

The text that follows is a TRANSLATION  
O texto que segue é uma TRADUÇÃO

## **Resumo do progresso na quantificação da contribuição potencial do desmatamento da Amazônia para o problema global do carbono.**

Please cite the original article:  
Favor citar o trabalho original:

**Fearnside, P.M. 1987. Summary of progress in  
quantifying the potential contribution of  
Amazonian deforestation to the global  
carbon problem. pp. 75-82 In: D. Athié,  
T.E. Lovejoy and P. de M. Oyens (eds.)  
*Proceedings of the Workshop on  
Biogeochemistry of Tropical Rain Forests:  
Problems for Research. Universidade de São  
Paulo, Centro de Energia Nuclear na  
Agricultura (CENA), Piracicaba, Sao Paulo,  
Brazil. 85 pp***

Disponível em: <http://philip.inpa.gov.br>

RESUMO DO PROGRESSO NA QUANTIFICAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO POTENCIAL DO  
DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA PARA O PROBLEMA GLOBAL DO CARBONO

Philip M. Fearnside  
Instituto Nacional de Pesquisas da  
Amazônia - INPA  
C.P. 478  
69011-970 Manaus - Amazonas

Corrected: 03 de maio de 1987  
11 de dezembro de 1991  
30 de agosto de 1996

Tradução de:

Fearnside, P.M. 1987. Summary of progress in quantifying the potential contribution of Amazonian deforestation to the global carbon problem. p. 75-82 In: D. Athié, T.E. Lovejoy & P. de M. Oyens (compiladores) Proceedings of the Workshop on Biogeochemistry of Tropical Rain Forests: Problems for Research. Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Piracicaba, São Paulo. 85 p.

## RESUMO

A conversão da Amazônia Legal brasileira ( $5 \times 10^6 \text{ km}^2$ ) em pastagens daria uma contribuição significativa para o problema do carbono global durante as poucas décadas em que se poderia esperar que durasse a floresta. O presente estudo atualiza meus cálculos anteriores da magnitude dessa contribuição e revê controvérsias que cercam a biomassa das florestas da Amazônia e a importância de várias fossas possíveis de carbono dentro da região. A melhor estimativa atual é de 49,7 G toneladas (Giga toneladas =  $10^9$  toneladas métricas de carbono) liberadas a longo prazo.

## INTRODUÇÃO

A região da Amazônia brasileira está sendo convertida em pasto para gado a uma taxa rápida (Fearnside, 1983). São necessários cálculos de quais impactos ambientais decorreriam de uma hipotética conversão completa para fornecer aos tomadores de decisões as informações que eles necessitam para julgar se a ação para conter o desmatamento valeria os substanciais custos financeiros e políticos para que se consiga essa meta. O presente estudo atualiza e amplifica minha discussão de "Floresta Amazônica Brasileira e o Problema Global do Carbono" (Fearnside, 1985).

O estudo anterior (Fearnside, 1985) revê as controvérsias acadêmicas que cercam o papel potencial do desmatamento como uma fonte de  $\text{CO}_2$  atmosférico e a interpretação desses desprendimentos em termos de mudanças climáticas. Foi feito um cálculo do estoque de biomassa e de carbono da vegetação natural e solo de superfície nos  $5 \times 10^6 \text{ km}^2$  da Amazônia Legal brasileira. O cálculo para a vegetação está aqui resumido nas Tabelas 1 e 2. As fontes de informação usadas podem ser encontradas em Fearnside (1985).<sup>1</sup>

## APERFEIÇOAMENTO DA ESTIMATIVA DA BIOMASSA DA FLORESTA DENSA

Como o grosso do estoque da biomassa e carbono da região Amazônica está no tipo de vegetação de floresta densa, o aumento da confiabilidade da estimativa para esse tipo terá maior impacto sobre os resultados finais. Como a biomassa da floresta varia grandemente em diferentes partes da região, além da alta variabilidade sobre distâncias de alguns metros, a confiança nas poucas estimativas diretas a partir das técnicas destrutivas acarreta o risco de erro causado por amostragem inadequada. Existe uma opção inevitável entre usar um pequeno número de medições de alta qualidade e a representatividade conseguida por uma base maior de medições menos confiáveis. Nesse caso, é provavelmente justificada a incorporação de aproximações indiretas de biomassa derivadas de inventários florestais.

