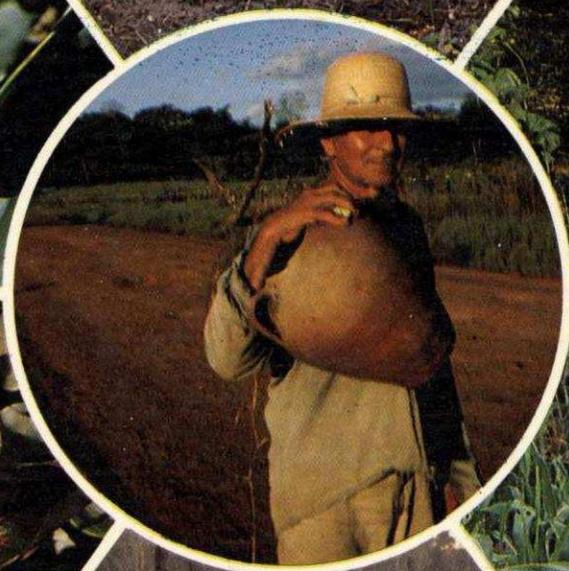


PESQUISAS SOBRE UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NA AMAZÔNIA ORIENTAL



.00322

Pesquisa sobre utilização e
1986 LV-2005.00322



30934-1

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU

SCHAFT
ZUSAMMENARBEIT



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU
Belém, PA

PESQUISAS SOBRE UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

**Relatório Final do Convênio
EMBRAPA - CPATU - GTZ**

EMBRAPA - CPATU. Documentos, 40

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à EMBRAPA - CPATU
Trav. Dr. Enéas Pinheiro, S/N
Telefone : (091) 226-6622, 226-6612
Telex : (091) 1210
Caixa Postal, 48
CEP 66.000 - Belém - PA

Tiragem : 1.000 exemplares

	
Unidade:	Ai - Secl
Valor aquisição:	
Data aquisição:	
N.º N. Fiscal/Fatura:	
Fornecedor:	
N.º OCS:	
Origem:	Doação
N.º Registro:	322/05

Comissão Editorial : Dietrich Michael Burger
Paulo Choji Kitamura
Milton Guilherme da Costa Mota
Arnaldo de Conto

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropicó Úmido, Belém, PA.
Pesquisas sobre utilização e conservação do solo
na Amazônia Oriental;
relatório final do Convênio EMBRAPA - CPATU / GTZ.
Belém, EMBRAPA - CPATU , 1986.

291p. (EMBRAPA - CPATU, Documentos, 40).
1. Solo - Conservação - Brasil - Pará.
I. Título. I I. Série.

CDD : 631.498115

PRODUÇÃO DE "LITTER" E SEU CONTEUDO DE NUTRIENTES EM FLORESTA PRIMÁRIA E CAPOEIRA DA AMAZONIA ORIENTAL

Mário Dantas (1)

INTRODUÇÃO

A queda de "litter" tem sido estudada por muitos pesquisadores com o objetivo de estimar a produtividade primária bruta de um ecossistema, de avaliar o funcionamento de um ecossistema através do fluxo de energia e da ciclagem de nutrientes, bem como de caracterizar um ecossistema de acordo com a fenologia da comunidade vegetal ou sua fisiologia (Bray & Gorham 1964, Klinge 1978, Lim 1978, Ojawa 1978).

Neste trabalho, a queda de "litter" foi estudada, como uma aproximação à quantificação das transferências de matéria orgânica e nutrientes no sistema planta-solo, numa tentativa de entender este processo e de usar o conhecimento aqui gerado no desenvolvimento de sistemas agrícolas de culturas perenes.

O estudo também compara a produção de "litter" entre dois tipos de floresta: floresta tropical úmida de terra firme primária e floresta tropical úmida de terra firme secundária (capoeira), nas mesmas condições edáficas e climáticas.

"Litter" neste trabalho significa o mesmo que serrapilheira, liteira, manta ou "small litterfall" de Proctor (1983b), "fine litterfall" de Vitousek (1984) e de Klinge (1977, 1978), "leaf litterfall" de Golley et al. (1975), significando a deposição de folhas, flores, frutos e ramos finos. Através da queda e decomposição de "litter" o solo sob floresta recebe matéria orgânica.

A produção de "litter" em florestas tropicais tem sido extensivamente estudada (Tabela 1) e foi muito bem revista por Bray & Gorham (1964), Rodin & Bazilevich (1967), Klinge (1978), Brown & Lugo (1982), Jordan (1983), Proctor (1983b), Vitousek (1984) e Vogt et al. (1986).

Na região amazônica brasileira dados sobre produção de "litter" são escassos e praticamente restritos a estudos realizados, a cerca de 60 km em torno de Manaus (Klinge & Rodrigues 1968a, 1968b, Adis 1979, Franken et al. 1979 e Irmiler 1982), próximo de Belém (Klinge 1977, 1978, Silva & Lobo 1982), em Tucuruí (Silva 1984) e em um estudo efetuado no encontro dos rios Negro e Branco (Stark 1971). Há alguns experimentos que têm sido conduzidos na Floresta Nacional do Tapajós por Carpanezzi et al. e por Pires, em Belém, mas os resultados até o momento não foram publicados.

