

The text that follows is a REPRINT
O texto que segue é uma SEPARATA

Please cite as:

Favor citar como:

Fearnside, P.M. 2022. Fatores limitantes para o desenvolvimento da agropecuária na Amazônia brasileira. p. 135-156. In: Fearnside, P.M. (ed.) *Destruição e Conservação da Floresta Amazônica*. Editora do INPA, Manaus. 356 p.

ISBN: 978-85-211-0193-2.

Copyright: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

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

<https://bit.ly/3Bw8lnU>
<http://philip.inpa.gov.br>

Esta é uma tradução de:

Fearnside, P.M. 1997. Limiting factors for development of agriculture and ranching in Brazilian Amazonia. *Revista Brasileira de Biologia* 57(4): 531-549.

CAPÍTULO 8

Fatores limitantes para o desenvolvimento da agropecuária na Amazônia brasileira

Philip M. Fearnside

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA
Av. André Araújo, 2936 – CEP: 69.067-375, Manaus, Amazonas, Brasil.
E-mail: pmfearn@inpa.gov.br

Tradução de:

Fearnside, P.M. 1997. Limiting factors for development of agriculture and ranching in Brazilian Amazonia. *Revista Brasileira de Biologia* 57(4): 531-549.

RESUMO

Fatores limitantes restringem tanto a intensificação da agropecuária como a escala em que estes usos da terra podem ser ampliados. A expressão dos fatores limitantes no desenvolvimento é mediada pelo planejamento humano: a percepção de limites sobre os rendimentos agrícolas, a severidade e a probabilidade de impactos ambientais, pode conduzir a decisões para limitar a expansão agrícola. Limites sobre a intensificação da agricultura incluem limites agronômicos (sobre os rendimentos por hectare), tecnológicos, de pesquisa e culturais. Limites sobre a expansão das áreas agrícolas incluem recursos físicos limitantes, tais como jazidas de fosfato, e limites de valores sociais, institucionais (inclusive a credibilidade das instituições), sobre a habitação humana (tais como a saúde), e sobre riscos ambientais. Limites de considerações nas esferas política e militar frequentemente anulam “decisões racionais”, baseadas na aptidão do solo e nas consequências ambientais. No entanto, este tipo de “interferência” pode causar uma gama de impactos que, se corretamente avaliados, provavelmente tornaria o resultado líquido de tais projetos de desenvolvimento, negativo para os interesses nacionais do Brasil.

PALAVRAS CHAVE: agropecuária, Amazônia, capacidade de suporte, desenvolvimento econômico, desmatamento, fatores limitantes, pecuária bovina

INTRODUÇÃO: FATORES LIMITANTES

Tipos de fatores limitantes

Justus Liebig (1840) observou que plantas requerem certas substâncias químicas do solo, e que elas não podem crescer a menos que uma quantidade mínima de cada substância esteja presente. O nutriente que está carente, então, limita o crescimento da planta (um princípio que, até hoje, guia a teoria na ecologia e a prática na aplicação de fertilizantes na agricultura). Esta “lei do mínimo” foi ampliada por Blackman (1905) para incluir os efeitos limitantes do máximo, e por Shelford (1911) para incluir o efeito

modificador da tolerância dos organismos ao responder aos limites de mínimo ou de máximo. A “lei da tolerância” de Shelford completou o conceito de fatores limitantes na forma como geralmente é aplicada hoje.

A maior parte do uso de fatores limitantes enfoca os efeitos de um único fator, sendo a redução na complexidade permitida por esta abordagem é um dos aspectos mais forte do conceito, em fazer sentido uma gama de possíveis influências que, de outra forma, seriam confusas. No entanto, fatores únicos raramente limitam organismos ou populações no mundo real. Hubbell argumentou fortemente contra a “inundação de respostas de fator único nos últimos 20 anos” (1973: 95). Ele sugere que, ao invés disso, “vários fatores podem agir simultaneamente, concebivelmente igualmente” na limitação de populações a qualquer momento no tempo. A produção pode ser não apenas colimitada através de vários fatores, mas também os sinergismos entre fatores podem resultar em maiores aumentos de produção quando certas combinações de fatores são fornecidas juntas. O melhor exemplo é a limitação de água e de nitrogênio sobre a produção de terras de pastoreio na região Sahel da África (veja revisão por Hall, 1990).

Entre os tipos de fatores limitantes que afetam o crescimento de plantas em geral, inclusive a agricultura na Amazônia, estão nutrientes de solo, água, luz, gás carbônico, ataques de pragas e doenças. Em sistemas agrícolas, pode-se contornar os fatores limitantes (até certo ponto) por contribuições externas de energia, fertilizantes e outros insumos que dependem da disponibilidade de capital.

O uso de insumos agrícolas de fora faz com que seja necessária a definição explícita dos limites sobre estes insumos (e, por conseguinte, sobre a capacidade de suporte humano). Podem ser evitadas carências locais não apenas pela importação de insumos de energia, mas também de fertilizantes e capital inicial. Ao extremo, poderia até mesmo ter agricultura na lua se for permitido importar tudo de fora do sistema local. Os limites práticos sobre a importação de insumos

provavelmente serão determinados através dos mercados para os produtos agrícolas exportados do sistema e pela natureza finita dos estoques disponíveis dos insumos nas áreas de origem. Estes limites são críticos por causa da vasta área da Amazônia: 5×10^6 km² na Amazônia Legal brasileira (Fig. 1).

Fatores limitantes do desenvolvimento amazônico podem ser agrupados em uma série de classes, das quais limitações agrônômicas representam apenas uma. Também são importantes as limitações institucionais, limites impostos por valores, mecanismos ou costumes sociais, por condições de vida humana e pelo contexto macroeconômico do desenvolvimento. Salati *et al.* (1998) examinaram a pergunta de fatores limitantes sobre o desenvolvimento sustentável na Amazônia, agrupando as limitações naquelas que afetam a produtividade biológica e na esfera institucional. Estes autores mostraram a necessidade de tomadores de decisões

sobre políticas entenderem que a natureza possui limites sobre a produção agrícola, e enfatiza o potencial de melhorar a eficiência fazendo melhor uso do conhecimento indígena e através da agilização das instituições através da participação de organizações que agem em diferentes níveis, desde o micro (local) até o macro (das políticas públicas).

Os limites do desenvolvimento atuam de dois modos: limites sobre a produção por área imposta por restrições na intensificação de uso em qualquer determinado hectare de terra, e restrições na área para a qual a atividade pode se expandir, como ditado, por exemplo, pela área “disponível”. Alguns dos fatores são trocáveis entre os dois tipos de restrições, como fertilizantes, mão-de-obra e capital entre intensificar produção por hectare e ampliar o número de hectares. Alguns fatores não são trocáveis, como os que não envolvem a distribuição entre opções concorrentes; exemplos incluem os



Figura 1. A Amazônia Legal brasileira.

impedimentos impostos por valores sociais e fatores macroeconômicos.

Expressão de fatores limitantes

Intermediação do planejamento

Avaliação de fatores limitantes sobre o desenvolvimento é fundamentalmente diferente, de alguns modos, de avaliar limitar fatores para uma população de organismos em um ecossistema natural ou no campo de um fazendeiro. Limites de desenvolvimento são mediados através de inteligência humana, pelos mecanismos de planejar (inclusive zoneamento) e uma variedade de barreiras reguladoras (incluindo avaliações de impactos ambientais). Se terra pobre conduzirá a colheitas fracassadas ou se o desmatamento conduzirá para erosão e degradação do solo, então a percepção destes limites pode conduzir a decisões para não cortar floresta para agricultura. Em lugar de simplesmente permitir que os colonos encontrem os limites físicos, uma camada adicional de informação, julgamentos de valor e tomada de decisão é interposto entre as limitações físicas e as decisões sobre desenvolvimento. Por exemplo, quais são os níveis aceitáveis de risco de fracasso da colheita? Quais são os riscos aceitáveis de grandes catástrofes ambientais? Estes e uma larga gama de outras considerações determinarão os fatores limitantes aplicáveis para o desenvolvimento da agropecuária na Amazônia.

Efeito de variabilidade

A variabilidade de qualquer fator, em lugar de apenas o valor médio, é um aspecto essencial de limitação. O fósforo do solo, a chuva, o dinheiro ou outras necessidades variam muito no espaço e no tempo. A capacidade para sobreviver às carências de um determinado fator, depende, em parte, de mecanismos como uma almofada monetária (ex., dinheiro, ou uma reserva equivalente como o gado, que pode ser utilizado quando necessário). Em sociedades agrícolas tradicionais, dinheiro vivo e armazenamento de valor e produtos são raros, mas formas de seguro são providas compartilhando entre membros da família ou agrupamentos da

comunidade, e por isso que Allan (1965) chamou isto de “excesso natural da agricultura de subsistência nível”. Este mecanismo envolve plantar mais área de cada colheita do que seria necessária para que seja produzido o suficiente para a subsistência, mesmo que o rendimento fosse mau, assim fornecendo uma margem de segurança contra carências.

LIMITES SOBRE A INTENSIFICAÇÃO

Limites agronômicos sobre rendimento por hectare

A “lei do mínimo” de Liebig é aplicada na agricultura na forma conhecida como o “modelo de resposta linear e platô”. A resposta ao rendimento da colheita abaixo de um nível suficiente de cada nutriente é considerada linear, enquanto nenhuma resposta ocorre acima desse limiar. Este modelo foi mostrado para ser adequado para propósitos práticos para o trabalho agronômico em terras tropicais, com resultados apenas marginalmente melhores sendo obtidos usando funções quadráticas (Waugh *et al.*, 1975). O modelo de resposta linear e platô foi aplicado a culturas agrícolas usadas por colonos na rodovia Transamazônica (Fearnside, 1986a). Por causa do solo ácido na maioria da área (na maior parte da Amazônia), o pH é frequentemente o caráter limitante do solo, por exemplo, para milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), feijão de corda (*Vigna sinensis*), mandioca brava e macaxeira (*Manihot esculenta*), pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) e cacau (*Theobroma cacao*). Com o passar do tempo, o domínio do pH tende a exagerar o seu papel na manutenção dos níveis de produtividade das culturas. O pH pode ser mantido em um nível razoável através de queimadas frequentes das roças agrícolas, mas é provável que outros limites, tais como a falta de matéria orgânica e de vários cátions associados, apareçam em alguns anos (Fearnside, 1986a). O arroz (*Oryza sativa*) está limitado pelo pH em combinação com matéria orgânica, íons de alumínio e fósforo total (Fearnside, 1986a). No caso da pastagem, o fósforo disponível limita a produção (Serrão & Falesi, 1977; Fearnside,

1979a). Os rendimentos de todas as culturas anuais não só dependem da fertilidade do solo, mas também da densidade de plantio, da consorciação com outras culturas, e dos ataques de pragas e doenças.