Como foi mencionado em meu estudo anterior, Brown & Lugo (1984) usam estimativas de volume de madeira de inventários de florestas existentes feitas pela Organização de Alimentação e

Agricultura das Nações Unidas (F.A.O) para chegar ao valor de biomassa de apenas 155,1 toneladas  $ha^{-1}$  para "florestas tropicais americanas latifólicas fechadas, produtivas, intocadas". Qualquer um que tenha realmente pesado a biomassa diretamente na Amazônia brasileira chegou a valores maiores do que o dobro dessa cifra (Tabela 3). Os inventários do volume de madeira estão sujeitos a erro porque mede-se somente as árvores grandes, acima de um mínimo de 25 cm de diâmetro na altura do peito (DAP) no conjunto de dados usado por Brown & Lugo (1984: legenda da Figura 1). Brown & Lugo usaram um fator de 1,6 para corrigir a biomassa de troncos  $\geq 10$  cm DAP para a biomassa total e um fator de 1,2 para converter o "volume comercial" para árvores  $\geq 25$  cm DAP para um valor estimado para toda a biomassa em árvores  $\geq 10$  cm DAP. O sub-bosque foi desprezado mas isso afetaria a biomassa em menos que 2% (Brown & Lugo, 1984: 1291). Enquanto ambos os fatores de correção parecem razoáveis, o resultado para as "florestas tropicais Americanas latifólicas fechadas, produtivas, intocadas" é tão mais baixo do que os valores a partir de medições diretas que é necessário uma observação mais detalhada antes de aceita-lo como aplicável à Amazônia brasileira.

Pode-se fazer um cálculo a grosso modo da biomassa na Amazônia brasileira empregando-se os métodos e a maior parte dos dados usados por Brown & Lugo. Os quatro volumes de dados publicados por F.A.O. usados por Brown & Lugo na parte brasileira de seu estudo estão disponíveis em Manaus (Heinsdijk, 1957, 1958a,b,c). Um volume usado por Brown & Lugo que não foi publicado por F.A.O. não está disponível em Manaus (Japiassu & Góes Filho, 1974), e um volume de F.A.O. que não foi usado por Brown & Lugo está disponível (Glerum, 1960). Os resultados para as 16 localidades observadas nos volumes que estão disponíveis em Manaus são apresentados na Tabela 4. A estimativa média para a biomassa total é de 226,1 toneladas  $ha^{-1}$ . Usando-se isto como o valor da biomassa para a floresta densa de terra firme nos cálculos para a Amazônia Legal brasileira, o estoque total de carbono é de 41,42 G toneladas--uma redução de 31,1% do valor dado em Fearnside (1985).

Ao converter volumes para valores de biomassa, Brown & Lugo aplicaram um procedimento mais sofisticado do que o usado na derivação da Tabela 4. Eles selecionaram uma subamostra de hectares observados dentro da qual eles computaram a massa das árvores individuais classificando-as em grupos por espécies e aplicando a média de densidade de madeira para cada grupo. Pires (1978: 613), um botânico que residia em Belém durante o período em que as pesquisas da F.A.O. foram levadas a efeito, criticou bastante a pesquisa pelos métodos usados na identificação das árvores, o qual ele declara que pode produzir taxas de erro de até 90%. Assim, as computações mais refinadas de densidade usadas por Brown & Lugo (1984) podem não ter produzido um resultado mais exato do que o derivado na Tabela 4 com a aplicação do valor de 0,62 da densidade média da madeira para a America Tropical de Brown & Lugo (1984: 1291), diretamente os valores do volume que aparecem nos

relatórios da F.A.O., e podem bem ser menos confiáveis por terem usado somente uma subamostra em vez de todo o conjunto de dados da F.A.O.

O valor de 155,1 toneladas métricas  $ha^{-1}$  de Brown & Lugo (1984) é mais baixo do que as estimativas derivadas de volume para todos as 16 localidades exceto uma na Amazônia brasileira apresentadas na Tabela 4, tornando altamente improvável a aplicabilidade de um valor tão baixo para a Amazônia brasileira. Brown & Lugo usaram grandes áreas de tipos de florestas derivadas de mapas de dados meteorológicos, o que é um avanço sobre a simples média de localidades amostradas dadas na Tabela 4. É difícil imaginar, no entanto, que a correção para as áreas de tipos de florestas resultaria em uma diferença dessa magnitude. A explicação mais plausível é a inclusão de áreas fora da Amazônia brasileira na estimativa de Brown & Lugo. De qualquer maneira, mesmo que fossem usados seus valores para América Tropical em vez das 361,5 toneladas métricas  $ha^{-1}$  para as florestas densas de terra firme (Fearnside, 1985 e Tabela 1), o desprendimento de carbono para a Amazônia Legal seria de 31,64 toneladas (uma redução de 47,3%). Como foi demonstrado no trabalho anterior, "seriam liberadas quantidades climaticamente significativas de carbono com a derrubada das florestas da região, mesmo que se provasse correto o valor muito mais baixo baseado no volume de madeira" (Fearnside, 1985: 182).

Onde, então, ficamos nos no que diz respeito à melhor estimativa para a biomassa da floresta densa na Amazônia brasileira? Apesar das aproximações envolvidas no uso dos dados de pesquisas florestas de grandes árvores, o uso desses conjuntos de dados para a estimativa da biomassa é uma abordagem promissora. Como as localidades das estimativas nas Tabelas 3 e 4 não se sobrepõem, provavelmente a melhor estimativa atualmente seria a média para as 19 localidades a partir da combinação das duas Tabelas (usando Klinge *et al.*, 1975 para o valor de Manaus na Tabela 3: ver nota c da Tabela). A média resultante para a biomassa da floresta densa é de 254,5 toneladas  $ha^{-1}$ .