(1) Biólogo, M.S., Pesquisador do CPATU.

MATERIAL E METODOS

Area de estudo

A área em que este trabalho foi conduzido encontra-se localizada no município de Capitão Poço, Estado do Pará, na latitude de 1 grau 44'S e longitude de 44 graus 9'W, situado cerca de 200 km a nordeste de Belém. O solo dominante é Latossolo Amarelo textura média sob uma vegetação original de floresta tropical úmida de terra firme (Pires 1974, 1978).

A vegetação da área foi estudada por Dantas, Rodrigues & Müller (1978). O gênero dominante, *Eschweilera* (Lecythidaceae), é comumente encontrado em florestas com as mesmas condições ambientais em outras partes da Amazônia (Prance et al. 1976).

Os experimentos foram conduzidos em duas parcelas de 1 ha, afastadas 300m uma da outra, numa floresta que supõe-se primária de terra firme e numa capoeira de três anos de idade.

Amostragem e coletas

Dezesseis amostras foram coletadas de cada parcela, usando-se peneiras de 1 m² de área útil, com armação de madeira (1,05m x 1,05m x 0,1m) e fundo de tela de nylon com malha de 1mm e a 0.3m acima do solo.

O material foi retirado das peneiras a cada catorze dias, seco ao ar no campo para evitar decomposição devido à excessiva umidade e, posteriormente, seco em estufa a 60 graus C no laboratório até atingir peso constante. No laboratório, as amostras de duas coletas quinzenais, procedentes da mesma peneira, foram postas juntas e consideradas como a amostra mensal. Após a secagem foi obtido o peso seco do material, que foi moído e guardado para análise química.

Análise química

0,5g da amostra seca, moída e homogeneizada foi digerido usando-se uma mistura de ácidos nítrico (concentrado), perclórico (60%) e sulfúrico (concentrado) para análise de P, K, Ca e Mg, conforme método de Allen et al. (1974). Ca e Mg foram determinados na solução usando-se um espectrofotômetro de absorção atômica. P foi determinado colorimetricamente e usando-se um fotômetro de chama. N foi analisado através da técnica padrão de Kjeldahl.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de "litter"

A queda de "litter" mostrada na Tabela 2, na floresta apresentou uma fraca sazonalidade com o pico ocorrendo no período seco (junho a dezembro), mas não tão acentuado como foi observado por outros autores (Madge 1965, Franken et al. 1979, Cuevas & Medina 1986).

A quantidade total de "litter" produzido, conforme a Tabela 3, diferiu entre a floresta primária e a capoeira ($p < 0,001$). A floresta primária apresentou mais altas quantidades de "litter" mas, apresentou também, mais altos coeficientes de variação do que a capoeira. Estes resultados são bastante semelhantes às médias observadas em vários países de regiões tropicais (Tabela 1). De acordo com Proctor (1983a) e Vitousek (1984) é muito difícil comparar dados de produção de "litter", porque os métodos usados diferem e então não permitem comparações seguras, mas mesmo assim, é possível inferir algumas idéias.

Usando-se estes dados para calcular a produtividade primária líquida segundo o coeficiente de 1,3 proposto por Jordan & Murphy (1978) para as regiões tropicais ou ainda os coeficientes propostos por Murphy (1975) e Bray & Gorham (1964) de 3,0 e 3,3, a floresta primária parece ter uma produtividade mais alta do que a capoeira, o que está em contraste com conhecimentos anteriores que atribuem maior produtividade à capoeira, principalmente, considerando-se que a floresta primária está em "climax".

Segundo Beard (1944), comunidades em "climax" são aquelas "que estão aparentemente estáveis, maduras e integradas, e está relegada ao "estado seral" qualquer comunidade que está aparentemente num estado de mudança, desenvolvimento ou transição". Ainda de acordo com Tausby & Chipp (1926), segundo Beard (1944), "um tipo climático é relativamente permanente sob determinadas condições".

No entanto, se o índice mais baixo (Jordan & Murphy 1978) de 1,3 vezes a produção de "litter" for aplicado para estimar a produtividade primária líquida de florestas tropicais úmidas, a biomassa aumentará em cerca de 11 t/ha/ano, o que significa que em 50 anos a floresta teria duplicado sua biomassa.

Se o que foi dito acima fosse verdade, a floresta não poderia estar em "climax", pois, assume-se que em climax a produtividade primária líquida é quase zero, porque a energia gasta durante os processos metabólicos (respiração), deve ser igual a energia assimilada (fotossíntese), significando que, anabolismo é igual a catabolismo (Grimm & Fassbender 1981). Espera-se que isto esteja acontecendo nas florestas tropicais úmidas, onde toda produção é usada para a manutenção da floresta (Golley et al. 1971), resultando numa produtividade primária líquida mais baixa do que pode ser obtida a partir dos dados de produção de "litter".

Certamente, isto não significa que as regiões tropicais tenham um baixo potencial para produtividade biológica, uma vez que, nessas regiões, os requisitos básicos para tal, são abundantes; radiação solar, altas temperaturas e umidade, havendo restrições na maioria dos casos com relação à fertilidade do solo. Também, não significa que a floresta é estática, improdutivo. Sugere apenas que esses coeficientes não expressam a produtividade primária líquida do ecossistema, traduzida em acúmulo de biomassa.