Limites tecnológicos e de pesquisa

A tentação sempre é forte em acreditar que a pesquisa removerá praticamente todos os limites sobre o desenvolvimento, e não há nenhum lugar onde tais voos de imaginação estão mais livres de correr soltos do que na Amazônia. Por causa da vasta área da região, estão suposições de áreas enormes de agricultura intensiva na Amazônia o fator mais importante que está por trás de conclusões globais fantásticas sobre a capacidade da terra para sustentar populações humanas. Presume-se que isto faça parte da convicção do então presidente dos E.U.A., Ronald Reagan de que “estudos agrícolas” haviam mostrado que o mundo poderia sustentar 28 bilhões de pessoas, se pudessem persuadir os outros países a cultivarem as suas áreas aráveis na mesma intensidade que é encontrada nos E.U.A. (Holden, 1980: 989).

É fácil para os planejadores se convencerem que os rendimentos das culturas podem aumentar indefinidamente, e que eles podem aumentar a sempre taxas crescentes. Por exemplo, quando a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) foi criada em 1974, uma série de projeções de rendimentos por hectare foi feita para culturas diferentes que presumem crescimento linear, logarítmico e exponencial do rendimento (Páez & Dutra, 1974). Recentemente, Gallopín & Winograd (1995: 27) chegaram a uma conclusão otimista com relação às perspectivas para um «cenário sustentável», presumindo que os rendimentos por hectare das culturas aumentarão exponencialmente a 1,5-2,0%/ano (veja Fearnside, 1996a). A ideia de que o crescimento exponencial é uma opção está enganada, e a noção que se pode selecionar isto como se fosse escolher algo de uma estante é ainda mais perigosa. Na realidade, os rendimentos brasileiros por hectare tradicionalmente têm sido quase constantes,

aumentos na colheita total são obtidos através da expansão das áreas cultivadas (Paiva *et al.*, 1976: 62-68).

A tentativa mais conhecida para diminuir os limites de restrições do solo para sustentar produção agrícola ao longo do tempo é o projeto para desenvolver cultivo contínuo empreendido pela Universidade Estadual da Carolina do Norte (NCSU), junto com instituições peruanas, em Yurimaguas, Peru (Sánchez *et al.*, 1982; Nicholaidis *et al.*, 1985; veja Fearnside, 1987, 1988; Walker *et al.*, 1987). Depleção do solo é um problema fundamental que fica cada vez mais caro e problemático para corrigir na medida em que o tempo procede sobre cultivo contínuo. Todos os nutrientes removidos nas colheitas colhidas ou perdidos por erosão, lixiviação, podem ser substituídos por outros processos na forma de fertilizantes. O custo da substituição não só tem que incluir a despesa significativa de comprar os fertilizantes e transportá-los até o local, mas também a despesa de identificar quais elementos estão faltando e em que quantidades para cada roça, e de comunicar estas informações a tempo ao agricultor para permitir a correção das deficiências antes que os rendimentos sejam afetados. Os principais macronutrientes (nitrogênio [N], fósforo [P] e potássio [K]), junto com calcário, respondem pela maioria da despesa de compra e transporte. Sánchez *et al.* (1982: 825) afirmam que as quantidades de fertilizante que precisam ser fornecidas destes elementos são semelhantes às quantidades usadas por agricultores na região sudeste dos E.U.A. Embora este fato poderia ter a aparência de implicar que a agricultura poderia ser tal lucrativa na Amazônia como na Carolina do Norte, deveria se lembrado que as distâncias longas elevam em muito o custo de fertilizante e diminuem em muito os preços recebidos pelas colheitas que é o caso em outros lugares.

A correção da depleção de micronutrientes, embora requeira apenas pequenas quantidades de fertilizantes importados, acrescentaria substancialmente ao custo e ao risco dos agricultores que praticam o sistema. Devem ser equilibrados os nutrientes para evitar sinergismos prejudiciais. O sistema requer análise

do solo e amostras de planta depois de cada colheita para calcular a mistura certa de nutrientes para fertilização. Está temeroso imaginar a expansão da capacidade dos laboratórios e dos serviços de extensão que seria necessária para controlar os milhões de amostras que seriam geradas se a tecnologia Yurimaguas fosse implementada amplamente. Embora estes serviços foram fornecidos grátis (ex., como um subsídio) por NCSU no caso dos agricultores que colaboram com a estação experimental de Yurimaguas, os agricultores, os contribuintes ou os consumidores nos países amazônicos teriam que aguentar estas despesas se o sistema fosse ampliado. Quando Sánchez *et al.* (1982) publicaram os primeiros resultados da experiência, as parcelas experimentais tinham oito anos e precisavam, além de N, P, e K a substituição de cinco outros nutrientes: magnésio, cobre, zinco, boro e molibdênio. Três anos depois, tinham sido acrescentados mais dois nutrientes à lista: enxofre e magnésio (D. Alterne, comunicação pessoal, 1985). O grupo de pesquisa se queixou da dificuldade de obter pureza adequada nas amostras de solo e a precisão suficiente nas análises de laboratório: com micronutrientes, uma diferença de só algumas partes por bilhões pode ter um impacto grande em rendimentos de colheita. A dificuldade de obter tal precisão seria indubitavelmente muito maior para agricultores com dificuldades de isolamento geográfico, falta de educação e uma ligação tênue com as instalações de laboratório por meio de uma cadeia de pessoal de extensão que frequentemente faltam treinamento e motivação. Qualquer erro ou demora no cálculo da mistura correta de fertilizantes pode causar perdas nos rendimentos. Sánchez *et al.* (1982: 824) admite: “No tratamento completo, foram aplicados fertilizantes e calcário de acordo com as recomendações baseadas em análises de solo. Durante o segundo ou terceiro ano, no entanto, os rendimentos começaram a diminuir rapidamente. A análise do solo identificou dois possíveis fatores... calcário, e... magnésio”. Se rendimentos puderem sofrer por causa de má avaliação das necessidades de nutrientes em um campo experimental monitorado de perto por uma equipe altamente qualificada de agrônomos de pesquisa, se esperaria que a queda no rendimento das colheitas seria muito mais

frequente nas roças dos agricultores amazônicos. Fracassos seriam mais altos por causa do fornecimento incerto de insumos e das informações sobre quais insumos são necessários.

Para fazer o sistema funcionar corretamente, é necessário informações separadas para cada campo. Sánchez *et al.* (1982: 824) afirmaram que “a cronometragem do aparecimento de limitações de fertilidade de solo e a intensidade da sua expressão variou nos [três] campos [de teste], embora eles estivessem localizados perto um do outro, estavam na mesma unidade cartográfica de solo, e tiveram a mesma vegetação antes de desmatar. A intensidade do fogo durante o desmatamento é considerada um fator que contribui a esta variabilidade”. A dificuldade de adquirir resultados a tempo para medidas apropriadas de correção, quando só alguns campos experimentais são envolvidos, deveria dar alguma indicação da magnitude dos problemas que seriam enfrentados por agricultores tentando extrair resultados deste tipo dos laboratórios de solos do governo e as suas burocracias associadas. Uma situação paralela pode ser encontrada nas dificuldades dos agricultores na rodovia Transamazônica do Brasil na obtenção da liberação de desembolsos de crédito no momento apropriado no ano agrícola (Moran, 1981).

Limites culturais

A ideia de que a Amazônia pode, um dia, se assemelhar aos vales do Ganges ou do Yangtze, com populações humanas densas que são sustentadas por arroz irrigado, aponta a importância de limitações culturais e o grande abismo que existe entre os limites físicos e as restrições sobre populações humanas. Não é provável que a Amazônia sofra uma transformação deste tipo no futuro previsível porque, entre outras barreiras, a população que habita a região teria que sofrer mudanças culturais radicais para tornar atraente a rotina pesada de transplantar arroz. É improvável que a agricultura amazônica mude por transfusões de imigrantes de outros lugares onde métodos mais intensivos já fazem parte da tradição cultural. Os

imigrantes japoneses em Tomé-Açu oferecem um bom exemplo (Fearnside, 1980a; Subler & Uhl, 1990), assim como os Gaúchos trazidos à rodovia Transamazônica pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) com a expectativa enganada de que eles serviriam como um modelo para os colonos provenientes de outras partes do País (Moran, 1981).

A mudança cultural que conduz à intensificação ou à desintensificação da agricultura tem sido assunto de muita discussão entre cientistas sociais (revisado por Brookfield, 1972). Boserup (1965: 62-63) mostrou a tendência de pessoas que migram de áreas densamente povoadas para áreas escassamente povoadas abandonarem os métodos intensivos que elas usavam antigamente, substituindo os por métodos extensos. Isto aconteceu frequentemente na Amazônia, por exemplo, entre os colonos que chegaram na rodovia Transamazônica de outras partes do Brasil nos anos 1970.

Limitações educacionais restringem as opções agrícolas que podem ser implantadas. Um caso ilustrativo é a decisão da cooperativa Cotrijui, em 1986, de desistir de uma iniciativa de criação de bicho de seda, proposta em Mato Grosso, porque, de acordo com funcionários da cooperativa, era considerado que os colonos na área tinham educação insuficiente para dominar a tecnologia.

LIMITES SOBRE A EXPANSÃO

Limites de recursos físicos

Aparte de limites de espaço, os recursos físicos, tais como jazidas de fosfato, restringem as áreas para as quais os diferentes usos de terra podem se expandir. Decisões sobre o uso da terra encarnam julgamentos de valor sobre que uso deveria ser feito de pedaços diferentes de terra. Quando são tomadas decisões em escala regional, como no zoneamento econômico-ecológico atualmente em andamento no Brasil, a escala das áreas que entram nos resultados de usos diferentes, em propriedades emergentes que não são pensadas a um nível micro. Não é fácil chegar a uma fórmula para tomar estas decisões

de uma maneira que garante “sabedoria” em equilibrar os diferentes papéis que cada local poderia ter no ecossistema e na sociedade. Por exemplo, até agora, a tendência da metodologia de zoneamento foi de avaliar as diferentes restrições sobre as escolhas agrícolas impostas pela qualidade do solo, topografia, pluviosidade e outros fatores físicos. Os locais mais férteis são alocados aos usos mais intensos, enquanto os locais com pouco potencial agrícola são zoneados como reservas florestais.