A biomassa da floresta densa mais baixa traria toda a carga de carbono para a Amazônia brasileira para 145,34 G toneladas (usando-se 0,45 para o conteúdo de carbono), uma redução de 24,5% para a estimativa dada no trabalho anterior. Usando-se o valor de Brown & Lugo (1982, 1984) de 0,50 para o conteúdo de carbono, o carbono total para a Amazônia brasileira seria de 50,38 G toneladas, ou 16,2% mais baixo do que a estimativa do trabalho anterior.

Futuros aperfeiçoamentos da estimativa acima para a biomassa da floresta densa serão provavelmente resultado da análise (agora em andamento) do volume e de dados de amostras destrutivas da mesma localidade. Foram coletados dados desse tipo em uma área próxima a Manaus que esta sendo estudada pelo Instituto Nacional de

Pesquisas da Amazônia (INPA) e World Wildlife Fund-US (WWF-US). Análises preliminares de parte da amostragem destrutiva no estudo em Fazenda Porto Alegre e Fazenda Dimona confirmam as estimativas altas de biomassa de outros trabalhos na região de Manaus. Os dados de biomassa, combinados com a pesquisa de Dra. Judy Rankin sobre mais de 30.000 árvores com  $\geq 10$  cm DAP (todas com coleções botânicas), deveriam fornecer a chave para uma interpretação aperfeiçoada das pesquisas florestais através da Amazônia.

#### CAMADAS DE SOLO PROFUNDO

A estimativa do artigo anterior foi conservador ao desprezar o desprendimento de carbono do solo abaixo de 20 cm de profundidade (Fearnside, 1985: 182). Brown & Lugo (1982: 183) estimaram os estoques de carbono em até 100 cm baseados em amostras de 20 cm de profundidade usando a relação de que os 20 cm superiores contêm 45% do carbono do solo em um perfil de 100 cm. Os resultados preliminares da pesquisa de solo feita pelo Projeto de Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais do INPA/WWF-US (anteriormente "Tamanho Mínimo Crítico de Ecossistemas") nas reservas do Projeto perto de Manaus indicam um valor semelhante de 42% (N=3 perfis). Aplicando-se isso aos valores de superfície de solo usados no artigo anterior acrescentaria outras 2,76 toneladas ao desprendimento de carbono do solo, trazendo o total para 64,54 G toneladas, um aumento de 4,4% (ver Tabela 5).

#### APERFEIÇOAMENTO DAS ESTIMATIVAS DE BIOMASSA DE PASTAGEM

O valor para a biomassa de pastagem a partir do trabalho de Hecht (1982) em Paragominas, Pará, (usado em Fearnside, 1985) pode agora ser substituído por um valor de meu trabalho em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. Considero o valor de Rondônia mais confiável porque inclui o monitoramento do peso seco da biomassa durante um ciclo anual completo em duas localidades. Na Tabela 5 é dada a revisão dos cálculos do desprendimento de carbono. A biomassa média de pastagem é significativamente mais alta (10,67 toneladas peso seco  $ha^{-1}$  diferente das 0,95 toneladas  $ha^{-1}$ ), mas o desprendimento de carbono diminui em somente 3,4% para 59,71 G toneladas.

#### VEGETAÇÃO NÃO-NATURAL

As estimativas do estoque de biomassa e de carbono no trabalho anterior (e nas Tabelas 3 e 4) são para vegetação natural. Como uma parte da região já foi convertida para outras formas de vegetação, incluindo floresta secundária, os desprendimentos de carbono seriam ligeiramente mais baixos com a conversão para pastagem a partir dos atuais usos da terra. Valores confiáveis para a área de vegetação secundária são difíceis de se obter pois somente os trechos mais novos podem ser detectados pelas imagens do satélite LANDSAT (Fearnside, 1982).

Lanly (1982) publicou uma compilação para a F.A.O., divulgada por todo o mundo, das estatísticas oficiais das áreas de florestas. Não conheço a base das comunicações oficiais usadas como base para o relatório de Lanly (1982). Suas tabulações apresentam áreas na "America Tropical" (aglomeradas para 24 países) para florestas primárias e secundárias em formações "abertas" e "fechadas" (Lanly, 1982: 50). As áreas relacionadas para floresta tropical correspondem a 13,8% para florestas fechadas e 22,1% para florestas abertas; esses valores são mais altos do que eu esperaria para a Amazônia brasileira. Isso pode ser devido, em parte, ao fato de que a Amazônia brasileira não está tão densamente ocupada quanto as florestas tropicais na maioria dos outros países. Mesmo que se aceite as porcentagens de áreas de floresta secundária relacionadas por Lanly para a América Tropical como aplicáveis à Amazônia brasileira, o efeito sobre minha estimativa dos estoques de carbono não é grande. Considerando-se o cerrado como aberto e os tipos remanescentes como fechados (com a exceção dos campos úmidos, que não são florestas), o estoque de carbono total seria diminuído para 53,7 G toneladas (uma diminuição de 10,6%) se a floresta secundária média for presumida como tendo 25% da biomassa da floresta primária. Infelizmente, não existem dados disponíveis sobre as distribuições de idade e de biomassa das florestas secundária.