Por outro lado, o potencial de produção de biomassa é mais alto nos trópicos do que nas latitudes mais elevadas.

Considerando-se o que foi dito acima, "litter" não parece ser um bom estimador para produtividade primária líquida de floresta tropical úmida, no entanto, a pobreza de dados não permite uma correlação verdadeira entre "litter" e produtividade primária líquida, ou por outro lado, os dados sobre produtividade primária líquida não são suficientes para análises de regressão, como foi mostrado por Brown & Lugo (1982).

O significado fisiológico e ecológico do "litter" deve ser mais precisamente conhecido e talvez haja diferença entre regiões temperadas e tropicais com respeito a este aspecto. "Litter" pode ser um bom estimador para florestas de região temperada, mas não para florestas tropicais.

O "litter", a chuva e as raízes profundas são as principais vias para ciclagem de nutrientes nas florestas tropicais úmidas (Stark 1971, Lim 1978). Em geral, os solos tropicais são quimicamente muito pobres (Stark 1970a, 1970b, 1971, 1977, Irion 1978, Fittkau 1983, Cuevas & Medina 1986), de modo que as plantas devem ter desenvolvido um sistema muito eficiente para reter e armazenar nutrientes da chuva e do "litter".

Este sistema foi chamado de "ciclagem direta de nutriente" (Went & Stark 1968; Stark 1970a, 1970b), na qual os "nutrientes são obtidos da matéria orgânica morta ("litter") sobre o solo da floresta por fungos micorrízicos que transferem nutrientes para as raízes vivas das árvores (Stark 1970a). Considerando as quantidades muito baixas de nutrientes que entram no ecossistema ou através da chuva (Ungemach 1970, Jordan 1982) ou do solo, o "litter" é o principal meio de fornecer nutrientes e energia para a floresta.

O ambiente físico tropical tem um papel muito significativo quanto a este aspecto, tendo em vista que as altas umidades do ar e do solo e temperaturas, promovem uma alta velocidade de decomposição por microrganismos e degradação física da matéria orgânica, seguindo-se a mineralização e disponibilidade de nutrientes para as plantas, como tem sido demonstrado por muitos pesquisadores interessados na decomposição da matéria orgânica (Jenny et al. 1949, Laudelout & Meyer 1954, Nye 1961, Olson 1963, Bernhard 1970; John 1973; Devineau 1976; Herrera 1979).

Um outro aspecto relacionado ao estudo de "litter" diz respeito à fenologia da floresta ou ao funcionamento do ecossistema, principalmente, quando a correlação com o clima é possível. Os dados da Tabela 2 mostram alta sazonalidade na capoeira, mas muito fraca na floresta primária. Apesar do curto período de observação, foi possível observar uma tendência a uma maior quantidade de "litter" depositada na superfície do solo durante o período mais seco. Isto pode ser devido a uma maior queda de "litter", a uma taxa mais baixa de decomposição ou à combinação destes dois fatores.

Conteúdo de nutrientes no "litter":

Os resultados da análise do conteúdo de nutrientes são apresentados na Tabela 4, onde a baixa quantidade de nutrientes na floresta primária, bem como na capoeira, é evidente. Comparando-se estes dados com os dados das Tabelas 1 e 5, percebe-se, claramente, a pobreza da floresta amazônica quanto ao conteúdo da biomassa e do solo (Klinge & Rodrigues 1968b, Klinge 1977, Adis et al. 1979, Franken 1979, Jordan & Herrera 1981).

Apesar da baixa quantidade, a capoeira apresenta uma porcentagem muito mais alta de nutrientes do que a floresta primária, o que indica capacidade para reter e armazenar nutrientes. Há poucos dados com respeito à capoeira mas, mesmo assim, estas duas características são claramente mostradas (Bartholomew et al. 1953; Kellman 1970, Stark 1971, Ewell 1976, Folster et al. 1976). A entrada de nutrientes para o ecossistema de floresta amazônica é muito limitado. A quantidade liberada do solo é quase zero, em virtude desses solos terem sido lixiviados por longos períodos e também porque sua própria formação sedimentar fornecer material originário, quimicamente muito pobre do qual elementos nutritivos não podem ser liberados através do intemperismo (Jordan 1982). A pobreza química dos solos amazônicos tem sido mostrada por vários pesquisadores, cujas informações mostram pH entre 4,5 e 5,5, baixa capacidade de troca catiônica e altos índices de alumínio, os quais, caracterizam solos de baixa fertilidade em 88% da área amazônica. O fósforo é o mais deficiente elemento com teores de 1 a 3 ppm (Stark 1970b, Falesi 1972, Irion 1978, Herrera 1979, Nascimento & Homma 1984).

A partir da chuva - que é o principal meio pelo qual os nutrientes entram no ecossistema (Fittkau 1983) - as quantidades de nutrientes também são muito baixas (Ungemach 1970) e mesmo com quantidades mais altas, a entrada simplesmente compensa a saída (Herrera 1979, Jordan 1982, Tabela 6). Isto porque a maioria da chuva que entra na região amazônica vem, parcialmente, do oceano Atlântico e cerca de 50% vem da própria floresta, através do processo de evapotranspiração (Marques et al. 1977).