A necessidade de precaução em designar áreas para a agricultura é ilustrada pela questão da expansão agrícola no Acre. Mapas preliminares de zoneamento produzidos pela EMBRAPA indicaram grandes áreas para agricultura, inclusive os dois terços ocidentais de Acre (Brasil, EMBRAPA, 1988). Um zoneamento preliminar feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) difere do zoneamento da EMBRAPA em suas recomendações para a maioria da Amazônia, mas concorda que o Acre ocidental deveria ser usado para agricultura (Régis, 1989). Acredita-se que os solos desta área são melhores que os da maioria da Amazônia, pelo menos em uma escala muito geral. O Acre também é a melhor área para estabelecer reservas extrativistas, tanto por causa das densidades relativamente altas de árvores na floresta que produzem produtos valiosos, como pela melhor organização social entre os habitantes humanos da floresta (Allegretti, 1990; Fearnside, 1989).

Decisões sobre o uso da terra, baseadas em permitir a intensidade máxima que as condições físicas permitem pode ultrapassar limites rapidamente em outras esferas quando são consideradas distribuições de zoneamento individuais junto. O zoneamento é mais que a soma das suas partes. Podem ser esperados resultados enganosos de métodos de zoneamento que não incluem providências por limitações de vários tipos na área, que pode ser alocada para qualquer uso da terra. Pode examinar cada célula em uma malha em um sistema de informação geográfico (GIS), comparando o solo, chuva, etc., com as demandas de uma determinada cultura agrícola, e concluir que cada

célula individual pode ser alocada ao uso em questão, e ainda chegar a uma conclusão global que é completamente irreal. Por exemplo, esta é a explicação da conclusão que o Brasil pode sustentar sete bilhões de pessoas, alcançada por um estudo realizado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), em colaboração com o Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA) e o Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados (IIASA) (FAO, 1980, 1981, 1984; Higgins *et al.*, 1982).

Vale a pena examinar o estudo da FAO/UNFPA/IIASA, já que a ilusão embutida nele, de que a Amazônia pode ser transformada em um grande celeiro (uma ideia que antecede em muito tempo o estudo FAO/UNFPA/IIASA) é um persistente e pernicioso fator no planejamento brasileiro para a região. Os resultados do estudo contêm numerosas inconsistências óbvias com a realidade, indicando que tais esforços precisam estar baseados em mais verdade terrestre. A Amazônia brasileira é toda indicada no estudo da FAO/UNFPA/IIASA como capaz de sustentar entre meia e uma pessoa por hectare ao baixo nível atual de insumos tecnológicos, e entre cinco e dez pessoas por hectare com insumos altos (fertilizantes, mecanização e uma ótima mistura de culturas não irrigadas). Estes cálculos conduzem à conclusão de que o Brasil poderia sustentar uma população incrível de 7,1 bilhões de pessoas, se altos níveis de insumos fossem aplicados (Higgins *et al.*, 1982: 104). A possibilidade implícita de converter a região em uma vasta área de agricultura mecanizada com altos níveis de insumos vai contra os limites de disponibilidade de recursos para suprir os insumos. A Amazônia não tem praticamente nenhuma jazida de fosfato; os transportes são caros, quando a vasta extensão da Amazônia é considerada, e a agricultura deste tipo logo entraria em conflito com os limites absolutos deste recurso. A tentação é grande para ver a Amazônia como uma cornucópia em potencial capaz de resolver os problemas da população e de distribuição da terra; os limites sobre a aplicação da agricultura intensiva em grande escala tornam esta proposta uma

ilusão cruel (veja Fearnside, 1990a). Estes limites são ilustrados pela inviabilidade de aplicar em qualquer parte significativa da Amazônia a tecnologia Yurimaguas para cultivo contínuo, previamente discutida.

Um dos fatores que conduzem aos altos valores para capacidade de suporte que o estudo apontou para a Amazônia é a suposição de que a qualidade da terra em áreas ainda não cultivadas é igual à qualidade nas áreas já cultivadas. O estudo vai tão longe que alega que “há evidência de que a produtividade das reservas pode ser mais alta, mas, por causa de simplicidade, é presumido que a produtividade em potencial da terra nova esteja igual à da terra já sobre cultivo” (FAO, 1984: 43). Infelizmente, como também é verdade na maior parte do planeta, as melhores terras são as primeiras a serem aproveitadas para o cultivo, com a qualidade da terra diminuindo progressivamente nas novas áreas de assentamento, até que apenas terras muito marginais permanecem. Das terras em projetos de colonização instalados os anos 1970 em Rondônia, 42% foram classificados por uma pesquisa de solo do governo como sendo “boas para agricultura com insumos baixos ou médios”. Por exemplo, para projetos iniciados na primeira metade dos anos 1980, foram classificados assim 15% da terra, enquanto para áreas planejadas na época a quantidade foi de minúsculos 0,13% (Fearnside, 1986b).

Uma recomendação incluída no estudo da FAO/UNFPA/IIASA que os países em desenvolvimento deveriam encorajar a migração para as terras baixas tropicais, a partir das áreas altamente povoadas em latitudes e/ou altitudes mais altas (por exemplo, FAO, 1984: 21), é provável provar uma catástrofe ambiental, assim como já aconteceu com programas semelhantes em países como a Colômbia, Equador, Bolívia e Indonésia. A sugestão de que propriedades “fragmentadas” de terra devem se agrupar em “propriedades consolidadas” como parte da transição para agricultura de altos insumos (FAO, 1981: 16) acabaria com a função social de muitos programas tropicais de assentamento. As conclusões sobre a capacidade de suporte humano são afetadas pela falta de

consideração no estudo da igualdade na distribuição do alimento produzido, além do efeito do sistema ativamente concentrador de posse da terra que o relatório implicitamente recomenda.

A necessidade de fertilizantes de fosfato torna as perspectivas pobres para manter o uso da terra mais comum nas áreas desmatadas—a pastagem—em grandes extensões na Amazônia. No início dos anos 1970, quando os programas de incentivos fiscais para pastagens amazônicas estavam se expandindo rapidamente, a agência que hoje é a EMBRAPA manteve que o pasto melhorava o solo (Falesi, 1974, 1976). Infelizmente, o fósforo disponível cai abruptamente do pico causado pela deposição inicial de cinza da queima da floresta, depois de dez anos, os níveis deste elemento crítico chegam a níveis tão baixos quanto os sob a floresta virgem, e muito abaixo dos níveis exigidos pelo capim de pastagem (Fearnside, 1980b; Hecht, 1981, 1983). Em 1977, a EMBRAPA mudou a sua posição de que o pasto melhorava o solo, passando a recomendar que a produtividade seja mantida aplicando 50 kg/ha de fósforo anualmente, equivalente a aproximadamente 300 kg/ha de adubo superfosfato (Serrão & Falesi, 1977; Serrão *et al.*, 1979). A produtividade muito maior de pastagem quando fertilizada com fosfato é óbvia (Koster *et al.*, 1977). Os problemas são o custo de suprir o fosfato e os limites absolutos dos estoques mineráveis deste mineral.

Um relatório sobre as jazidas de fosfato no Brasil, publicado pelo Ministério de Minas e Energia, indica uma única jazida pequena na Amazônia, situada na costa atlântica perto da divisa entre Pará e Maranhão (de Lima, 1976) (Fig. 2). Além do tamanho pequeno da jazida, o seu fósforo tem a desvantagem de ser complexado com o alumínio, dificultando o seu uso agrícola, embora não seja impossível o desenvolvimento de novas tecnologias para a fabricação de fertilizantes (dos Santos, 1981: 178). Uma jazida adicional foi descoberta no Rio Maecuru, perto de Monte Alegre, Pará, embora a estimativa do seu tamanho ainda esteja incompleta (Beisiegel & de Souza, 1986). Quase todos os fosfatos do Brasil estão no Estado

de Minas Gerais, um local muito distante da maioria da Amazônia. Brasil não é dotada de um estoque particularmente grande de fosfato; os Estados Unidos, por exemplo, têm depósitos aproximadamente 20 vezes maiores (de Lima, 1976). Em uma escala global, a maioria dos fosfatos ficam situados na África (Sheldon, 1982). A continuação das tendências prevaletentes desde a Segunda Guerra Mundial, em uso de fosfato, esvaziaria os estoques mundiais até os meados do século XXI (Smith *et al.*, 1972; E.U.A., CEQ & Department of State, 1980). Embora uma extrapolação simples destas tendências seja questionável por causa dos limites sobre o aumento da população humana continuado às taxas passadas (Wells, 1976), a conversão de uma porção significativa da Amazônia em pasto fertilizado aceleraria em muito o dia quando o fosfato seria esgotado no Brasil e no mundo. O Brasil seria sábio em ponderar cuidadosamente se deveria alocar para os



Figura 2. Minas e jazidas de fosfatos no Brasil (de Lima, 1976). A jazida na vale do Rio Maecuru é de Beisiegel & de Souza, 1986.

pastos amazônicos os seus estoques remanescentes deste recurso limitado.

Pode ser esperado que grandes expansões de pasto estejam sujeitas a erupções de doenças e insetos, da mesma maneira como outras grandes monoculturas. Trocando as variedades de capim plantadas podem se opor a tais problemas até certo ponto, mas o custo e a frequência de tal mudança deverá aumentar. A *Brachiaria decumbens* (braquiária), um capim antigamente comum na rodovia Belém-Brasília, foi devastada no início dos anos 1970 por erupções do inseto da ordem Hemiptera conhecido como cigarrinha (Cercopidae: *Deois incompleta*). O capim colônio (*Panicum maximum*) se tornou um favorito na área, e o seu desempenho foi descrito pela EMBRAPA como “magnífico” (Falesi, 1974). A diminuição posterior da produtividade ficou aparente, com a depleção do fósforo disponível e a invasão de ervas daninhas. A invasão de ervas daninhas em *P. maximum* é facilitada pelo hábito de crescimento em touceiras desta espécie, que deixa espaços vazios entre os tufo de capim, e pela germinação pobre das sementes produzidas pelo capim no campo. Antes dos anos 1980, a cigarrinha tinha se adaptado bem à *P. maximum*, mas não aos níveis devastadores alcançados em *B. decumbens*. No final dos anos 1970, a EMBRAPA começou a recomendar o capim de hábito rastejador conhecido como braquiária amazônica (*Brachiaria humidicola*). Esta espécie era, no princípio, tolerante ao ataque de cigarrinha, mas os insetos se tornaram cada vez mais bem adaptados a ela. A EMBRAPA atualmente recomenda os capins brizantão (*Brachiaria brizantha*) e andropógon (*Andropogon gayanus*). A constante mudança de espécies e recomendações de fertilizante não alteram as características básicas de pastagem que torna a sua sustentabilidade duvidosa.