#### CONTEÚDO DE CARBONO DA VEGETAÇÃO

Usei um valor baixo para o conteúdo de carbono da biomassa da floresta (0,45) no trabalho anterior um valor usado em várias das estimativas existentes (Atjay et al., 1979: 141; Golley, 1975 citado por Hampicke, 1979: 219; Woodwell et al., 1978). Atjay et al. (1979: 141) escolheu o valor tradicional de 0,45 somente "por razões de comparação" com estudos anteriores. Usando dados da revisão de Atjay et al. (1979: 142) para as medições do conteúdo de carbono de partes das plantas, Brown & Lugo (1982: 174) calcularam um valor médio de 0,51 para o conteúdo de carbono da floresta. Provavelmente é justificável adotar o valor de 0,50 usado para os cálculos de Brown & Lugo (1982, 1984) pois os dados de Atjay et al. são mais compulsivos do que mera tradição. Usando-se 0,50 como valor para o conteúdo de carbono aumentam-se os estoques de carbono resultantes em 11,15 (Tabela 5).

#### SUMIDOUROS PARA CARBONO DENTRO DA REGIÃO

##### Carvão Vegetal

A formação de carvão vegetal durante a queima da floresta impede que um tanto do carbono na biomassa da floresta entre na atmosfera (ver Fearnside, 1985: 181). Foi escolhido um valor conservador para o fator de carbonização. Como foi mencionado no meu trabalho anterior (p. 180), foi suspeitado como sendo alto o fator de carbonização pesado de 11,9% derivado a partir de Goudriaan & Ketner (1984) usado nos cálculos. Nossas medições no INPA em uma queimada próxima de Manaus têm, desde então, confirmado

isso, produzindo um valor de cerca de um terço do valor usado. Embora a variabilidade entre as fazendas seja alta (Fearnside, 1986a,b), o impacto do desmatamento seria um tanto maior do que o demonstrado pelos cálculos anteriores (Fearnside, 1985: 180).

Uma parte do carbono se acumularia nos solos sob pastagem em uma escala de tempo de séculos através da deposição do carvão inerte proveniente das queimadas repetidas do pasto ou da floresta secundária entre o uso intermitente da terra como pasto. Na escala de tempo de umas poucas décadas, no entanto, a quantia de carbono depositada como carvão seria mínima em comparação com as liberações maciças causadas pela remoção da floresta.

### Regeneração de Florestas Secundárias

Um sumidouro que poderia absorver uma pequena parte do carbono liberado é o crescimento das florestas secundárias (Fearnside, 1985: 180-181). Como não existem pesquisas das idades ou da biomassa das florestas secundárias no momento do corte que se segue ao abandono do pasto, os casos que tenho observado perto de Altamira, Pará, têm sido muito menores do que 10% da biomassa original, o valor usado no meu trabalho anterior como uma ilustração de como mesmo uma recuperação a esse nível ainda resultaria em desprendimentos de carbono climaticamente significativos.

Lugo & Brown têm argumentado que a regeneração da floresta secundária poderia negar bastante os efeitos do desmatamento (Brown, 1980; Brown & Lugo, 1982; Lugo & Brown, 1981, 1982). Como foi explicado no meu artigo anterior (Fearnside, 1985: 181 e nota 4), as taxas de recuperação para a floresta secundária na cultura itinerante (usada por Lugo & Brown em seus argumentos) são muito mais rápidas do que as taxas de recuperação de pastos degradados. Como é o pasto que substitui a maioria da floresta que está agora sendo derrubada na Amazônia brasileira (Fearnside, 1983), esses argumentos são enganosos.

Estimativas a grosso modo do impacto da substituição da floresta original pela floresta secundária ou por pasto abandonado, quando comparadas com o cenário "de base" de completa substituição por pasto roçado, estão na Tabela 6. Mesmo uma hipotética completa substituição de pastagem por floresta secundária de uma biomassa média presumida de 50 toneladas métricas ha<sup>-1</sup> resultaria em uma mudança de liberação de carbono de menos de 15%.