Desde que solo e chuva não podem fornecer nutrientes suficientes às necessidades do ecossistema, esses são reciclados, dentro do ecossistema, através da queda e decomposição do "litter" e do escoamento de água da chuva através das copas e troncos e fixadas pelo eficiente sistema radicular associado a

fungos micorrizicos. Talvez existam plantas com a capacidade de solubilizar nutrientes - principalmente fósforo - do solo, mas os dados existentes não permitem comprovar esta hipótese.

A decomposição do "litter" não foi estudada neste trabalho, mas este aspecto tem sido abordado por muitos pesquisadores que têm trabalhado nas regiões tropicais e têm mostrado um tempo de ciclagem muito curto (Jenny et al. 1949, Laudelout & Meyer 1954, Nye 1961, Olson 1963, Bernhard 1970, John 1973, Devineau 1976, Herrera 1979). Esta pode ser a estratégia usada pelas plantas para acumular biomassa e nutrientes. Este processo é facilitado pela ação da fauna do solo na trituração do material vegetal, preparando-o para o ataque de fungos e bactérias, o que tem sido demonstrado em regiões temperadas e tropicais (Witkamp & Olson 1963, Edwards et al. 1970).

O ecossistema florestal vem sendo substituído na região amazônica por agroecossistemas e, considerando a dinâmica de nutrientes, pode-se concluir que esses agroecossistemas devem imitar tanto quanto for possível, o ecossistema de floresta nativa, se o uso e a exploração permanentes são desejados. Esta estratégia sugere não somente que a reposição dos nutrientes exportados como frutos, sementes ou madeira produzida, deva ser feita, mas também que seja evitada qualquer saída desnecessária. O novo sistema precisa ser o mais fechado possível para impedir a perda de nutrientes.

Talvez possa se chegar quase a esse ideal, através do uso do cultivo de plantas perenes. No momento, as mais importantes culturas perenes em uso na Amazônia e que podem levemente imitar o ecossistema florestal, são: cacau (*Theobroma cacao*), seringueira (*Hevea brasiliensis*, *H. benthamiana*), guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*), castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e dendê (*Elaeis guineensis*). Estas plantas podem produzir razoáveis quantidades de "litter", principalmente o cacau, mas não se tem informação sobre quanto "litter" é produzido e quanto nutriente é exportado do sistema na forma de frutos ou de produtos vegetais.

De acordo com estas considerações, os agroecossistemas usando culturas perenes, devem ser os melhores para a exploração permanente dos solos amazônicos, desde que possam imitar razoavelmente bem, a ciclagem de nutrientes das florestas nativas.

RESUMO

A produção de matéria orgânica através da queda de "litter" e seu conteúdo de nutrientes foram medidos em uma floresta primária e numa capoeira de terra firme na Amazônia oriental brasileira. A produção de "litter" atingiu 8.04 t/ha/ano e 5.04 t/ha/ano em floresta primária e capoeira, respectivamente. A análise de variância mostrou que as médias são estatisticamente diferentes ao nível de $p < 0.001$. O conteúdo de nutrientes do "litter" é baixo em ambos os sistemas com 115 kg/ha/ano de N; 3,6 de P; 28,5 de K; 114,2 de Ca e 15,9 de Mg na floresta primária e 76,1 de N; 3,9 de P; 37,1 de K; 106,4 de Ca e 12,6 de Mg na capoeira.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALLEN, S.E; GRIMSHAW, H.M; PARKINSON, J.A & QUARMBY, C. eds. Chemical analysis of ecological materials. Oxford, Blackwell Scientific Publications. 1974. 565p.
- ADIS, J.; FURCH, K. & IRMLER, U. 1979. Litter production of a Central Amazonian blackwater inundation forest. *Trop. Ecol.*, 20:236-245, 1979.
- BARTHOLOMEW, W.V.; MEYER, J. & LAUDELOUT, H. Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in the Yangambi (Belgian Conco) region. Madison, INEAC, 1953. P.128-32 (INEAC Publ. Ser. Sci.). 128-131.
- BEARD, J.S. Climax vegetation in tropical America. *Ecology*, 25:127-58, 1944.
- BERNHARD, F. Etude de la litière et de sa contribution au cycle des éléments minéraux en forêt ombrophile de Côte d'Ivoire. *Oecol. Plant.*, 5:247-66, 1970
- BRAY, J.R. & GORHAM, F. Litter production in forests of the world. *Advan. Ecol. Res.*, 2:101-57, 1964.
- BROWN, S. & LUGO, A.E. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *Biotropica*, 14:161-87, 1982
- CORNFORTH, I.S. Leaf-fall in a tropical rain forest. *J. Appl. Ecol.*, 7:603-8, 1970
- CUEVAS, E. & MEDINA, E. Nutrient dynamics within amazonian forest ecosystem. I. Nutrient flux in the litter fall and efficiency of nutrient utilization. *Oecologia*, 68:466-72, 1986.
- DANTAS, M.; RODRIGUES, I.A. & MULLER, N.R.M. Estudos fitoecológicos do trópico úmido brasileiro: II. Aspectos fitossociológicos de mata sobre Latossolo Amarelo em Capitão Poço, Pará. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1978. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 9).
- DEVINEAU, J.L. Données préliminaires sur la litière et la chute des feuilles dans quelques formations forestières semi-décidues de moyenne Côte-d'Ivoire. *Oecol. Plant.*, 11:375-95, 1976.
- EDWARDS, P.J. A study of nutrient cycling in New Guinea Montane Forest. Cambridge, University, 1973. Tese doutorado.
- EDWARDS, P.J. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. II. The production and disappearance of litter. *J. Ecol.*, 65:971-92, 1972
- EDWARDS, P.J. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. V. Rates of cycling in throughfall and litter fall. *J. Ecol.*, 70:807-27, 1982.
- EDWARDS, C.A.; REICHLER, O.E. & CROSSLEY, D.A. The role of soil invertebrates in turnover of organic matter and nutrients. In: REICHLER, D.E. Analysis of Temperate Forest Ecosystems. New York, Springer Verlag, 1970. p.147-72.
- ENRIGHT, N.J. Litter production and nutrient partitioning in rain forest near Bulolo, Papua New Guinea. *Malay. For.*, 42:202-07, 1979.
- EWELL, J.J. Litterfall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. *J. Ecol.*, 64:293-308, 1976.

