termos de geração de Emprego: Primários (empregos diretos), Secundários (empregos indiretos e subempregos, criados a partir do influxo populacional para as novas cidades, geralmente no setor de serviços), e Desemprego (devido à extinção de muitos empregos, depois da desativação das cidades criadas durante as obras). Assumiu-se que a população atraída, uma vez desempregada, permanece na região e recorre ao corte ou queima de floresta como forma de subsistência.

O **Setor de População** assume que, a princípio, a Amazônia é uma região inóspita e de difícil sobrevivência, havendo pouco ou nenhum atrativo para a imigração espontânea fora das áreas urbanas, uma vez que o modelo focaliza apenas as áreas de floresta. Assim sendo, a taxa de imigração normal foi considerada nula. A hipótese estipulada no modelo é que as pessoas se dirigem à região florestada em busca de emprego no Setor de Projetos, na Terra ou no Garimpo. O motivo que leva as pessoas a imigrarem para a Amazônia é a relativa abundância ou facilidade de obter emprego, ou ganhar a subsistência, em comparação com outras áreas. A relação entre a População Economicamente Ativa (PEA) e o número de Empregos determina se há ou não Desemprego na região, e se há incentivo para a imigração populacional.

O **Setor de Ecologia** retrata três funções econômico-ecológicas da floresta consideradas básicas para indicar o impacto do desmatamento nos serviços ecológicos de natureza global: Sequestro de Carbono (medido como quantidade de biomassa restante expressa em percentagem do total); Conservação da Biodiversidade (medida como percentagem das espécies remanescentes) e Regulagem Climática (através da relação entre Evapotranspiração, provinda da biomassa restante, e Chuva). Cada estágio de cobertura florestal está associado a um determinado grau (expresso em termos de percentagem do total) de conservação desses serviços florestais.

A Chuva é calculada como uma relação entre a Evapotranspiração e o Vapor Líquido provindo do Mar, trazido pelo Clima, movimentos de ar e topografia. Estes fenômenos estão ainda sendo alvo de estudos científicos na Amazônia, porém os cientistas estudiosos do assunto acreditam ser a evapotranspiração provinda da própria cobertura vegetal responsável por cerca de 50% das chuvas na região². Considerou-se também que a Chuva tem um Atraso ('lag') no qual se ajusta às novas condições de Evapotranspiração, ocasionadas pela menor quantidade de biomassa devido ao desmatamento progressivo. Este tempo é considerado como sendo dois anos, o que significa que, em qualquer período de tempo, a mudança no padrão de precipitação será calculada pela diferença entre a Chuva Atual (Realizada) e a Atrasada dividido pelo Tempo de Ajuste da Chuva (dois anos). Este tempo de ajuste foi estimado intuitivamente, uma vez que não há dados precisos sobre os efeitos da Evapotranspiração, ou de sua redução, nos padrões de precipitação da Amazônia.

Por seu turno, o Atraso na Chuva tem em si um efeito na Evapotranspiração. O Efeito do Atraso na Chuva na Evapotranspiração, que também é um fenômeno bastante desconhecido cientificamente para a Amazônia como um todo, é retratado como uma função que aumenta exponencialmente no tempo: quanto maior o Atraso na Chuva, menor a Evapotranspiração. A Evapotranspiração Total, portanto, é calculada como sendo o Efeito do Atraso na Chuva na Evapotranspiração multiplicado pela soma dos vários índices de Evapotranspiração nos diferentes estágios de cobertura florestal (Floresta Virgem,

Salati & Marques (1984)

Floresta em Regeneração Primária e Secundária), assumindo que a Floresta Virgem possui 100% de potencial de Evapotranspiração.