### "Fertilização" de Dióxido de Carbono

Um terceiro fator que já foi reivindicado como possível de absorver carbono é a resposta da vegetação a níveis mais altos de CO<sub>2</sub> atmosférico. A "fertilização" com CO<sub>2</sub> supostamente permitiria tanto o estímulo do crescimento das florestas existentes quanto a dispersão de florestas em áreas não arborizadas (e.g. Idso, 1984).



política, a massa de informação espalhada e altamente diversificada sobre o papel potencial do desmatamento da Amazônia em uma mudança de clima induzida pelo CO<sub>2</sub>. A melhor estimativa atual para a liberação a longo prazo da conversão da Amazônia Legal para pastagem é de 49,7 G toneladas C (19,6% mais baixo do que minha estimativa anterior). Mesmo que a conversão para pastagem se realizasse em uma taxa consideravelmente mais vagarosa do que a implícita pelas tendências recentes, a liberação de CO<sub>2</sub> provavelmente excederia 20% da taxa anual atual de desprendimento a partir do combustível fóssil durante as décadas em que a floresta continuar a existir. O impacto do CO<sub>2</sub> liberado pela conversão para pastagem acrescenta-se à lista dos custos humanos e ambientais do desmatamento e indica o bom senso de se implementar medidas políticas para controlar o processo.<sup>2</sup>

## NOTAS

1 Aproveito esta oportunidade para corrigir uma inconsistência entre a tabela e o texto do trabalho em Interciencia (Fearnside, 1985) no que diz respeito à biomassa acima do solo e total. A segunda das duas referências à biomassa "acima do solo" na página 180 e as três referências na página 184 estão incorretas e deveriam ser mudadas para que se leia biomassa "total". A tabela está correta, bem como os cálculos com a exceção da seguinte modificação (a qual aumenta em vez de diminuir a quantia de carbono liberada no final). Na página 180 a fração convertida para carvão estava aplicada, incorretamente, para a biomassa total (60,09 G toneladas), em vez de aplicada para o valor menor de biomassa acima do chão (45,41 G toneladas). A quantidade de carbono estocado como carvão foi, por isso, exagerada e o impacto a longo prazo do desmatamento sobre o desprendimento de carbono para a atmosfera subestimado por 3,2%. As duas referências às 54,69 G toneladas na página 180 devem ser mudadas para 56,44 G toneladas.

2 Os dados sobre a biomassa da floresta e queimadas em Manaus foram coletados sob o patrocínio da World Wildlife Fund-US; Michael Keller, Fernando Moreira Fernandes e Niwton Leal Filho executaram a colheita da biomassa. Os dados sobre biomassa da pastagem e vegetação secundária foram coletados sob o patrocínio do Componente de Tecnologia e Ciencia do Projeto POLONOROESTE; Gabriel de Lima Ferreira, Roberto Aparecido Custódio, Fernando Moreira Fernandes e Ronaldo Gomes Chaves participaram no trabalho de campo. As instalações para a secagem foram fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) na Altamira e pelo Centro de Pesquisas de Produtos Florestais (CPPF) do INPA em Manaus. Este trabalho foi apresentado no "Workshop on Biogeochemistry of Tropical Rain Forests: Problems for Research", Piracicaba-São Paulo, 30 de setembro-4 de outubro de 1985 (Fearnside, 1987).

## REFERÊNCIAS

- Atjay, G.L., P. Ketner & P. Duvigneaud. 1979. Terrestrial primary production and phytomass. p. 129-181 In: B. Bolin, E.T. Degens, S. Kempe & P. Ketner (compiladores) The Global Carbon Cycle: SCOPE 13. John Wiley & Sons, Nova York, E.U.A. 491 p.
- Braga, P.I.S. 1979. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta Amazônica. Acta Amazonica 9(4) suplemento: 53-80.
- Broecker, W.S., T. Takahasi, H.J. Simpson & T.H. Peng. 1979. Fate of fossil fuel: Carbon dioxide and the global carbon budget. Science 206: 409-418.
- Brown, S. 1980. Rates of organic matter accumulation and litter production in tropical forest ecosystems. p. 118-139 In: S. Brown, A.E. Lugo & B. Liegal (compiladores) The Role of Tropical Forests in the World Carbon Cycle. CONF-800350, United States Department of Energy, Washington, D.C., E.U.A. 156 p.
- Brown, S. & Lugo, A.E. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. Biotropica 14(3): 161-187.
- Brown, S. & Lugo, A.E. 1984. Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumes. Science 223: 1288-1293.
- Cardenas, J.D.R., F.L. Kahn & J.L. Guillaumet. 1982. Estimativa da Fitomassa do Reservatório da UHE de Tucuruí. p. 1-11 In: Brasil, Presidência da República, Ministério das Minas e Energia, Centrais Elétricas do Norte S.A. (ELETRONORTE) & Brasil, Secretaria do Planejamento, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (SEPLAN-CNPq-INPA). Projeto Tucuruí, Relatório Semestral Jan.-Jun. 1982, Vol. 2: Limnologia, Macrófitas, Fitomassa, Degradação de Fitomassa, Doenças Endêmicas, Solos. INPA, Manaus, 32 p.
- Falesi, I.C. 1976. Ecossistema de Pastagem Cultivada na Amazônia Brasileira. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CEPATU), Belém. 193 p.
- Fearnside, P.M. 1980. A previsão de perdas através de erosão do solo sob vários usos de terra na área de colonização da Rodovia Transamazônica. Acta Amazonica 10(3): 505-511.
- Fearnside, P.M. 1982. Desmatamento na Amazônia brasileira: Com que intensidade vem ocorrendo? Acta Amazonica 12(3): 579-590.
- Fearnside, P.M. 1983. Land use trends in the Brazilian Amazon region as factors in accelerating deforestation. Environmental Conservation 10(2): 141-148.