- FALESI, I.C. 1972. O estado atual dos conhecimentos sobre solos Amazônia Brasileira. Belém, IPEAN, P.17-67. (IPEAN. boletim Técnico, 54).
- FITTKAU, E.J. Flow of nutrients in a large open system: The basis of life in Amazônia. *The Environmentalist*, 3:41-9, 1983. (Supplement n.5).
- FITTKAU, E.J. & KLINGE, H. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica*, 5:2-14, 1973.
- FOLSTER, H. & DE LAS SALAS, G. Litter fall and mineralization in three tropical evergreen forest stands, Colombia. *Acta Cient. Venezolana*, 27:196-202, 1976.
- FOLSTER, H.; DE LAS SALAS, G. & KHANNA, P. A tropical evergreen forest site with perched water table, Magdalena valley, Columbia. Biomass and bioelement inventory of primary and secondary vegetation. *Oecol. Plant.*, 11:297-320, 1976.
- FRANKEN, M. Major nutrient and energy contents of the litterfall of a riverine forest of Central Amazonia. *Trop. Ecol.*, 20:211-24, 1979.
- FRANKEN, M.; IRMLER, V. & KLINGE, H. Litterfall in inundation, riverine, and terra firme forests to Central Amazonia. *Trop. Ecol.*, 20:225-35, 1979.
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T. & CLEMENTS, R.G. La biomasa y la estructura mineral de algunos bosques de Darien, Panama. *Turrialba*, 21:189-96, 1971.
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.I. & DUEVER, M.J. Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. Athens, University Press, 1975. 248p.
- GRIMM, U. & FASSBENDER, H.W. Biochemical cycles in a forest ecosystem in the western Andes of Venezuela. I. Inventory of organic and mineral reserves. *Turrialba*, 31:27-37, 1981.
- HAINES, B. & FOSTER, R.B. Energy flow through litter in a Panamanian forest. *J. Ecol.*, 65:147-55.
- HERRERA, R. Nutrient distribution and cycling in an Amazon caatinga forest on spodosols in southern Venezuela. reading, University, 1979. Tese doutorado.
- HOPKINS, B. Vegetation of the Olokemej Forest Reserve, Nigeria. IV. The litter and soil with special reference to their seasonal changes. *J. Ecol.*, 54:687-703, 1966.
- IRION, G. Soil infertility in the Amazonian rain forest. *Naturwissenschaften*, 65:515-19, 1978.
- IRMLER, U. Litterfall and nitrogen turnover in an Amazonian blackwater inundation forest. *Plant & Soil*, 67:355-8, 1982.
- JENNY, H.; GESSEL, S.P. & BINGHAM, F.T. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Sci.*, 68:419-32, 1949.
- JOHN, D.M. Accumulation and decay of litter and net production of forest in tropical West Africa. *Oikos*, 24:430-5, 1973.
- JORDAN, C.P. A progress report on studies of mineral cycles at El Verde. In: ODUM, H.T. & Pigeon, R.F. ed. A tropical rain forest; A study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico. U.S. Atomic Energy Commission, Oak Ridge, Tennessee. 1970. p. H217-H219.
- JORDAN, C.F. The nutrient balance of an Amazonian rain forest. *Ecology*, 63:647-54, 1982.