A sustentabilidade do pasto, assim como também seus impactos sociais e ambientais é fortemente ligada à extensão potencial destas áreas. Uma área pequena de pastagem pode ser mantida com insumos de nutrientes importados, enquanto uma área grande não pode. Uma área pequena causaria impactos

climáticos que estão dentro da capacidade dos sistemas naturais para corrigir ou absorver, mas uma área grande deslancharia, em algum ponto, processos que levam estes equilíbrios a se degenerar (Fearnside, 1985, Salati & Vose, 1984). A característica mais inquietante da pastagem é que não há nenhum limite imediato para contrariar a sua expansão. Diferente de outras culturas, especialmente as culturas perenes, limites de mercado para os produtos do sistema são improváveis de parar sua expansão, pois a demanda para carne de boi é tremenda e seria até maior se mais carne ficasse disponível. A disponibilidade de mão-de-obra também não restringe a pastagem, por ser um sistema extenso com baixa demanda de mão-de-obra (Fearnside, 1980c, 1986a). O domínio de pastagem entre as escolhas de uso da terra permite que uma população humana pequena tenha um impacto máximo sobre o desmatamento (Davidson, 1987: 8; Fearnside, 1983a).

Limitações de insumos colocam restrições rígidas sobre a expansão de sistemas agrícolas exigentes de fertilizantes, inclusive sistemas agroflorestais (Fearnside, 1995a). Mercados para os produtos restringiriam a expansão de muitos usos da terra (especialmente culturas perenes, tais como o cacau) que poderiam, de outra forma, ser escolhas desejáveis dos pontos de vista de sustentabilidade e de impacto ambiental.

Os limites de mercado, refletidos na diminuição dos preços de cacau que começou 1977, fazem com que as vantagens do cacau (e.g., Alvim, 1981) sejam improváveis a continuar, até mesmo para a pequena porção da Amazônia que é atualmente dedicada a este uso da terra, deixado só entrar outras áreas que poderiam ser zoneadas para expansão de plantações de cacau. Em Rondônia, a área principal de cacauicultura na Amazônia brasileira, o Projeto POLONOROESTE do Banco Mundial (um projeto de desenvolvimento regional que incluiu a pavimentação da rodovia BR-364), teve cacau como o esteio de seu programa agrícola. A proposta do Banco para o POLONOROESTE, que foi escrita antes do projeto ser lançado, projetou o declínio nos preços do cacau que, na realidade, aconteceu desde então, conforme a predição (IBRD, 1981).

Limites de valores sociais

Henry Walter Bates (1863), o grande naturalista do século XIX, que erradamente acreditou que terras amazônicas eram férteis, se maravilhou que na Amazônia um fazendeiro [branco] poderia ganhar uma renda aceitável com menos de uma dúzia de escravos. Obviamente, os valores sociais mudaram desde o tempo de Bates para excluir sistemas de produção baseado em escravidão, ou pelo menos o tipo de escravidão que foi abolido no Brasil em 1888. Os limites de aceitabilidade social não são estáticos. A “escravidão” de trabalhadores de carvão vegetal na área de Grande Carajás, por exemplo, representa um sistema que, mais cedo ou mais tarde, tem que se acabar, com base na justiça social. Denúncias de escravidão no Brasil perante o Tribunal Internacional de Trabalho em Genebra em 1994 provocaram um escândalo que envolve a indústria brasileira de carvão vegetal (Sutton, 1994; Pachauski, 1994; Pamplona & Rodrigues, 1995). A pergunta é se deveriam ser aceitas outras práticas socialmente questionáveis, como condições fixas, tem implicações profundas para os fatores que limitam a produção. Mudanças na situação de posse da terra na Amazônia e a prática de especulação de terra afetariam fortemente a direção do desenvolvimento. A quantidade de terra “disponível” para desenvolvimento intensivo também depende de se é considerada “aceitável” a obliteração de culturas indígenas.

Limites institucionais

Os limites institucionais do desenvolvimento tomam muitas formas diferentes. Um exemplo é a limitação institucional imposta por extensão e outros serviços de apoio à agricultura. Estes incluem limites de infraestrutura, tais como, a impossibilidade de laboratórios de solo atender à demanda que seria necessária para estender a tecnologia Yurimaguas para grandes áreas. Eles também incluem os limites culturais, tais como a recusa dos agentes de extensão de visitar propriedades além do alcance dos seus veículos. As barreiras culturais para comunicação entre os agentes de extensão e os pequenos agricultores na Amazônia são suficientes para cancelar quase todo o efeito

que estes agentes poderiam ter (veja Moran, 1981; Fearnside, 1986a).

O financiamento, desde empréstimos bancários para pequenos agricultores até grandes empréstimos internacionais para projetos de desenvolvimento, representa um fator limitante para muitos tipos de uso da terra. A natureza limitada dos fundos disponíveis para distribuição pelas instituições financeiras obviamente possui um limite ao nível de financiamento. Este não é o único tipo de limitação, no entanto.

No caso de financiamento da agricultura, restrições burocráticas sobre os empréstimos comumente excluem o financiamento das camadas mais pobres da sociedade. Os títulos de terra normalmente são requeridos pelos bancos para crédito agrícola, e é menos provável que os agricultores mais pobres tenham estes documentos. Vários tipos de garantias exigidos para iniciativas de “alto risco” também podem ser um obstáculo. Um exemplo é a demanda (relaxada em 1995) pelo governo alemão para garantias no caso do mal uso de fundos pelas várias cooperativas e outras organizações não governamentais serem financiadas pelo setor de projetos demonstrativos (PD/A), do Programa Piloto para a Conservação das Florestas Tropicais do Brasil.

Um limite institucional que afeta grandes empréstimos de desenvolvimento internacionais é a credibilidade institucional. Isto age como um fator limitante quando empréstimos não são aprovados (ou não são contemplados) devido à falta de confiança no compromisso das instituições implementadoras para respeitar os limites ambientais. Esta falta de confiança pode ter uma base firme na realidade, e deve ser examinada.

O Brasil, assim como muitos outros países, tem um sistema regulador que administra a avaliação e a aprovação de projetos propostos de desenvolvimento. Este sistema está composto de uma série de decretos, leis e providências constitucionais, e é projetado para assegurar que sejam feitas escolhas sábias de desenvolvimento. Os componentes do sistema incluem a exigência desde 1986 que propostas para grandes projetos sejam

examinadas por um Relatório de Impactos sobre o Meio Ambiente (RIMA) e um Estudo de Impactos Ambientais (EIA). Infelizmente, muitos dos mecanismos que compõem este sistema falharam repetidamente em exemplos específicos para cumprir o seu papel de garantir a proteção ambiental. Fortalecer o sistema regulador seria necessário para relaxar o efeito limitador que a falta de credibilidade coloca sobre os financiamentos por bancos multilaterais.

Um exemplo é fornecido pela melhoria da rodovia BR-429, em Rondônia. Esta estrada, que conecta Presidente Medici a Costa Marques, abriu o Vale do Rio Guaporé ao assentamento. Praticamente nada da terra aberta pela estrada é satisfatória para agricultura com baixos ou médios insumos, e só poderia ser esperado que os assentamentos trouxeram severos problemas agrícolas, sociais e ambientais (Fearnside, 1986b). Porque toda a Rondônia, inclusive o Vale do Rio Guaporé, é parte da área de influência do Projeto POLONOROESTE, financiado pelo Banco Mundial, o governo brasileiro tinha se comprometido a proteger o meio ambiente em toda esta área quando aceitou o financiamento para o POLONOROESTE (que reconstruiu a rodovia BR-364 que liga Cuiabá a Porto Velho, e financiou o desenvolvimento associado à rodovia). Quando o plano para melhorar a rodovia BR-429 para o tráfego em todos as épocas do ano se tornou uma controvérsia pública, o Governador de Rondônia fez uma solene declaração pública diante dos representantes do Banco Mundial que a BR-429 não seria melhorada (testemunhada por este autor, 16 de setembro de 1987). Não obstante, alguns meses depois a melhoria tinha acontecido.

Além das discrepâncias entre o discurso e a ação, a proteção ambiental pode ser até mesmo uma impossibilidade, mesmo quando as ações são tomadas. Não importa o grau de sinceridade com que as autoridades de governo podem jurar que o desmatamento será evitado em um determinado projeto de desenvolvimento, muito do processo de desmatamento permanece fora do controle do governo. Por exemplo, uma estrada que corta uma reserva para abrir uma área no

outro lado pode parecer uma boa ideia ao escutar as garantias solenes das agências do governo de que nenhum assentamento será permitido ao longo da estrada, mas os desenvolvimentos, na prática, são prováveis de serem diferentes uma vez que a estrada for construída. O melhor exemplo é a estrada pela Parque Nacional Yasuní, no Equador para abrir campos de petróleo desenvolvidos inicialmente pelo Texaco.

Como controlar o desmatamento é um dos mais importantes e mais difíceis problemas para qualquer política de desenvolvimento. Na Amazônia brasileira prevalece uma tradição de mais de 400 anos, de desrespeito completo por qualquer lei projetada para preservar a flora e fauna da área (Sternberg, 1973). Em todo o Brasil a lei é percebida como algo que só será aplicado a “inimigos”, e que sempre pode ser evitado por meio do onipresente “jeito” (Rosenn, 1971). Uma tradição existente, datando da época colonial, de manter tecnicamente em vigor milhares de leis e de só aplicar algumas delas. Estes problemas fazem com que seja difícil de formular leis efetivas para controlar o desmatamento, e não é razoável esperar que este contexto do problema mudará no futuro próximo.

Limites de habitação humana

Problemas de saúde humana, particularmente a malária, impediram extensas áreas da Amazônia de serem densamente povoadas durante os últimos cinco séculos. Hoje, em áreas de assentamentos de pequenos agricultores, a malária tem um impacto significativo na produção agrícola (e na confiabilidade daquela produção), incapacitando membros-chaves da família na época do ano quando do trabalho deles é necessário para tarefas agrícolas específicas. Foi quantificado o efeito da saúde humana em provisão de trabalho e habilidade para executar tarefas agrícolas para colonos da rodovia Transamazônica (Fearnside, 1978, 1986a) usando dados na sazonalidade de admissões de hospital em Altamira (Smith, 1976).