Fearnside, P.M. 1985. Brazil's Amazon forest and the global carbon problem. Interciencia 10(4): 179-186.

Fearnside, P.M. 1986a. Human Carrying Capacity of the Brazilian Rainforest. Columbia University Press, Nova York, E.U.A. 293 p.

Fearnside, P.M. 1986b. Predição da qualidade da queimada na Transamazônica para simulação do agroecossistema em estimativas de capacidade de suporte humano. Ciência e Cultura 38(11): 1804-1811.

Fearnside, P.M. 1987. Summary of progress in quantifying the potential contribution of Amazonian deforestation to the global carbon problem. In: D. Athié, T.E. Lovejoy & P. de M. Oyens (compiladores) Proceedings of the Workshop on Biogeochemistry of Tropical Rainforests: Problems for Research. Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Piracicaba, São Paulo. (no prelo).

Glerum, B.B. 1960. Report to the Government of Brazil on a Forestry Inventory in the Amazon Valley (Part Five) (Region between Rio Caeté and Rio Maracassumé). F.A.O. Report No. 1250, Project No. BRA/FO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Itália. 67 p.

Goudriaan, J. & Atjay, G.L. 1979. The possible effects of increased CO<sub>2</sub> on photosynthesis. p. 237-249 In: B. Bolin, E.T. Degens, S. Kempe & P. Ketner (compiladores) The Global Carbon Cycle: SCOPE 13. John Wiley & Sons, Nova York, E.U.A. 491 p.

Goudriaan, J. & P. Ketner. 1984. A simulation study for the global carbon cycle, including man's impact on the biosphere. Climatic Change 6: 167-191.

Hampicke, U. 1979. Net transfer of carbon between the land biota and the atmosphere, induced by man. p. 219-236 In: B. Bolin, E.T. Degens, S. Kempe & P. Ketner (compiladores) The Global Carbon Cycle: SCOPE 13. John Wiley & Sons, Nova York, E.U.A. 491 p.

Hecht, S.B. 1982. Agroforestry in the Amazon Basin: Practice, theory and limits of a promising land use. p. 331-371 In: S.B. Hecht (compiladora) Amazonia: Agriculture and Land Use Research. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colômbia. 428 p.

Hecht, S.B. 1983. Cattle ranching in the Eastern Amazon: Environmental and social implications. p. 155-188 In: E.F. Moran (compilador) The Dilemma of Amazonian Development. Westview Press, Boulder, Colorado, E.U.A. 347 p.

Heinsdijk, D. 1957. Report to the Government of Brazil on a Forest Inventory in the Amazon Valley (Region between Rio Tapajós and Rio Xingu). F.A.O. Report No. 601, Project No. BRA/FO. Food and

- Agriculture Organization of the United Nations (F.A.O.), Roma, Itália. 135 p.
- Heinsdijk, D. 1958a. Report to the Government of Brazil on a Forest Inventory in the Amazon Valley (Part Three) (Region between Rio Tapajós and Rio Madeira). F.A.O. Report No. 969, Project No. BRA/FO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (F.A.O.), Roma, Itália. 83 p.
- Heinsdijk, D. 1958b. Report to the Government of Brazil on a Forest Inventory in the Amazon Valley (Part Four) (Region between Rio Tocantins and Rios Guamá and Capim). F.A.O. Report No. 992, Project No. BRA/FO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (F.A.O.), Roma, Itália. 72 p.
- Heinsdijk, D. 1958c. Report to the Government of Brazil on a Forestry Inventory in the Amazon Valley (Part Two) (Region between Rio Xingu and Rio Tapajós). F.A.O. Report No. 949, Project No. BRA/FO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (F.A.O.), Roma, Itália. 94 p.
- Idso, S.B. 1984. The case for carbon dioxide. Journal of Environmental Sciences 27(3): 19-22.
- Japiassu, A.M.S. & L. Góes Filho. 1974. As Regiões Fitoecológicas, sua Natureza e seus Recursos Econômicos. Belém.
- Jordan, C.F. & C.E. Russell. 1983. Jari: Productividad de las plantaciones y pérdida de nutrientes debido al corte y la quema. Interciencia 8(6): 294-297.
- Keeling, C.D. & R.B. Bacastow. 1977. Impact of industrial gases on climate. p. 72-95 In: United States National Academy of Sciences (N.A.S.) Energy and Climate. N.A.S. Press, Washington, D.C., E.U.A. 158 p.
- Klinge, H. & W.A. Rodrigues. 1974. Phytomass estimation in a central Amazonian rain forest. p. 339-350 In: H.E. Young (compilador) IUFRO Biomass Studies. University Press, Orono, Maine, E.U.A.
- Klinge, H., W.A. Rodrigues, E. Brunig & E.J. Fittkau. 1975. Biomass and structure in a Central Amazonian rain forest. p. 115-122 In: F.B. Golley & E. Medina (compiladores) Tropical Ecological Systems: Trends in Terrestrial and Aquatic Research. Springer-Verlag, Nova York, E.U.A. 398 p.
- Lanly, J.P. 1982. Tropical Forest Resources. F.A.O. Forestry Paper No. 30. Food and Agriculture Organization of the United Nations (F.A.O.), Roma, Itália. 106 p.