- JORDAN, C.F. Productivity of tropical rain forest ecosystems and the implications for their use as future wood and energy sources. In: GOLLEY, F.B. ed. Tropical rain forest ecosystems; structure and function. Oxford, Elsevier Scient., 1983. Publ. Co., 381p. p.117-36.
- JORDAN, C.F. & HERRERA, R. Tropical rain forests: are nutrients really critical? *Am. Nat.*, 117:167-80, 1981.
- JORDAN, C.F. & MURPHY, P.G. A latitudinal gradient of wood and litter production, and its implication regarding competition and species diversity in trees. *Am. Midl. Nat.*, 99:415-34, 1979.
- KELLMAN, M.C. Secondary plant succession in tropical montane Mindanao. Canberra School of Pacific Studies, Australia National University, 1970.
- KIRA, T.; OGAWA, H.; YODA, K. & OGINO, K. Primary production by a tropical rain forest of Southern Thailand. *Bot. Mag.*, 77:425-9, 1964.
- KLINGE, H. Fine litter production and nutrient return to the soil in three natural forest stands of eastern Amazonia. *Geo-Eco-Trop*, 1:159-67, 1977.
- KLINGE, H. Litter production in tropical ecosystems. *Malayan Nat. J.*, 30:415-22, 1978.
- KLINGE, H. & RODRIGUES, W.A. Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. Part. I. Litter-fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. *Amazoniana*, 1:287-302, 1968a,
- KLINGE, H. & RODRIGUES, W.A. Litter production in an area of Amazonian terra firme. II. Mineral nutrient content of the litter. *Amazoniana*, 1:303-10, 1968b.
- KUNKEL-WESTPHAL, I. & KUNKEL, P. Litter fall in a Guatemalan primary forest, with details of leaf-shedding by some common tree species. *J. Ecol.*, 67:665-86, 1979.
- LAUDELOUT, H. & MEYER, J. II.3 Les cycles d'éléments minéraux et de matière organique on forêt équatoriale congolaise. *Int. Congr. Soil. Sci. Trans.*, 5:267-72, 1954.
- LIM, M.T. Litterfall and mineral nutrient content of litter in Pasoh Forest Reserve. *Malayan Nat. J.*, 30:375-80, 1978
- MADGE, D.S. Leaf fall and litter disappearance in a tropical forest. *Pedobiologia*, 5:273-88, 1965.
- MALAISSÉ, E.; FRESON, R.; GOFFINET, G. & MALAISSÉ-MOUSSET, M. Litter fall and litter breakdown in Miombo. In: *Tropical Ecological System*. New York, 1975 p.137-52.
- MARQUES, J.; SANTOS, J.M. dos; NOVA, N.A.V. & SALATI, E. Precipitable water and water vapor flux between Belem and Manaus. *Acta Amaz.*, Manaus, 7:355-62, 1977.
- MURPHY, P.G. Net primary productivity in tropical terrestrial ecosystems. In: LIETH & WHITTAKER, R.H. ed. *Primary Productivity of the Biosphere*. 1975. p.217-31.
- NASCIMENTO, C.N.B. & HOMMA, A.K.O. *Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola*. Belém, EMBRAPA-CPATU. 1984, 282p. (EMBRAPA-CPATU). Documentos, 27).
- NYE, P.H. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. *Plant & Soil*, 8:333-46, 1961

- ODUM, H.T. Summary: An Emerging View of the Ecological System at El Verde. In: ODUM, H.T. & PIGEIN, R.F. ed. A tropical rain forest; A study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico. U.S. Atomic Energy Commission, Oak Ridge, Tennessee. 1970. p. I 190-I 281.
- OGAWA, H. Litter production and carbon cycling in Pasoh forest. Malayan Nat. J., 30:367-73, 1978.
- OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology, 44:322-31, 1963.
- PIRES, J.M. Tipos de vegetação da Amazônia. Brasil Florestal, 5:48-58, 1974.
- PIRES, J.M. The forest ecosystem of the Brazilian Amazon: description, functioning and research needs. In: UNESCO, Tropical Forest Ecosystems. s.l., s.ed, 1978. p.607-27.
- PRANCE, G.T.; RODRIGUES, W.A. & SILVA, M.F. da. Inventário florestal de 1 hectare de mata de terra firme km 30 da Estrada Manaus-Itacoatiara. Acta Amaz., 6:9-35, 1976
- PROCTOR, J. Tropical forest litterfall I. Problems of data comparison. In: SUTTON, S.L; WHITMORE, T.C. & CHADWICK, A.C. eds. Tropical rain forest: Ecology and Management. Oxford, Blackwell Scientific Publications, p.267-73, 1983a.
- PROCTOR, J. Tropical forest litterfall. II. The data set. In: SUTTON, S.L.; CHADWICK, A.C. & WHITMORE, T.C. eds. British Ecological Society Rain Forest Symposium. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1983b.
- PROCTOR, J.; ANDERSON, J.M.; FODGEN, S.C.L. & VALLACK, H.W. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak: II Litterfall, litter standing crop and preliminary observations on herbivory. J. Ecol., 71:261-83, 1983
- RAI, S.N. Productivity of tropical rain forest of Karnataka. India, University of Karnataka, 1981. Tese doutorado
- RODIN, L.E. & BAZILEVICH, N.I. Production and mineral cycling in terrestrial vegetation. Edinburgh, Oliver and Boyd, Scotland, 1967. Scotland.
- SILVA, M.F.F. da. Produção anual de serrapilheira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme, Tucuruí-PA. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Botânica, 1(1/2):111-58, 1984
- SILVA, M.F.F. & LOBO, M.G.A. Nota sobre deposição de matéria orgânica em floresta de terra firme, várzea e igapó. Bol. M.P.E.G. Botânica. 56:1-13, 1982.
- STARK, N. Direct nutrient cycling in the Amazon basin: In: SIMPOSIO Y FORO DE BIOLOGIA TROPICAL AMAZONICA, 2. Florencia (Caqueta) y Leticia (Amazonas) 1969. Pax, Bogota, J.M Idrobo, 1970a. p.172-7.
- STARK, N. The nutrient content of plants and soils from Brazil and Surinam. Biotropica, 2:51-60, 1970b.
- STARK, N. Nutrient cycling II. Nutrient distribution in amazonian vegetation. Trop. Ecol., 12:177-201, 1971.
- STARK, N. & SPRATT, M. Root biomass and nutrient storage in rain forest oxisols near San Carlos de Rio Negro. Trop. Ecol., 18:1-9.
- TANNER, E.V.J. Litterfall in montane rain forest of Jamaica and its relation to climate. J. Ecol., 68:833-48, 1980.