Conflitos de terra representam um limite sobre as atividades agrícolas em muitas

partes da região. Em áreas como o Bico do Papagaio, no norte de Tocantins, que é notório pela matança decorrente das reivindicações de terra contraditórias, alguns tipos de desenvolvimento seriam difíceis. Até mesmo na ausência de conflitos de terra, o aumento rápido de populações de colonos acrescenta um aspecto de instabilidade para usos da terra que requerem manutenção de um sistema de manejo consistente ao longo de um extenso período.

Limites sobre risco

Riscos ambientais

Os impactos ambientais limitam a alocação de terra para muitos usos. Por exemplo, a suscetibilidade para erosão do solo é uma restrição direta. As alocações podem afetar áreas vizinhas também, por exemplo, quando são colocados os pequenos agricultores em proximidade íntima com reservas de floresta natural. Invasões de áreas de reserva seguem frequentemente, aproveitando da infraestrutura viária implantada para os pequenos agricultores. Exemplos incluem a Área Indígena Sete de Setembro, perto de Cacoal, e a Área Indígena Uru-Eu-Wau-Wau, perto de Ouro Preto do Oeste (ambos em Rondônia). A interposição de plantações silviculturais tem sido sugerida como uma barreira efetiva onde este uso da terra é viável (Fearnside, 1983a; Davidson, 1987: 8). Pequenos agricultores não são os únicos atores que tem impactos sobre áreas vizinhas de floresta, queimadas de pastagens em grandes fazendas podem conduzir a incêndios que entram na floresta adjacente, especialmente se esta foi seletivamente explorada para madeira (Uhl & Buschbacher, 1985).

Fatores limitantes impostos pela necessidade para satisfazer os padrões de qualidade ambiental deveriam ser interpretados em termos de um conceito da paisagem como um mosaico de áreas diferentes, onde critérios diferentes se aplicam, inclusive exigências para qualidade ambiental (Odum, 1969; Eden, 1978; Fearnside, 1979b). Esta visão ajusta bem com o paradigma atual de zonas de entorno ao redor das unidades de conservação, com níveis diferentes de biodiversidade e

outros aspectos do ecossistema original mantidos em círculos concêntricos ao redor das áreas núcleo (Sayer, 1991).

O fator limitante mais óbvio para a expansão da agricultura e pecuária na Amazônia é a área de floresta que deve ser mantida intacta. As diferentes formas de uso de terra insinuam impactos ambientais (com níveis distintos de impacto que dependem se o uso da terra se mostra sustentável). O impacto de converter floresta a outro uso da terra não depende apenas do pedaço de terra para o qual a conversão está sendo considerada, mas também o que foi feito com o resto da região. Na medida em que há o acúmulo de área desmatada, aumenta-se o perigo que cada hectare adicional de desmatamento conduzirá a impactos inaceitáveis. Por exemplo, o risco de extinções de espécies aumenta muito na medida em que as áreas remanescentes de floresta natural diminuem. O papel da floresta amazônica no ciclo da água na região também implica num risco crescente com a escala do desmatamento, quando as reduções de chuva causadas por perdas de evapotranspiração da floresta são somadas ao efeito da variabilidade natural que caracteriza a chuva na região, as secas resultantes podem cruzar limiares biológicos que conduzem a graves impactos (Fearnside, 1995b). Estes limiares incluem a tolerância à seca das espécies individuais de árvores, e a probabilidade aumentada de incêndios que podem se propagar na floresta em pé. Os incêndios já entram em florestas em pé na Amazônia brasileira, especialmente em áreas perturbadas pela exploração madeireira (Uhl & Buschbacher, 1985; Uhl & Kauffman, 1990). Durante a seca do El Niño de 1982/1983, aproximadamente 45.000 km² de floresta tropical na ilha de Borneo queimaram quando fogos escaparam dos campos de cultivadores itinerantes. Dos 35.000 km² desta área na província indonésia de Kalimantan Oriental, pelo menos 8.000 km² era floresta primária, enquanto 12.000 km² eram de floresta seletivamente explorada para madeira (Malingreau *et al.*, 1985). Na Amazônia, eventos de “mega-El Niño” causaram conflagrações difundidas na floresta quatro vezes durante os últimos 2.000 anos (Meggers, 1994). O efeito de desmatamento amplo é de fazer eventos

relativamente raros tornarem-se algo que poderia ocorrer periodicamente a intervalos muito mais frequentes. A maneira em que estes perigos estão incorporados nas decisões sobre o uso da terra terá forte influência sobre a capacidade de suporte da região para as populações humanas. Presume-se que a região inteira pudesse ser convertida a uso agrícola sem consequências inaceitáveis, então a capacidade de suporte que seria calculada seria muito mais alta do que presumindo que bastante floresta tem que permanecer intacta para manter o risco de catástrofes ambientais dentro de limites definidos.

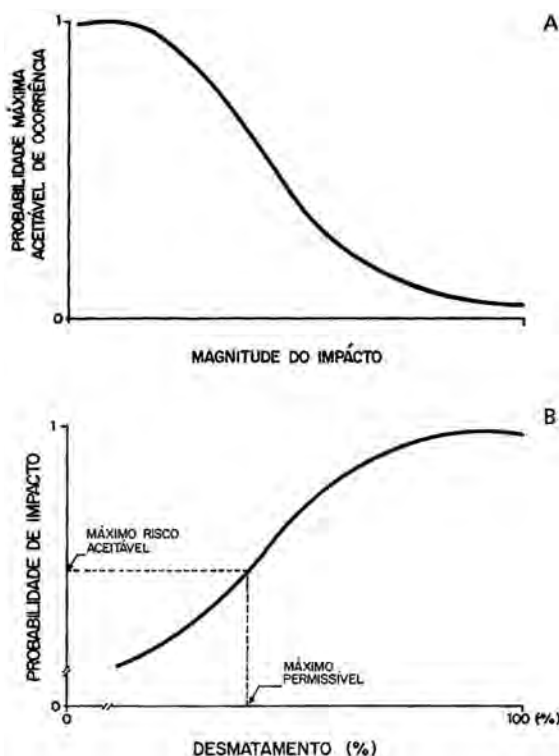
A Figura 3A mostra a relação entre a magnitude de um impacto e a probabilidade máxima que a sociedade está disposta a aceitar de o impacto acontecer. Impactos pequenos, tais como o fracasso de uma determinada colheita, podem até mesmo ser aceitáveis de ocorrerem todos os anos (probabilidade de 1,0), mas a sociedade deveria insistir em uma probabilidade minúscula de uma grande catástrofe acontecer, por exemplo, um ano seco o suficiente para permitir o fogo destruir áreas grandes de floresta tropical em pé. Isto é análogo a precauções

para evitar explosões ou outros acidentes graves que envolvem usinas nucleares, somente riscos infinitesimalmente pequenos são aceitáveis à sociedade. A aceitabilidade de risco para a sociedade (Fig. 3A) não é uma questão científica, mas uma questão moral e política que precisa ser debatida e decidida de maneira democrática.

Um esboço grosseiro da possível relação entre o risco ambiental para expansão de área de desmatamento é apresentado na Figura 3B. Ao contrário da relação entre o risco aceitável e a magnitude do impacto (Fig. 3A), a relação de risco com o desmatamento (Fig. 3B) é uma questão científica. A construção de uma curva deste tipo baseado em estudos de campo deveria ser uma prioridade. Na medida em que a área desmatada aumenta, a probabilidade de uma grande perturbação aumenta, como uma seca severa que excede a tolerância de muitas espécies de árvores adaptadas a um clima relativamente estável.

A quantidade máxima permitida de desmatamento pode ser calculada dos gráficos A e B de Figura 3. Começando com o tamanho do impacto que seria provocado através da perturbação do desmatamento, pode ser determinado o nível correspondente de risco máximo aceitável para a sociedade (a partir da Figura 3A). Então, pode-se determinar (a partir da Figura 3B) a porcentagem de floresta que poderia ser cortada e ainda poderia ficar dentro dos limites deste nível de risco aceitável.

Figura 3. A. Relação entre o nível de risco aceitável e a magnitude do impacto. Dado que algumas consequências esperadas do desmatamento são graves, a probabilidade máxima aceitável destes impactos acontecerem deveria ser baixa (Fonte: Fearnside, 1993b). B. A porcentagem máxima permissível de desmatamento, determinada a partir do risco máximo aceitável (esta probabilidade é determinada na parte A) (Fonte: Fearnside, 1993b).



Riscos agrícolas

As escolhas sobre desenvolvimento não só criam riscos para os que participam nas atividades de desenvolvimento e os que vivem na vizinhança imediata dos projetos, mas também para terceiros que podem estar milhares de quilômetros distantes do projeto. Por exemplo, quando o cacau foi promovido em Rondônia como o esteio agrícola do projeto POLONOROESTE, aumentou substancialmente o risco da doença vassoura de bruxa (causado pelo fungo *Crinipellis perniciososa*) se espalhar pela principal região de cacauicultura do Brasil, na ex-Mata Atlântica do Estado

da Bahia. Com serviço de ônibus direto, que conecta Rondônia com a Bahia, era só uma questão de tempo antes do fungo saltar esta barreira geográfica. Na realidade, a doença entrou na Bahia em 1988, somente sete anos depois que o projeto de POLONOROESTE começou, e devastou o cacau ao longo do período 1988-1995. Indubitavelmente, a perda para a economia do Brasil representada pela destruição do cacau na Bahia ultrapassou todos os ganhos econômicos de agricultura na área do POLONOROESTE.

Riscos à saúde

Outro exemplo é o risco causado pela oncocercose, ou cegueira dos rios africanos, uma doença que na América do Sul é limitada à fronteira entre Roraima e Venezuela. A doença, que se pensa ter sido introduzida na região por missionários que haviam trabalhado na África, é transmitida por piúns ou borrachudas (*Simulium* spp.) que ocorrem em grandes áreas do Brasil. Casos isolados já apareceram em outras partes do país, como em Goiás, em garimpeiros de ouro que voltaram de Roraima (Gerais & Ribeiro, 1986). Se planos militares vão manter guarnições na área e abrir estas áreas de fronteira para a colonização por razões geopolíticas, o risco de erupções de cegueira de rio em todo o Brasil seria aumentado consideravelmente.