A Perda Total de Biodiversidade (Porcentagem de Espécies Remanescentes) é calculada de forma análoga, apenas assume-se que dois fatores ecológicos possuem neste caso maior importância: o Efeito na Temperatura e Umidade ocasionado pela diminuição na Chuva (Efeito da Chuva nas Espécies) e a quantidade de Floresta Virgem Remanescente em qualquer período de tempo (Efeito da Floresta Remanescente na Extinção). Este efeito é resultado do seguinte raciocínio: se há ainda considerável quantidade de floresta virgem remanescente, as chances de ainda haverem também considerável quantidade de espécies são muito maiores, mas diminuem exponencialmente com a redução da floresta. O Efeito da Chuva nas Espécies é o do gradual processo de desertificação que pode ocorrer com a perda de Evapotranspiração através da redução de biomassa devido ao desmatamento.

Ambos esses efeitos são fenômenos de muito longo prazo, pois nem o processo de desertificação, nem as consequências da redução no número de espécies presentes na vasta extensão territorial da Amazônia ocorrem rapidamente, quando a floresta remanescente é ainda considerável, mas aumentam exponencialmente uma vez que um limite crítico é atingido. A quantidade de redução na cobertura florestal necessária para atingir este limite é ainda desconhecida cientificamente, uma vez que necessitaria de conhecimento detalhado sobre a resiliência desse ecossistema a perturbações, mas pode ser postulado teoricamente, através das funções mencionadas acima.

Com respeito ao impacto de Projetos, considerou-se que a área devotada a esta atividade (Área Potencial de Projetos) não é significativa o suficiente, dentro do contexto da área total da Amazônia Legal, para que fosse indicada uma quantificação de seu impacto nos serviços ecológicos que dependem apenas da extensão de cobertura florestal, como é o caso do Sequestro de Carbono e da Regulagem Climática, que são função basicamente de biomassa. Porém, no caso do impacto sobre a Conservação da Biodiversidade, este raciocínio não se aplica, pois sabe-se que há espécies endêmicas que ocorrem somente em

determinadas áreas. Isto ocorre particularmente com os projetos Hidrelétricos, por exemplo, que muitas vezes são localizados em áreas remotas, de floresta totalmente intocada, e cujo impacto secundário, através da abertura de estradas e criação de núcleos populacionais, pode ser muito grande. Assim sendo, optou-se pelo cenário mais pessimista, e assumiu-se que os Projetos são particularmente nocivos à Conservação da Biodiversidade, escolhendo áreas especialmente significativas e possuindo um impacto multiplicador de, por exemplo, sua própria magnitude (100%).

4. Resultados das Simulações.

Os resultados, mostrados pelos gráficos a seguir, retratam as tendências dinâmicas dos principais parâmetros do modelo. **Floresta Virgem** (gráficos 1 e 2) possui trajetória descendente contínua e torna-se quase completamente devastada até o ano 2100. Já no ano 2050, há considerável perda de floresta, e a comparação dos dois resultados é demonstrativo de como o horizonte de tempo pode afetar a percepção do problema. Se a simulação é efetuada apenas até o ano 2050, o estoque de floresta remanescente é ainda considerável. No entanto, se esta simulação é estendida até o ano 2100, a vertiginosa queda da floresta é claramente observável a partir do presente (1999), esgotando-se em cerca de cem anos.

O estoque que representa a área em **Corte & Uso** possui trajetória ascendente a partir do presente. A **Demanda** por mais **Terra** é resultado das ações de uma população itinerante que pratica agricultura de rotação em diferentes lotes a cada dois a três anos, e função do tempo que se leva para abandonar uma área em Corte & Uso (que é determinado pelo Efeito da Disponibilidade Percebida de Terra na Vida Útil do solo). Como as áreas em uso comercial são muito mais vastas possuem um impacto significativamente maior mesmo que o abandono seja menos frequente. A Densidade de Emprego na Terra é baixa e, mantendo-se estável, é necessário que haja considerável Desemprego (através do Efeito do Emprego sobre a Migração), até que o desmatamento por esta fonte se torne significativo.