Liss, P.S. & A.J. Crane. 1983. Man-made Carbon Dioxide and Climatic Change: A Review of Scientific Problems. GEO Books, Norwich, Connecticut, E.U.A. 127 p.

Lugo, A.E. & S. Brown. 1981. Tropical lands: Popular misconceptions. Mazingira 5(2): 10-19.

Lugo, A.E. & S. Brown. 1982. Conversion of tropical moist forests: A critique. Interciencia 7(2): 89-93.

Pires, J.M. 1978. The forest ecosystems of the Brazilian Amazon: Description, functioning and research needs. p. 607-627 In: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)/United Nations Environmental Programme (UNEP)/Food and Agriculture Organization of the United Nations (F.A.O.) Tropical Forest Ecosystems: A State of Knowledge Report. UNESCO, Paris. 683 p.

Richey, J.E., J.T. Brock, R.J. Naiman, R.C. Wissmar & R.F. Stallard. 1980. Organic carbon: Oxidation and transport in the Amazon River. Science 207: 1348-1351.

Seiler, W. & P.J. Crutzen. 1980. Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. Climatic Change 2: 207-247.

Whittaker, R.H. & G.E. Likens. 1973. Primary production: The biosphere and man. Human Ecology 1(4): 357-369.

Woodwell, G.M. 1985. Importance of tropical forests in global cycles, especially the carbon cycle. Trabalho apresentado no "Workshop on Biogeochemistry of Tropical Rain Forests: Problems for Research," Piracicaba, São Paulo, 30 September-4 October 1985.

Woodwell, G.M., R.H. Whittaker, W.A. Reiners, G.E. Likens, C.C. Delwiche & D.P. Botkin. 1978. The biota and the world carbon budget. Science 199: 141-146.

Woodwell, G.M., J.E. Hobbie, R.A. Houghton, J.M. Melillo, B. Moore, B.J. Peterson & G.R. Schaver. 1983. Global deforestation: Contribution to atmospheric carbon dioxide. Science 222: 1081-1086.

TABELA 1: BIOMASSA DE TIPOS DE VEGETAÇÃO NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA (peso seco, toneladas ha<sup>-1</sup>)

Tipo de vegetação	Viva acima do solo	Abaixo do solo	Liteira e morta acima do solo	Total
Floresta densa de terra firme	251,7	86,3	23,50	361,50
Floresta de cerrado	37,8	25,2	7,7	70,7
Floresta serana	198,0	64,8	3,15	265,95
Outros tipos de floresta de terra firme	277,5	70,3	22,2	370,0
Campo úmido (terra firme e várzea)	71,5	31,9	6,7	110,1
Florestas inundadas (várzea e igapó)	158,1	54,2	3,34	215,64
Mangues	162,5	190,0	102,1	454,6

TABELA 2: ESTOQUES DE CARBONO EM VEGETAÇÃO "NATURAL" NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA (G toneladas C)

Tipo de vegetação	Area (km <sup>2</sup> )	Viva acima do solo	Abaixo do solo	Liteira e morta acima do solo
Floresta densa de terra firme	3.063.000	34,69	11,90	3,239
Floresta de cerrado	1.290.520	2,20	1,46	0,450
Floresta serana	26.000	0,23	0,08	0,004
Outros tipos de floresta de terra firme	259.000	3,23	0,82	0,260
Campo úmido (terra firme e várzea)	165.000	0,53	0,24	0,050
Florestas inundadas (várzea e igapó)	70.000	0,50	0,17	0,011
Mangues	1.000	0,01	0,01	0,005
<b>TOTAIS</b>	<b>4.874.520</b>	<b>41,39</b>	<b>14,68</b>	<b>4,020</b>
<b><u>CARBONO TOTAL 60,09 G toneladas</u></b>				



TABELA 3: ESTIMATIVAS DA BIOMASSA NA FLORESTA DENSA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA BRASILEIRA<sup>a</sup>

Acima do solo	Total	Localidade	Referência
247,84	(355,9) <sup>b</sup>	Tucuruí	Cardenas <u>et al.</u> , 1982
255,60	(367,1) <sup>b</sup>	Manaus	Klinge & Rodrigues, 1974 <sup>c</sup>
353,4	507,5	Manaus	Klinge <u>et al.</u> , 1975
	354	Jari	Jordan & Russell, 1983 <sup>d</sup>
	155,1	"Florestas tropicais Americanas latifólicas fechadas produtivas intocadas"	Brown & Lugo, 1984