LIMITES DE INTERFERÊNCIA POLÍTICA E MILITAR

O planejamento racional pode estar baseado na percepção de limites, assim conduzindo as decisões, por exemplo, de não encorajar o assentamento agrícola em áreas onde a baixa fertilidade do solo e outros aspectos de qualidade da terra para agricultura fazem com que os rendimentos preditos sejam baixos. No entanto, outros setores do sistema de tomada de decisão podem interferir, por exemplo, com argumentos militares ou geopolíticos, que anulam este tipo de racionalidade. Os limites sobre o desenvolvimento nas partes da região amazônica que estão sujeitas a este tipo de racionalidade alternativa são diferentes dos limites que poderiam ser deduzidos em outras áreas. No

entanto, ordens de governo não podem anular leis naturais, tais como as relações entre a fertilidade do solo e o rendimento agrícola. Eles podem alterar o resultado dos eventos, no entanto, fornecendo fertilizantes e outros insumos como subsídios e induzindo os agricultores a cultivar certas áreas, por meio de promessas de títulos de terra e de várias formas de ajuda.

O desenvolvimento militar tem um papel potencialmente importante na promoção de projetos que conduzirão ao desmatamento em áreas de fronteira. Também obstruiu (mas não completamente impediu) a demarcação das áreas indígenas em uma faixa com 150 km de largura ao longo das fronteiras, facilitando a entrada de garimpeiros, madeireiros, posseiros e outros nestas áreas (de Oliveira Filho, 1990).

São feitos planos militares para o desenvolvimento, independente do exercício de zoneamento, e, também, dos procedimentos normais para obter licenciamento ambiental. Esta independência não é concedida nos decretos que exigem o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) e os Relatórios sobre Impacto no Meio Ambiente (RIMAs), mas são executados nos desenvolvimentos militares, na realidade, com liberdade completa. Por exemplo, de acordo com os funcionários do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), por exemplo, em 1990 o exército construiu uma estrada que corta o Parque Nacional Pico de Neblina, sem sequer consultar o IBAMA (a agência responsável pelos parques nacionais), muito menos passando pelos procedimentos de avaliação ambiental requeridos para construção de estradas.

Assentamentos na área ao longo das bordas internacionais do Brasil foi um objetivo do exército do país durante muitas décadas. O melhor exemplo do perigo de permitir considerações militares em determinar o local de projetos de assentamento é o Projeto de Colonização Sidney Girão, que foi colocado na fronteira da Rondônia com a Bolívia por razões estratégicas no início dos anos 1970 (Mueller, 1980). O solo pobre na área logo resultou em tantos lotes sendo abandonados que o governo não pôde

encher o projeto até que todas as outras áreas de assentamento em Rondônia estivessem transbordando com migrantes em busca de terras. O fracasso do projeto foi reconhecido oficialmente como sendo devido ao solo pobre (Valverde *et al.*, 1979).

A construção da Rodovia Perimetral do Norte (BR-210), para abrir acesso às terras perto das fronteiras do Brasil com Colômbia, Venezuela e Guianas, começou em 1973, mas foi parado em 1974. A desilusão com a pobre aptidão agrícola dos solos revelada pela publicação dos mapas do Projeto RADAMBRASIL para a área contribuíram para esta decisão (Foresta, 1991: 28).

O Projeto Calha Norte para construir bases militares e/ou pistas de pouso em 16 locais ao longo das fronteiras do norte do Brasil, foi anunciado em 1986, e a implementação procedeu sem qualquer estudo de impacto ambiental (embora o projeto inteiro foi realizado depois que os RIMAs tivessem ficado obrigatórios). A área afetada por bases como estas é potencialmente muito maior que o entorno das instalações militares. Embora não indicado no orçamento do projeto, o plano visa a construção de rodovias e a promoção de assentamentos. A exposição de motivos que propõe o projeto para o então presidente José Sarney declarou claramente que “é fundamental que a ação de governo também contemple o aumento da infraestrutura de estradas... e o aumento da colonização naquela região fronteira” (Setubal *et al.*, 1986: 3). Uma vez que as estradas são construídas, é esperado que posseiros e especuladores entrem para cortar a floresta independente de qualquer política do governo, como já aconteceu repetidamente em outras partes da região (Fearnside & Ferreira, 1984). Nenhuma parte da área do Projeto Calha Norte é mostrada nos mapas do Projeto RADAMBRASIL como sendo satisfatória para a agricultura (Brasil, Projeto RADAMBRASIL, 1974-1977, Vols. 6, 8, 9, 11, 14).

Em 1991, foram anunciados planos para a rodovia Transfronteira, uma estrada de 8.000 km que, por razões estratégicas, acompanharia todas as fronteiras internacionais brasileiras na Amazônia (*Jornal do Brasil*, 12 de agosto de 1991). O projeto foi paralisado

quando os fundos não foram aprovados pelo Congresso Nacional.

Em 1993, os mais altos líderes militares do Brasil traçaram uma lista de nove demandas, com a qual o então presidente Itamar Franco concordou (*Folha o São Paulo*, 11 de agosto de 1993). As demandas incluíram a retomada da colonização na Amazônia e a “revisão” (*i.e.*, a redução) das áreas indígenas na região.

Em 1995, a maioria das funções do Projeto Calha Norte estava incorporada nos planos para o SIVAM (Sistema de Vigilância da Amazônia) – um grande projeto militar para manter vigilância através de radar sobre o espaço aéreo amazônico. Rodovias e assentamentos não aparecem nos planos que foram tornados públicos até o momento. Embora propostas militares individuais aumentem e enfraquecem com uma certa regularidade, a pressão dos líderes militares para assentamentos ao longo das fronteiras amazônicas ainda permanece como uma característica inalterada da paisagem política na qual o planejamento do desenvolvimento acontece.

DIRETRIZES PARA PESQUISA E AÇÃO

Quando confrontados com a existência de um fator limitante, a reação normal por parte dos tomadores de decisão e dos pesquisadores é de concentrar os esforços em achar uma maneira para superar a limitação. A questão de saber se o limite deve ou não ser superado, normalmente, nem mesmo é considerada. No entanto, esta pergunta básica sempre deve ser respondida, antes que qualquer esforço para superar uma limitação possa fazer sentido.

Uma vez tomada a decisão de que os limites devem ser empurrados até certo ponto, então é necessário obter informações sobre a gama inteira de fatores que limitam alcançar os objetivos definidos de desenvolvimento. São necessárias informações sobre os custos unitários e os efeitos de escala de confrontar cada limitação. A reação simplista de que todo fator limitante deve automaticamente ser superado é tanto desperdiçador como é pouco inteligente. Apenas depois de organizar

e interpretar as informações pertinentes é que podem ser comparados a efetividade, o custo e os efeitos colaterais sociais e ambientais de atacar os diferentes limites.

Quais limites deveriam ser respeitados e quais deveriam ser combatidos depende de quais são os limites em questão. Por exemplo, a maioria concordaria que devem ser respeitados limites como obedecer às leis trabalhistas brasileiras, enquanto devem ser combatidos limites como a falta de educação e os problemas de ineficiência e corrupção nas instituições. Esse acordo é mais difícil sobre outros tipos de limites, tais como os que envolvem a distribuição de recursos públicos ou a redistribuição das propriedades de terra. Uma reação comum é de ver como presunções inquestionáveis a atual distribuição altamente desigual da posse da terra e quaisquer decisões baseadas em argumentos militares e geopolíticos. Portanto, a atenção é concentrada somente sobre os avanços técnicos, por exemplo, contra restrições do solo. Eu sugeriria que sejam muito mais aptas como “supostos admitidos” as restrições relacionadas ao solo e às condições físicas do que as que são o resultado da hierarquia social do País e da tomada de decisão, sendo sobre esta última categoria onde a atenção deveria ser focalizada.

Quais são os ingredientes de uma decisão racional sobre a pergunta de tentar ou não superar uma limitação sobre o desenvolvimento? O ponto de partida deve ser uma definição clara dos objetivos do desenvolvimento. Por exemplo, se o objetivo do desenvolvimento for fornecer um meio de suporte sustentável às populações da região, então pouco benefício será alcançado aumentando a produtividade ou a longevidade das pastagens nas grandes fazendas de pecuária, fornecendo fertilizantes e melhorando o manejo. Muitos esforços para afastar os limites sobre a produção de culturas agrícolas têm como razão sustentar uma população cada vez maior de agricultores, por exemplo, dos imigrantes que vêm para a Amazônia de outras partes de Brasil. Isto não está necessariamente nos melhores interesses da população atual da Amazônia e os seus descendentes. Seria melhor reconhecer que a capacidade

da Amazônia para sustentar população esteja limitada, e guiar o desenvolvimento de tal modo que o tamanho da população e impactos ambientais sejam mantidos dentro desses limites (Fearnside, 1996b).

Não existe desenvolvimento sustentável para um número infinito de pessoas, nem para uma população fixa que esteja infinitamente ávida. Também não há nenhum modo de o desenvolvimento voltado a aumentar o tamanho do bolo pode resolver os problemas que estão fundados na distribuição altamente desigual do bolo. Muitos limites físicos representam restrições que precisam ser respeitados, e deve conviver com eles, em vez de ver os limites como uma agenda de itens a serem atacados. O reconhecimento deste fato obriga pessoas a enfrentarem os problemas fundamentais do desenvolvimento, sobre os quais muitos prefeririam não pensar (resultando em uma tendência para negar a existência de limites). Admitir o potencial finito do crescimento do bolo não condena o pobre à pobreza, mas sim condena o rico a dividir o bolo (Fearnside, 1993a).

Uma gama formidável de fatores limites impede de sustentar a produção em grandes áreas da Amazônia na hipótese de conversão das florestas em agricultura e pecuária. Isto não significa, necessariamente, que as perspectivas sejam sombrias para sustentar a população atual da região, desde que os meios de sustentação sejam da própria floresta, em vez de ser por meio de usos não florestais. Este autor acredita que a melhor estratégia, a longo prazo, para fornecer uma base sustentável de desenvolvimento para a atual população rural da Amazônia e os seus descendentes é de aproveitar o potencial valor monetário dos serviços ambientais fornecidos ao resto do mundo pelas florestas naturais na Amazônia (Fearnside, 1997a).

CONCLUSÕES

1. Os fatores limitantes restringem a intensificação da agropecuária e a escala até onde estes usos da terra possam ser ampliados.