A **Vida Útil** do solo, mesmo subindo exponencialmente por volta do ano 2050, é incapaz de retardar suficientemente a velocidade em que a floresta é cortada em tempo de evitar a sua destruição. Isto evidencia que o efeito de escassez, expresso em termos de quanto de floresta é percebida como estando ainda disponível, é ineficaz nesse caso. Esses resultados atestam que o horizonte de tempo em que as decisões econômicas baseadas na escassez são tomadas, em áreas de fronteira florestal, não permite a percepção real do problema a tempo de reverter o processo de destruição e corrobora o que se tem observado em termos práticos na Amazônia: A área de floresta é vasta demais para influenciar decisões de mercado baseadas na escassez .

Os resultados do setor Ecologia (gráficos 3 e 4) apontam que a trajetória da variável **Atraso na Chuva** mantém-se estabilizada a um nível ainda alto, o que parece indicar uma redução da quantidade de Chuvas na ordem de 10 a 20% do total. Apesar de não aparentar ser um percentual muito elevado, este nível de redução já é suficiente para provocar efeitos bastante danosos ao clima Amazônico, de acordo com cientistas estudiosos do assunto. Salati (1983), por exemplo conclui:..."é importante salientar que uma redução na precipitação de 10 a 20% já será suficiente para induzir profundas modificações no atual ecossistema. Haverá modificações sucessivas na flora e na fauna até ser atingido um novo equilíbrio ecológico. Tudo indica que a realimentação é positiva e que os equilíbrios dinâmicos sucessivos terão curta duração. É impossível no nível do conhecimento atual prever as características do equilíbrio final" (pag.32). Além dos efeitos ecossistêmicos, há indícios de que a redução na chuva deverá afetar as regiões circunvizinhas da Amazônia, pois esta provavelmente é uma fonte de vapor para o Centro-Oeste brasileiro também.

Os resultados para a variável **Fração de Espécies Remanescentes** aparentemente indicam que a redução nas espécies não irá se processar na mesma velocidade que as outras funções ecológicas da floresta, pois esta se mantém-se em nível relativamente elevado, apesar do desmatamento. Há várias explicações para esse resultado: a percentagem das espécies remanescentes é influenciada por outros fatores além da extensão territorial da floresta, através do **Efeito da Chuva nas Espécies** e do **Efeito da Floresta Remanescente na Extinção**. O **Atraso na Chuva**, como já vimos, não decresce muito em termos

percentuais, mas o seu efeito é significativo. Portanto, a sua influência sobre as espécies está subestimada. Já o efeito na extinção, por definição, só se faz sentir quando a floresta remanescente é pouca, e torna-se também subestimado, uma vez que a extensão da floresta é proporcionalmente grande na maioria do tempo. Além disso, temos que considerar que o modelo assume como o uso do solo mais danoso à biodiversidade aquele alocado à Projetos, que estão circunscritos a apenas 4% da área da Amazônia Legal.

Em suma, a conservação da biodiversidade é um fenômeno muito mais complexo do que este modelo foi capaz de capturar, uma vez que não levou em consideração as complexas inter-relações ecológicas que ocorrem e são desencadeadas a partir de uma única perturbação. No entanto, como estamos muito longe de estabelecer cientificamente estas reações em cadeia, devido à complexidade dos vários ecossistemas que compõem a Amazônia e de sua imensa extensão, hipóteses teriam que ser formuladas para este comportamento. Poderiam ser então testadas no modelo, a partir da definição da magnitude do impacto territorial.

As outras variáveis de interesse do setor Ecologia acompanham a lógica da degradação florestal e de sua dependência do cálculo da biomassa restante. Tanto a **Evapotranspiração** quanto o **Sequestro de Carbono** possuem trajetória bastante similar à da **Floresta Virgem**. A assimilação de carbono que ocorre nas fases de regeneração vegetal (primária e secundária) não pode ser levada em consideração no modelo, devido ao desconhecimento científico existente, não só da importância dessa assimilação durante a regeneração de áreas abandonadas, como também sobre a extensão e natureza dessas áreas na Amazônia. O mesmo se aplica ao cálculo da Evapotranspiração, cujo potencial remanescente foi estimado apenas com base na biomassa restante, sem levar em consideração a natureza de cada ecossistema afetado e sua capacidade de retenção de água.