- UNGEMACH, H. Chemical rain water studies in the Amazon basin. In: SIMPOSIO Y FORO DE BIOLOGIA TROPICAL AMAZONICA, 2, Florencia (Caquete) y Leticia (Amazonia) 1969. Pax, Bogota, 1970. p. 354-8.
- VITOUSEK, P.M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology*, 65:285-98, 1984.
- VOGT, K.A.; GRIER, C.C. & VOGT, D.J. Production, turnover and nutrient dynamics of above- and belowground detritus of world forests. *Adv. Ecol. Res.*, 15:303-77, 1986.
- WENT, F.W. & STARK, N. Mycorrhiza. *BioScience*, 18:1035-9, 1968.
- WIEGERT, R.G. Effects of ionizing radiation on leaf fall decomposition and litter micro-arthropods of a montane rain. In: ODUM, H.T. & PIGEON, R.F. A tropical rain forest. A study of irradiation and ecology at El Verde Puerto Rico. Division of Technical Information, U.S. Atomic Energy Commission, Oak Ridge, Tennessee, 1970.
- WITKAMP, M. & OSLON, J. Breakdown of confined and nonconfined oak litter. *Oikos*, 13:138-47, 1963.

TABELA 1. "Litter" e conteúdo de nutrientes de diferentes florestas tropicais úmidas.

Pais	"litter (t/ha)" matéria seca	N	P	K	Ca	Mg	Autor
kg/ha							
AFRICA							
Ivory Cost	9.5 13.0	158 170	14.0 8.0	85 28	36 61	36 51	Bernhard 1970 Bernhard 1970
Ghana	8.0 9.0 9.7	104 113	4.0 4.0	37 26	104 105	22 23	Bernhard 1970 Bernhard 1970 John 1973
Nigéria	10.5	199	7.3	68	206	45	Nye 1961 Madge 1965 Hopkins 1966
Zaire	7.2 12.3 4.0 5.8 12.4 12.3 15.3 14.9	---	---	---	---	---	Bartholomew et al. 1953 Malaise et al. 1972 Malaise et al. 1975 Laudelout & Meier 1954 Laudelout & Meyer 1954 Laudelout & Meyer 1954 Laudelout & Meyer 1954
CENTRAL AND SOUTH AMERICA							
Brasil	7.8 9.0 9.9 7.3 6.4 6.7 7.9 6.8 13.0 11.0 7.9 7.3 6.6	110 96 156 106 74 ---	3.4 3.4 4.1 2.1 1.4 ---	23 24 17 13 21 ---	76 62 33 18 20 ---	26 29 27 13 1 ---	Klinge 1977 Klinge 1977 Klinge 1977 Klinge & Rodrigues 1968 Franken et al. 1979 Franken et al. 1979 Irmiler 1982 Irmiler 1982 Fittkau & Klinge 1973 Adis et al. 1979 Silva e Lobo 1982 Silva 1984

TABELA 1. "Litter" e conteúdo de nutrientes de diferentes florestas tropicais úmidas.
(Continuação)

País	"litter" (t/ha) matéria seca	N	P	K	Ca	Mg	Autor
		kg/ha					
Colômbia	8.5	104	---	---	---	---	Jenny et al. 1949
	10.1	157	---	---	---	---	Jenny et al. 1949
	12.0	140	4.2	17	90	21	Folster & de las Salas 1976
Costa Rica	8.7	100	3.4	29	120	12	Folster et al. 1976
	8.1	135	---	---	---	---	Gessel et al. 1980 apud Vitousek 1984
Guatemala	9.0	169	5.8	20	88	64	Ewel 1976
	9.1 - 11.5	---	---	---	---	---	Kunkel-Westphal & Kunkel 1979
Jamaica	5.2	31	1.1	12	29	17	Tanner 1980
	5.3	48	1.4	39	48	17	Tanner 1980
	4.4	30	1.8	18	45	18	Tanner 1980
	5.7	53	2.3	33	54	16	Tanner 1980
Panamá	9.8	---	8.6	130	240	22	Golley et al. 1975
	11.0	195	15.0	---	212	---	Haines & Forster 1977
	11.4	---	9.4	---	257	---	Golle et al. 1975
Porto Rico	6.0*	---	---	2	39	10	Jordan 1970; Odum 1970
	11.4	---	---	---	---	---	Wiegert 1970
Trinidad	7.0*	60	3.0	11	65	15	Cornforth 1970
	6.8	61	3.3	12	69	15	Cornforth 1970
	7.0	56	2.4	11	57	15	Cornforth 1970
Venezuela	5.8	61	0.8	---	8	---	Jordan & Herrera 1981
	5.7	42	2.6	27	31	9	Herrera 1979
	10.3*	121	2.1	15	13	5	Cuevas & Medina 1986
	5.6*	28	2.0	8	31	13	Cuevas & Medina 1986
ASIA							
India	3.9	44	7.0	11	41	24	Rai 1981
Malásia	8.9	100	2.8	31	70	18	Lim 1978
	8.8	81	1.2	33	13	9	Proctor et al. 1983
	10.6	---	---	---	---	---	wa 1978
	11.1	---	---	---	---	---	Kira et al. 1964
	7.7**	106	5.8	17	115	18	Edwards 1973
Nova Guiné	7.6	91	5.1	28	96	19	Edwards 1977; Edwards 1982
	8.8	---	---	---	---	---	Enright 1979
	6.4	82	4.8	28	80	17	Edwards 1973
Sarawak	11.5	110	4.1	26	290	20	Proctor et al. 1983
Thailand	23.2	---	---	---	---	---	Kira et al. 1964