2. A expressão dos fatores limitantes sobre o desenvolvimento é mediada pelo planejamento humano. A percepção de limites sobre os rendimentos agrícolas e sobre a severidade e a probabilidade de impactos ambientais pode conduzir a decisões para limitar a expansão agrícola.
3. Os limites sobre a intensificação da agricultura incluem limites agronômicos sobre rendimentos por hectare, limites tecnológicos e de pesquisa, e limites culturais.
4. Os limites para expansão das áreas agrícolas incluem limites de recursos físicos, tais como jazidas de fosfato, limites de valores sociais, limites institucionais (inclusive a credibilidade das instituições), limites sobre habitação humana (como a saúde) e limites sobre riscos ambientais.
5. Os limites de considerações em esferas políticas e militares frequentemente anulam decisões “racionais” baseadas na aptidão do solo e nas consequências ambientais. No entanto, este tipo de interferência pode causar uma variedade de impactos que, se corretamente avaliados, provavelmente levariam à conclusão de que o resultado líquido de tais projetos de desenvolvimento seria negativo para os interesses nacionais do Brasil.
6. Enquanto alguns fatores limitantes podem ser reprimidos por avanços tecnológicos e por mudanças institucionais, muitas das restrições sobre o desenvolvimento da agricultura e da pecuária simplesmente devem ser aceitas e se deve conviver com elas. Em lugar da expansão da agricultura e pecuária, deveriam ser procuradas outras estratégias para sustentar a população da Amazônia, especialmente aproveitando o valor dos serviços ambientais da floresta intacta.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apresentado no “Seminário: Projeto de Biosfera Sustentável: estudo de caso da Bacia amazônica”, 18-20 de junho de 1996, Manaus, Amazonas. Foram adaptadas porções do texto de

Fearnside, 1987, 1990a e 1990b. Agradeço à Academia Brasileira de Ciências pela permissão de publicar esta tradução, originalmente publicada em inglês na *Revista Brasileira de Biologia* (Fearnside, 1997b). E. Salati, B.R. Teles e S.V. Wilson fizeram valiosos comentários no manuscrito.

REFERÊNCIAS

- Allan, W. 1965. *The African Husbandman*. Barnes and Noble, New York, E.U.A. 265 p.
- Allegretti, M.H. 1990. Extractive reserves: An alternative for reconciling development and environmental conservation in Amazonia. in: A. B. Anderson (ed.) *Alternatives to Deforestation: Steps toward Sustainable Use of Amazonian Rain Forest*. Columbia University Press, New York, E.U.A. p. 252-264.
- Alvim, P. de T. 1981. A perspective appraisal of perennial crops in the Amazon Basin. *Interciencia*, 6(3): 139-145.
- Bates, H.W., 1863 [1989], *The Naturalist on the River Amazons*. Penguin Books, New York, E.U.A. 383 p.
- Beisiegel, W. de R. & de Souza, W.O. 1986. Reservas de fosfatos-Panorama nacional e mundial. in: Instituto Brasileiro de Fosfato (IBRAFOS) *III Encontro Nacional de Rocha Fosfática, Brasília, 16-18/06/86*. IBRAFOS, Brasília, DF. p. 55-67.
- Blackman, F.F. 1905. Optima and limiting factors. *Annals of Botany*, 14(74): 281-295. Re-editado in: E.J. Kormondy (ed.) *Readings in Ecology*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, E.U.A. (1965). p. 14-17.
- Boserup, E. 1965. *The Conditions of Agricultural Growth*. Aldine, Chicago, Illinois, E.U.A. 124 p.
- Brasil, EMBRAPA. 1988. *Delineamento Macro-Agroecológico do Brasil*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), Rio de Janeiro, RJ. 114 p.
- Brasil, RADAMBRASIL, Ministério das Minas e Energia, Projeto RADAMBRASIL. 1973-1982. *Levantamento de Recursos Naturais*. Departamento de Produção Mineral (DNPM), Rio de Janeiro, RJ. 27 vols.
- Brookfield, H.C. 1972. Intensification and disintensification in Pacific agriculture: A theoretical approach. *Pacific Viewpoint* 13: 30-48.
- Davidson, J. 1987. Bioenergy tree plantations in the tropics: Ecological implications and impacts. Commission on Ecology Papers No. 12. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), Gland, Suíça. 47 p.

- de Lima, J.M.G. 1976. *Perfil Analítico dos Fertilizantes Fosfatados*. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) Boletim No. 39. DNPM, Brasília, DF.
- de Oliveira Filho, J.P. 1990. Frontier security and the new indigenism: Nature and origins of the Calha Norte Project. In: D. Goodman & A. Hall (Eds.) *The Future of Amazonia: Destruction or Sustainable Development?* Macmillan, London, Reino Unido. p. 155-176.
- dos Santos, B.A. 1981. *Amazônia: Potencial Mineral e Perspectivas de Desenvolvimento*. Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP), São Paulo, SP. 256 p.
- Eden, M.J. 1978. Ecology and land development: The case of Amazonian rainforest. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series* 3(4): 444-463.
- E.U.A., Council on Environmental Quality (CEQ) & Department of State. 1980. *The Global 2000 Report to the President*. Pergamon Press, New York, E.U.A. 3 Vols.
- Falesi, I.C. 1974. O solo na Amazônia e sua relação com a definição de sistemas de produção agrícola. in: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) *Reunião do Grupo Interdisciplinar de Trabalho sobre Diretrizes de Pesquisa Agrícola para a Amazônia (Trópico Úmido)*, Brasília, 6-10 de maio de 1974. EMBRAPA, Brasília, DF. Vol. 1, p. 2.1-2.11.
- Falesi, I.C. 1976. *Ecosistema de Pastagem Cultivada na Amazônia Brasileira*. Boletim Técnico No. 1. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU), Belém, Pará.
- FAO. 1980. *Report of the Second FAO/UNFPA Expert Consultation on Land Resources for Populations of the Future*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia. 369 p.
- FAO. 1981. *Report on the Agro-Ecological Zones Project, Vol. 3*. World Soils Resources Report 48/3. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia. 251 p.
- FAO. 1984. *Land, Food and People*. FAO Economic and Social Development Series No. 30. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia. 96 p. + 4 mapas.
- Fearnside, P.M. 1978. *Estimation of Carrying Capacity for Human Populations in a part of the Transamazon Highway Colonization Area of Brazil*. Tese de Ph.D. em ciências biológicas, University of Michigan, Ann Arbor. University Microfilms International, Ann Arbor, Michigan, E.U.A. 624 p.
- Fearnside, P.M. 1979a. Cattle yield prediction for the Transamazon Highway of Brazil. *Interciencia* 4(4): 220-225.
- Fearnside, P. M. 1979b. The development of the Amazon rain forest: Priority problems for the formulation of guidelines. *Interciencia* 4(6): 338-343.
- Fearnside, P.M. 1980a. Black pepper yield prediction for the Transamazon Highway of Brazil. *Turrialba* 30(1): 35-42.
- Fearnside, P. M. 1980b. The effects of cattle pastures on soil fertility in the Brazilian Amazon: Consequences for beef production sustainability. *Tropical Ecology* 21(1): 125-137.
- Fearnside, P.M. 1980c. Land use allocation of the Transamazon Highway colonists of Brazil and its relation to human carrying capacity. in: F. Barbira-Scazzocchio (ed.) *Land, People and Planning in Contemporary Amazonia*. University of Cambridge Centre of Latin American Studies Occasional Paper No. 3, Cambridge, Reino Unido. p. 114-138.
- Fearnside, P.M. 1983a. Development alternatives in the Brazilian Amazon: An ecological evaluation. *Interciencia* 8(2): 65-78.
- Fearnside, P.M. 1985. Environmental change and deforestation in the Brazilian Amazon. in: J. Hemming (ed.) *Change in the Amazon Basin: Man's Impact on Forests and Rivers*. Manchester University Press, Manchester, Reino Unido. p. 70-89.
- Fearnside, P.M. 1986a. *Human Carrying Capacity of the Brazilian Rainforest*. Columbia University Press, New York, E.U.A. 293 p.
- Fearnside, P.M. 1986b. Settlement in Rondônia and the token role of science and technology in Brazil's Amazonian development planning. *Interciencia* 11(5): 229-236.
- Fearnside, P.M. 1987. Rethinking continuous cultivation in Amazonia. *BioScience* 37(3): 209-214.
- Fearnside, P.M. 1988. Yurimaguas reply. *BioScience* 38(8): 525-527.
- Fearnside, P.M. 1989. Extractive reserves in Brazilian Amazonia: Opportunity to maintain tropical rain forest under sustainable use. *BioScience* 39(6): 387-393.
- Fearnside, P. M. 1990a. Human carrying capacity in rainforest areas. *Trends in Ecology and Evolution* 5(6): 192-196.
- Fearnside, P.M. 1990b. Predominant land uses in the Brazilian Amazon. in: A. B. Anderson (ed.) *Alternatives to Deforestation: Towards Sustainable Use of the Amazon Rain Forest*. Columbia University Press, New York, E.U.A. p. 235-251.
- Fearnside, P.M. 1993a. Forests or fields: A response to the theory that tropical forest conservation poses a threat to the poor. *Land Use Policy* 10(2): 108-121.