As tendências identificadas pelos resultados indicam também que o processo de regeneração vegetal é por demais vagaroso para evitar a extinção da floresta, como demonstra a trajetória da variável **Disponível para Corte** (Floresta Virgem+Em Regeneração Secundária - gráfico 6), cuja trajetória é bastante semelhante à da Floresta

Virgem , indicando que as ações de corte e abandono são rápidas demais para permitir a regeneração (gráfico 5), cujo horizonte de tempo é bastante longo.

Em termos dos resultados sobre Emprego e Desemprego (gráfico 7), observa-se que o **Emprego na Terra** está associado às áreas em **Corte & Uso**, pois de acordo com as hipóteses do modelo, a população itinerante não encontra-se empregada na terra. Porém, aumentos na densidade desse emprego, surte efeito imediato em retardar a ascensão da área em Corte & Uso. O **Emprego no Garimpo** é ainda inexpressivo, devido à sua densidade ser ainda muito baixa em comparação com o tamanho da Amazônia.

5. Conclusões.

O modelo acima descrito, devido à natureza do problema em questão, enfatiza o desenvolvimento metodológico ao invés da estimação do valor de parâmetros específicos. No caso da Amazônia isto foi fundamental, uma vez que as interações entre o ecossistema e o homem são ainda em grande parte desconhecidas, devido à sua complexidade e extensão territorial. Sendo assim, muitas questões empíricas permaneceram pouco esclarecidas, e tiveram que ser estabelecidas com base no bom senso e nas informações disponíveis.

Apesar disso, o comportamento da variável **Floresta Virgem** confirmou o que a maioria dos especialistas e estudiosos da Amazônia vem dizendo há tempo, sem contudo quantificar a sua estrutura causal de forma mais precisa: *a floresta está ameaçada*. Está ameaçada não só através de uma demanda incessante de terra por parte da mobilidade de uma população rural destituída e sem opção de sobrevivência, mas também devido à grande disponibilidade de terra existente na Amazônia não incentivar um comportamento de conservação face à escassez por parte dos agentes econômicos instituídos .

Isto ocorre devido às percepções econômicas baseadas na relativa escassez serem formadas em um horizonte de tempo curto demais para poder refletir as questões de longo prazo e a visão do todo que a conservação da floresta requer. Isto é devido ao fato de ser a floresta Amazônica uma entidade regional, em sua imensa extensão, cujas funções ecológicas

globais são exercidas apenas através do efeito do todo. Essas funções não são capturadas pelo mercado, que é capaz de refletir apenas as forças de oferta e demanda de um lote de terra em particular, e dentro de um horizonte de tempo limitado.

O aumento das pressões populacionais e da taxa de desmatamento tem sido correlacionados positivamente na região há pelo menos trinta anos (Seroa da Motta 1993), sem contudo estabelecer a sua relação causal. O comportamento resultante desse modelo, porém, estabelece esta causalidade e qualifica esta população. A sensibilidade do modelo à variável do Desemprego denota a importância do processo de exclusão social na causalidade por trás do desmatamento da Amazônia. Da mesma forma, os resultados apontam na direção de atenção para com o potencial do Efeito do Emprego sobre a Migração, que ocorre com o desenvolvimento de atividades que atuam como chamariz para uma população carente, mas que possuem natureza temporária e tornam-se, portanto, fonte de desemprego na região. Este efeito exerce suficiente pressão sobre a floresta, independente do crescimento populacional vegetativo. Notoriamente são essas as atividades do Garimpo, que se extingue em pouco tempo, e dos Projetos, cuja fase de construção atrai grandes contingentes populacionais, não só através da geração de empregos diretos, mas principalmente indiretos, através da formação de pequenos núcleos durante as obras. Estes projetos revelam-se grandes indutores de desemprego, após a fase de construção e a sua desativação. Os efeitos indiretos dos grandes projetos na Amazônia já tem sido documentados como principal causadores dos seus impactos ambientais nefastos, não só sobre a conservação da floresta, induzindo ao desmatamento, como também sobre a qualidade de vida das populações trazidas ao local, provocando problemas habitacionais, sanitários, indutores de endemias e de poluição hídrica³. Principalmente, a aprovação de novos projetos de mineração, que possui maior potencial de expansão territorial na Amazônia, e cujo perfil é indutor de atividades garimpeiras ilegais.