- (a) Toneladas ha<sup>-1</sup> peso seco.
- (b) Estimativa usando-se a razão de acima do solo para biomassa total medida por Klinge et al., 1975.
- (c) Uma extensão da medição direta (Klinge et al., 1975) para cinco quadras não destrutivas e pesquisas de transecto de floresta na área de Manaus (ver Fearnside, 1985: Tabela 1, nota d). Klinge (comunicação pessoal, 1985) acredita agora que o valor mais alto baseado somente sobre medição direta é o mais confiável dos dois. Meu uso do valor mais baixo, portanto, cria um bias na conclusão por um impacto menor do desmatamento.
- (d) Biomassa de "madeira" somente.

TABELA 4: BIOMASSA A PARTIR DE PESQUISAS DE VOLUME DA FLORESTA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Localidade	Volume (a) (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Biomassa (b) (toneladas ha <sup>-1</sup> )	Referência (c)
Santarém (Encosta ou floresta de "flanco")	135	160.7	Vol. 1, p. 113
Santarém (floresta de platô ou "planalto")	223	265.5	Vol. 1, p. 113
Amapá	162	192.8	Vol. 1, p. 113
Oeste de Portel	314	373.8	Vol. 1, p. 113
Rio Aripuans	146	173.8	Vol. 3, p. 13
Maués	169	201.2	Vol. 3, p. 82
Canumã (Canhuma)	164	195.2	Vol. 3, p. 82
Sul de Belém	210	250.0	Vol. 4, p. 35
Acará	217	258.3	Vol. 4, p. 35
Rio Capim	194	230.9	Vol. 4, p. 35
Piriá	161	191.7	Vol. 5, p. 1
Gurupi	131	155.9	Vol. 5, p. 1
Maracassumé	122	145.2	Vol. 5, p. 1
	$\bar{X} = 181$	215.0	
	DP = 52	61.7	
	n = 13	13	

- (a) Volume sobre casca para tronco liso (caule até o galho principal ou até 7 cm de diâmetro) para todas as árvores vivas  $\geq 25$  cm DAP, como foi relatado nas pesquisas da F.A.O.
- (b) Biomassa calculada a partir do volume usando-se densidade média da madeira de 0.62, 1,2 para correção para árvores entre 10 e 25 cm DAP, e 1.6 para conversão de biomassa de troncos para biomassa total para árvores de  $\geq 10$  cm DAP (ver texto).
- (c) Vol. 1 = Heinsdijk, 1957; Vol. 3 = Heinsdijk, 1958a; Vol. 4 = Heinsdijk, 1958b; Vol. 5 = Glerum, 1960.

TABELA 5: LIBERAÇÃO DE CARBON NO CASO DA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA SER CONVERTIDA PARA PASTAGEM (G toneladas C)

	Fearnside (1985)	Com a biomassa de pastagem revisada	Com a biomassa de pas- tagem e flor- esta re- visada	Melhor estimativa atual: conteúdo de bio- massa e carbono revisado <sup>a</sup>
-----				
BIOMASSA				
Floresta <sup>b</sup>	60,09	60,09	45,34	50,38
Pastagem	0,21	2,34	2,34	2,60
	-----	-----	-----	-----
Liberação	59,88	57,75	43,00	47,78
SOLO				
Floresta <sup>b</sup> (0,91% C)	5,10	5,10	5,10	5,10
Pastagem (0,56% C)	3,14	3,14	3,14	3,14
	-----	-----	-----	-----
Liberação	1,96	1,96	1,96	1,96
	-----	-----	-----	-----
LIBERAÇÃO TOTAL	61,84	59,71	44,96	49,74
-----				

- (a) Valor para conteúdo de carbono da vegetação de 0,50 em vez de 0,45 (ver texto).
- (b) Aqui "floresta" refere-se a todos os tipos de vegetação natural (ver Tabela 1).

TABELA 6: LIBERAÇÃO DE CARBONO SOB DIFERENTES CENÁRIOS PARA USO DE TERRA SUBSTITUINDO A FLORESTA NA AMAZÔNIA LEGAL

Cenário	Biomassa (t ha <sup>-1</sup> )	Estoque de car- bono <sup>a</sup> (G t)	Liberação de carbono (G t)	Diferença percentual de dados de base
-----				
Dados de base:				
Todos os pastos roçados	10,67	2,34	59,71	0
Pastos abandonados	27 <sup>b</sup>	5,9	56,14	6,0
Vegetação secun- dária	50	10,9	51,12	14,4
Florestas originais	Variável (floresta densa = 361,5) <sup>c</sup>	60,09	0	100
-----				

(a) Presume o conteúdo de carbono de 0,45 (como em Fearnside, 1985).

(b) Aproximadamente biomassa total baseada sobre uma medição em Altamira da biomassa acima do solo em um pasto que foi abandonado por dois anos.