- Fearnside, P.M. 1993b. Migração, colonização e meio-ambiente: O potencial dos ecossistemas amazônicos. *Cadernos da Saúde* 9(4): 448-457.
- Fearnside, P.M. 1995a. Agroforestry in Brazil's Amazonian development policy: The role and limits of a potential use for degraded lands. In: M. Clüsener-Godt & I. Sachs (Eds.) *Brazilian Perspectives on Sustainable Development of the Amazon Region*. UNESCO, Paris, France & Parthenon Publishing Group, Carnforth, Reino Unido. p. 125-148.
- Fearnside, P.M. 1995b. Potential impacts of climatic change on natural forests and forestry in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 78: 51-70.
- Fearnside, P.M. 1996a. Human carrying capacity estimation in Brazilian Amazonia: Research requirements to provide a basis for sustainable development. in: R. Lieberei, C. Reisdorff & A.D. Machado (Eds.) *Interdisciplinary Research on the Conservation and Sustainable Use of the Amazonian Rain Forest and its Information Requirements*. Forschungszentrum Geesthacht GmbH (GKSS), Bremen, Alemanha. p. 274-291.
- Fearnside, P.M. 1996b. "The Fragile Tropics of Latin America: Sustainable Management of Changing Environments" Edited by Toshie Nishizawa and Juha I. Uitto. *Environmental Conservation* 23(4): 382.
- Fearnside, P.M. 1997a. Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonia. *Ecological Economics* 20(1): 53-70.
- Fearnside, P.M. 1997b. Limiting factors for development of agriculture and ranching in Brazilian Amazonia. *Revista Brasileira de Biologia* 57(4): 531-549.
- Fearnside, P.M. & Ferreira, G. de L. 1984. Roads in Rondônia: Highway construction plans and the farce of unprotected forest reserves in Brazil's Amazonian forest. *Environmental Conservation* 11(4): 358-360.
- Folha de São Paulo*. 1993. "Conselho aprova plano para a Amazônia". 11 de agosto de 1993, Seção 1, p. 8.
- Foresta, R.A. 1991. *Amazon Conservation in the Age of Development: The Limits of Providence*. University of Florida Press, Gainesville, Florida, E.U.A. 366 p.
- Gallopín, G.C. & Winograd, M. 1995. Ecological prospective for tropical Latin America. in: T. Nishizawa & J.I. Uitto (eds.) *The Fragile Tropics of Latin America: Sustainable Management of Changing Environments*. United Nations University Press, Toquio, Japão. p. 13-44.
- Gerais, B.B. & Ribeiro, T.C. 1986. Relato de casos. Oncocercose: primeiro caso autóctone da região Centro-oeste do Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 19(2): 105-107.
- Hall, A.E. 1990. Physiological ecology of crops in relation to light, water and temperature. in: C.R. Carroll, J.H. Vandermeer & P.M. Rosset (Eds.) *Agroecology*. McGraw-Hill, New York, E.U.A. p. 191-234.
- Hecht, S. B. 1981. Deforestation in the Amazon basin: practice, theory and soil resource effects. *Studies in Third World Societies* 13: 61-108.
- Hecht, S.B. 1983. Cattle ranching in the eastern Amazon: environmental and social implications. In: E.F. Moran (Ed.) *The Dilemma of Amazonian Development*. Westview Press, Boulder, Colorado, E.U.A. p. 155-188.
- Higgins, G. M.; Kassam, A. H.; Naiken, L.; Fischer, G. & Shah, M. M. 1982. *Potential Population Supporting Capacities of Lands in the Developing World*. Technical Report of Project INT/75/P13 "Land Resources for Populations of the Future," Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia. 139 p.
- Holden, C. 1980. The Reagan years: Environmentalists tremble. *Science* 210: 988-991.
- Hubbell, S.P. 1973. Populations and simple food webs as energy filters. I. One-species systems. *American Naturalist* 107: 94-121.
- International Bank for Reconstruction and Development (IBRD). 1981. *Brazil: Integrated Development of the Northwest Frontier*. The World Bank (IBRD), Washington, DC, E.U.A. 101 p.
- Jornal do Brasil* [Rio de Janeiro]. 1991. "Uma rodovia muito polêmica". 12 de agosto de 1991, Caderno Ecologia, p. 3.
- Koster, H.W.; Khan, E.J.A. & Bosshart, R.P. 1977. *Programa e Resultados Preliminares dos Estudos de Pastagens na Região de Paragominas, Pará, e nordeste de Mato Grosso, junho 1975-dezembro 1976*. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), Convênio SUDAM/Instituto de Pesquisas IRI, Belém, Pará.
- Liebig, J. 1840. Organic chemistry in its application to vegetable physiology and agriculture. in: *Professor Liebig's Complete Works on Chemistry*. T. B. Peterson, Philadelphia, PA (1841). Re-editado In: E.J. Kormondy (Ed.) *Readings in Ecology*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, E.U.A. (1965) p. 1-14.
- Malingreau, J.P.; Stephens, G. & Fellows, L. 1985. Remote sensing of forest fires: Kalimantan and North Borneo in 1982-83. *Ambio* 14(6): 314-321.
- Megggers, B.J. 1994. Archeological evidence for the impact of mega-Niño events on Amazonia during the past two millennia. *Climatic Change* 28(1-2): 321-338.
- Moran, E.F. 1981. *Developing the Amazon*. Indiana University Press, Bloomington, Indiana, E.U.A. 292 p.

- Mueller, C. 1980. Frontier based agricultural expansion: the case of Rondônia. In: F. Barbira-Scazzocchio (Ed.) *Land, People and Planning in Contemporary Amazonia*. Cambridge University Centre of Latin American Studies Occasional Paper No. 3, Cambridge University, Cambridge, Reino Unido. p. 141-153.
- Nicholaidis, III, J.J.; Bandy, D.E.; Sánchez, P.A.; Benites, J.R.; Villachica, J.H.; Couto, A.J. & Valverde S., C. 1985. Agricultural alternatives for the Amazon Basin. *BioScience* 35: 279-285.
- Odum, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262-270.
- Pachauski, F. 1994. "Trabalha, escravo". *Isto É* [Brasília] 04 de maio de 1994, p. 32-35.
- Páez, G. & Dutra, S. 1974. Algumas considerações sobre o delineamento de sistemas de produção. In: *Reunião sobre Diretrizes de Pesquisa Agrícola para a Amazônia (Trópico Úmido)*, Brasília, maio 6-10, 1974. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Brasília, DF. Vol. 1, p. 4.2-4.22.
- Paiva, R.M.; Schattan, S. & de Freitas, C.F.T. 1976. *Setor Agrícola do Brasil: Comportamento Econômico, Problemas e Possibilidades*. Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP), São Paulo, SP. 442 p.
- Pamplona, G. & Rodrigues, A. 1995. "História sem fim: Um ano depois da denúncia de ISTOÉ, carvoeiros ainda trabalham como escravos no norte de Minas". *Isto É* [Brasília] 21 de junho de 1995, p. 46-47.
- Régis, M. 1989. "IBGE e Embrapa divergem sobre melhor ocupação para Amazônia". *Jornal do Brasil* [Rio de Janeiro] 09 de julho de 1989, Seção 1, p. 17.
- Rosenn, K.S. 1971. The jeito: Brazil's institutional bypass of the formal legal system and its development implications. *American Journal of Comparative Law* 19: 514-549.
- Salati, E.; dos Santos, A.; Lovejoy, T.E. & Klabin, I. 1998. *Por que Salvar a Floresta Amazônica*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas. 108 p.
- Salati, E. & Vose, P.B., 1984, Amazon Basin: A system in equilibrium. *Science*, 225: 129-138.
- Sánchez, P.A.; Bandy, D.E.; Villachica, J.H. & Nicholaidis, III, J.J. 1982. Amazon basin soils: Management for continuous crop production. *Science*, 216: 821-827.
- Sayer, J. 1991. *Rainforest Buffer Zones: Guidelines for Protected Area Managers*. The World Conservation Union (IUCN), Gland, Suíça. 94 p.
- Serrão, E.A.S. & Falesi, I.C. 1977. *Pastagens do Trópico Úmido Brasileiro*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (EMBRAPA-CPATU), Belém, Pará.
- Serrão, E. A. S.; Falesi, I. C.; Da Viegua, J. B. & Teixeira Neto, J. F. 1979. Productivity of cultivated pastures on low fertility soils in the Amazon of Brazil. In: P. A. Sánchez & L. E. Tergas (Eds.) *Pasture Production in Acid Soils of the Tropics: Proceedings of a Seminar held at CIAT, Cali, Colombia, April 17-21, 1978*, Series 03 EG-05. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colômbia. p. 195-225.
- Setubal, O.E.; Couto, R.C.; Sayad, J. & Denys, R.B. 1986. Desenvolvimento e segurança na região norte das calhas dos rios Solimões e Amazonas, Projeto Calha Norte, Exposição de Motivos (No. 770) para o Presidente José Sarney. Brasília, DF.
- Sheldon, R. P. 1982. Phosphate rock. *Scientific American* 246(6): 31-37.
- Shelford, V.E. 1911. Physiological animal geography. *Journal of Morphology* 22: 551-618. Re-editado In: E. J. Kormondy (ed.) *Readings in Ecology*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, E.U.A. (1965). p. 17-20.
- Smith, F., Fairbanks, D.; Atlas, R.; Delwiche, C. C.; Gordon, D.; Hazen, W.; Hitchcock, D.; Pramer, D.; Skujins, J. & Stuiver, M. 1972. Cycles of elements. in: *Man in the Living Environment*. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, E.U.A. p. 41-89.
- Smith, N.J.H. 1976. *Transamazon Highway: A Cultural-Ecological Analysis of Colonization in the Humid Tropics*. Tese de Ph.D. em geografia, University of California, Berkeley, California, E.U.A.
- Sternberg, H. O'R. 1973. Development and conservation. *Erdkunde, Archiv für wissenschaftliche Geographie, Band 27, 1 fg. 4 Bonn, Alemanha*. p. 263-265. (republicado como: Reprint No. 447, Center for Latin American Studies, University of California, Berkeley, California, E.U.A.)
- Subler, S. & Uhl, C. 1990. Japanese agroforestry in Amazonia: A case study in Tomé-Açu, Brazil. In: A. B. Anderson (Ed.) *Alternatives to Deforestation: Towards Sustainable Use of the Amazon Rain Forest*. Columbia University Press, New York, E.U.A. p. 152-166.
- Sutton, A. 1994. *Slavery in Brazil--A Link in the Chain of Modernization*. Anti-Slavery International, London, Reino Unido.
- Uhl, C. & Buschbacher, R. 1985. A disturbing synergism between cattle-ranch burning practices and selective tree harvesting in the eastern Amazon. *Biotropica* 17(4): 265-268.
- Uhl, C. & Kauffman, J.B. 1990. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the Eastern Amazon. *Ecology* 71(2): 437-449.
- Valverde, O.; Japiassu, A.M.S.; Lopes, A.M.T.; Neves, A.M.; Egler, E.G.; Mesquita, H.M.; da Costa, I.B.;

- Garrido Filha, I.; De Bulhões, M.G.; Mesquita, M.G.G.C. & Ferreira, N.A. 1979. *A Organização do Espaço na Faixa da Transamazônica*. Volume 1: Introdução Sudoeste Amazônico, Rondônia e Regiões Vizinhas. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro. 258 p.
- Walker, B.H.; Lavelle, P. & Weischet, W. 1987. Yurimaguas technology. *BioScience* 37(9): 638-640.
- Waugh, D.L.; Cate, Jr., R.B.; Nelson, L.A. & Manzano, A. 1975. New concepts in biological and economical interpretation of fertilizer response. In: E. Bornemisza & A. Alvarado (Eds.) *Soil Management in Tropical America: Proceedings of a Seminar held at CIAT, Cali, Colombia, February 10-14, 1974*, North Carolina State University, Soil Science Department, Raleigh, North Carolina, E.U.A. p. 484-563.
- Wells, F.J. 1976. *The Long-Run Availability of Phosphorus: A Case Study in Mineral Resource Analysis*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, E.U.A.