O desenvolvimento de infra-estrutura de transportes e de armazenagem (estradas, vias fluviais, serrarias etc) na região é também claramente indutora do desmatamento, e das

³ “Os impactos do Pólo Siderúrgico de Carajás no Desflorestamento da Amazônia Brasileira” Reis, E. (1992)

atividades ilegais (madeireiras e garimpeiras), ao prover maior acessibilidade, ou disponibilidade, e seus efeitos devem ser analisados com cautela, para que os benefícios oriundos de um maior desenvolvimento econômico da região não acarretem em custos ambientais que o tornem inviável.

Em vista da dificuldade de fiscalizar vastas áreas de floresta nativa, e de controlar movimentos populacionais espontâneos em direção à fronteira florestal, seria proveitoso ao Governo buscar influenciar os indicadores de mercado de forma a incentivar a conservação por parte daqueles agentes econômicos cujas decisões são movidas por estes indicadores e que, em geral, tem acesso à posse da terra. Como é comprovadamente fácil ao grande pecuarista pagar ou mesmo evadir multas por desmatamento ilegal⁴, os instrumentos de mercado se apresentam como uma das alternativas mais eficazes.

Isto só pode ser atingido, porém, com especial atenção ao contexto econômico mais amplo, ou seja, a partir de um maior entendimento dos fatores (macroeconômicos, locais e regionais) que influenciam a tomada de decisão no âmbito privado sobre a intensidade de utilização do solo e o número de empregos gerados. Em particular, sobre como o preço da terra, o tipo/facilidade de crédito rural, a instabilidade e a política econômica (incluindo a cambial) afetam a taxa de desmatamento.

A intensificação do uso da terra, diminuindo a Taxa de Abandono, pode ser obtida tanto através da maior utilização de insumos, como fertilizantes (aumentando a produtividade) como também provendo incentivos à maior utilização de mão-de-obra (aumentando o emprego rural), o que causa incrementos na Densidade de Emprego na Terra. Estas considerações apontam na direção de políticas voltadas para a geração de emprego nas áreas rurais e em medidas destinadas a fixar o homem à terra de maneira geral, como retentoras da taxa de desmatamento. Ao aumentarem a Densidade de Emprego surtirão efeito sobre o Desemprego e a Demanda por mais Terra. O emprego rural pode também ser visto como acesso à posse da terra. Portanto, as medidas destinadas a assentar as famílias sem terra, fora

⁴ Revista VEJA Abril 1999

das áreas de floresta, surtirão duplo efeito: o de prover maior segurança ao proprietário já intitulado, evitando assim o desmatamento como meio de prevenir invasões; e o de diminuir o número de desempregados, amortecendo o impacto dessa população sobre as áreas de fronteira florestal.

A atividade madeireira, apesar de sua natureza predatória dos recursos florestais, não possui um perfil temporário, em vista da vasta extensão da floresta, porém agrava a problemática ao fazer uso da mão-de-obra desempregada que já ingressou no meio rural. A existência de empregos (Efeito do Emprego sobre a Migração positivo), sem a conjugação de uma maior intensificação do uso do solo (aumentos na Vida Útil) e de utilização de mão-de-obra (aumentos na Densidade de Emprego na Terra), é explosiva para a taxa de desmatamento.

É importante ressaltar, que a questão do desemprego não se restringe à problemática da região Amazônica, porém expande-se além fronteiras para as regiões adjacentes, a nível regional, nacional e até mesmo internacional. As oportunidades presentes na região Nordeste e nas áreas urbanas da Amazônia, por exemplo, são fatores que determinam diretamente a relativa atratividade da migração populacional para as áreas de fronteira florestal. Portanto, qualquer progresso na direção de melhora na qualidade de vida dessas áreas surtirá efeito em aliviar a pressão sobre a floresta remanescente. A nível internacional, as atividades na Amazônia voltadas para a exportação (madeira, soja) e que são influenciadas pela política cambial, devem ser direcionadas a adotar um modelo produtivo mais intensificador do uso da mão-de-obra, o que, no entanto, contraria o modelo tecnológico vigente. Portanto, o desmatamento não é produto apenas da expansão da fronteira agrícola mas da adoção de um modelo produtivo baseado em tecnologias vindas de fora e que são sobremaneira excludentes de mão-de-obra.

No entanto, há duas vertentes em que o Governo pode e deve atuar que surtirão efeito sobre as causas do desmatamento:

_ A regulamentação do mercado de terras na região, de forma a atingir um nível de preços nas áreas de fronteira florestal que seja compatível com o valor real do solo florestal intacto, e de crédito agrícola que seja indutor de uma maior intensificação do uso desse solo, se desmatado. Para isto, uma análise mais precisa da influência dos fatores macroeconômicos sobre a tomada de decisão no âmbito privado se fará necessária e o papel da estrutura fundiária;

_ Aumentar a densidade de emprego na terra e estancar a mobilidade da população desempregada, tanto através da promoção de atividades econômicas mais intensivas em mão-de-obra, quanto investindo na melhoria nas condições de emprego nas regiões adjacentes, como também efetuando assentamentos em áreas fora da fronteira florestal.

Além disso, medidas relativas à regulamentação da indústria de madeira tropical, com o intuito de internalizar os seus custos externos, e de corrigir um pouco do enorme déficit entre a renda de escassez dessa atividade e sua renda de mercado, também surtirão efeito sobre a indução ao desmatamento, apesar de mais difíceis de serem implementadas e atingidas.

Referências Bibliográficas

Aylward, Bruce. " Appropriating the Value of Wildlife and Wildlands" in *Economics for the Wilds* Swanson, Timothy e Barbier, Edward eds. Island Press. 1992.

Biswanger, H.P. "Brazilian Policies that Encourage Deforestation in the Amazon". World Development, Vol.19, nº17. 1991.

Costanza, R. Sklar, F. & White, M. "Modeling Coastal Landscape Dynamics" BioScience Vol.40 No.2 Fev.1990.

Costanza, R.;Cowling, R.;Higgins, S.,Turpie, J., Maitre,le D.C., Marais,C.,Midley, G. *An Ecological Economic Simulation Model of Mountain Fynbos Ecosystems: Dynamics, Valuation and Management*. Curso de Economia Ecológica ministrado na Universidade de Capetown, Africa do Sul. 1995

Costanza, R., Folke, C., Maler, Karl-Goran, Wainger, L. "Modeling Complex Ecological Economic Systems – *Towards an evolutionary, dynamic understanding of people and nature*" BioScience Vol.43 No.8. September 1993.

Costanza, R., Bockstael, N., Strand, I., Boynton, W., Bell, K. & Wainger, L. "Ecological Economic Modeling and Valuation of Ecosystems". Ecological Economics Journal. 1995.

Fearnside, P.M. "Forestry Management in Amazonia: The need for new criteria in evaluating development options". State of Pará Development Magazine nº 25. Jan/Dez 1989

Fearnside, P. "Predominant Land Uses in Brazilian Amazonia" in *Alternatives to Deforestation - Steps Towards Sustainable Use of the Amazon Rain Forest* Anderson, A. editor. Columbia University Press 1990.

Fearnside, P. "Plantation Forestry in Brazil: Projections to 2050". Biomass and Bioenergy . 1998.

Faeth, P., Cort, C. & Livernash, R. "Evaluating the Carbon Benefits of Forestry Projects in Developing Countries". World Resources Institute. EPA. Feb. 1994.

Forrester, Jay W. *Principles of Systems* Cambridge, Mass. MIT Press. 1968

Forrester, Jay W. *Industrial Dynamics*. Cambridge, Mass. MIT Press. 1961

Forrester, Jay W. *Urban Dynamics*. Cambridge, Mass. MIT Press. 1969.

Forrester, Jay W. *World Dynamics*. Cambridge, Mass. MIT Press. 1971.

Forrester, Jay W. *Collected Papers of Jay W. Forrester*. Cambridge, Mass. MIT Press. 1975.

Mahar, D. "Government Policies and Deforestation in Brazil's Amazon Region" World Bank in cooperation with The World Wildlife Fund and The Conservation Foundation. 1989.

Margulis, S. "The performance of the Brazilian Government and of The World Bank with regard to the environmental issues in the Ferro Carajás Project" Discussion paper nº193. IPEA. (Institute for Applied Economic Research) August 1990.

Meadows, Donella H. "The Unavoidable A Priori". Proceedings from the 19th Conference on System Dynamics Modeling. Stockholm, Sweden.

MIT, 1997. Building a System Dynamics Model. Part 1: Conceptualization. MIT System Dynamics in Education Project: Road Maps to System Dynamics. Under the supervision of Dr. Jay W. Forrester.

- Randers, Jørgen.. "Guidelines for Model Conceptualization" in *Elements of the System Dynamics Method*. Portland, Oregon. Productivity Press. 1980.
- Repetto, R. & Gillis, M. eds. *Public Policies and the Misuse of Forest Resources*. Cambridge University Press. 1988.
- Ruth, M. & Hannon, B. *Dynamic Modelling*. Springer-Verlag. New York. 1994.
- Salati, E. & Marques, J. "Climatology of the Amazon Region".In: Sioli, H. ed. *The Amazon: Liminology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. DRW.Junk Publishers. 1984.
- Salati, E. "The Forest and the Hydrological Cycle". In Dickinson, R.E. ed. *The Geophisiology of Amazonia _ Vegetation and Climate Interactions*. John Wiley & Sons. 1987.
- Salati, E. "O Clima Atual depende da Floresta". In Salati et.al. 1983.
- Salati, E., Shubart,H. & Oliveira, A E. *Amazônia: Desenvolvimento, Integração e Ecologia*. CNPq. Ed. Brasiliense. 1983
- Salati, E. Ferreira, A.M.M. "The Large-Scale Biosphere Atmosphere Experiment in Amazonia".Subcomponente: Dimensão Humana. Nov.1997
- Seroa da Motta, R. "Recent Evolution of Environmental Management in the Brazilian Public Sector: Issues and Recommendations". in Ercol, D. (ed.) "Environmental Management in Developing Countries" OECD, Paris. 1989.
- Seroa da Motta, R. "Past and Current Policy Issues Concerning Tropical Deforestation in Brazil". Kiel Working Paper nº.566. The Kiel Institute for World Economics. March 1993.
- Serrão, E.A.S., Nepstad, D. & Walker, R. "Upland Agricultural and Forestry development in the Amazon: sustainability, criticality and resilience". Ecological Economics Journal. July 1996.
- Walker, R. & Homma, A.K.O. "Land Use and land cover dynamics in the Brazilian Amazon: an overview". Ecological Economics Journal. July 1996.