* folha

** "litter" depositado no solo

TABELA 2 - Produção de "litter" de floresta primária e capoeira na Amazônia Oriental (g/m²/mês, médias de 16 amostras)

Data	Floresta primária		C.V	Capoeira		C.V
	média	s		média	s	
07.08.79	88	45.3	51	52	29.8	38
04.09.79	66	30.2	46	36	11.5	32
02.10.79	73	34.9	49	35	15.1	43
30.10.79	83	48.0	59	44	13.3	30
27.11.79	103	35.9	35	60	21.1	35
26.12.79	107	41.3	38	45	20.6	46
23.01.80	58	34.3	59	26	9.1	35
20.02.80	41	18.0	44	37	24.5	68
20.03.80	48	12.4	26	32	14.5	46
18.04.80	70	36.4	52	32	12.3	39
16.05.80	55	33.7	61	26	15.5	59
13.06.80	71	37.4	53	37	15.8	43
11.07.80	58	37.7	65	36	17.5	48
08.08.80	56	36.3	65	59	27.1	46
05.09.80	42	28.6	67	50	15.4	31
03.10.80	53	27.7	52	64	21.9	34
média	67	19.9	30	42	12.0	29
	8.04	t/ha/ano		5.04	t/ha/ano	

Tabela 3 - Análise da variância comparando a produção de "litter" da floresta primária e da capoeira.

Fator	1	111124	111124	1433.41***
Erro	510	396171	775	
Total	511	506195		
	N	Média	ST Desvio	SE Média
C1	256	72.06	33.88	2.12
C2	256	42.59	20.05	1.25

Tabela 4 - Conteúdo de nutriente de "litter" de floresta primária e de capoeira.

Elemento	N. de amostras	Floresta primária		kg/ha/a	% do "litter" total	N. de amostras	Capoeira		S.D. kg/ha/a	% do "litter" total
		média	S.D.				média	S.D.		
N (%)	143	1.33	0.21	115.0	1.33	145	1.49	0.30	76.1	1.49
P (ppm)	227	414.75	301.66	3.6	0.04	238	753.98	535.78	3.9	0.08
K (ppm)	210	3299.37	2094.05	28.5	0.33	222	7253.19	5571.74	37.1	0.72
Ca (ppm)	225	13209.23	9036.80	114.2	1.32	234	20836.95	12470.75	106.4	2.08
Mg (ppm)	225	1838.78	944.19	15.9	0.18	237	2473.86	1153.87	12.6	0.25

TABELA 5 - Produção de "litter" e conteúdo de nutrientes de capoeiras com diferentes idades.

País	Idade (a)	"litter" (t/ha)						kg/ha						Autor
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg			
Guatemala	1	4.6	74	3.2	11	71	40	Ewell 1976						
	3	5.8	97	3.7	17	81	53	Ewell 1976						
	4	6.1	103	4.1	11	40	50	Ewell 1976						
	5	6.5	89	3.0	12	56	55	Ewell 1976						
	6	8.0	142	5.9	20	151	35	Ewell 1976						
	9	8.0	144	4.8	12	55	94	Ewell 1976						
	14	10.0	144	6.6	24	212	35	Ewell 1976						
	18	9.5	110	2.4	19	53	18	Folster et al. 1976						
	Malásia	1	2.0	28	2.3	4	19	6	Kellman 1970					
		7	7.0	140	10.1	29	97	23	Kellman 1970					
		7	12.8	228	20.8	33	168	22	Kellman 1970					
		7	9.5	167	10.8	30	94	20	Kellman 1970					
		19	9.4	137	10.9	48	212	26	Kellman 1970					
		19	7.6	122	6.8	16	96	17	Kellman 1970					
19		11.1	139	5.2	32	84	19	Kellman 1970						
19		12.2	157	7.1	35	89	25	Kellman 1970						
21		12.5	172	9.0	31	138	23	Kellman 1970						
25		7.2	89	6.3	37	80	16	Kellman 1970						
27		10.0	171	10.8	33	128	33	Kellman 1970						
27		7.0	91	4.0	19	49	15	Kellman 1970						
Zaire		2	5.6	80	10.7	80	--	63	Bartholomew et al. 1953					
		5	13.0	204	10.0	94	--	148	Bartholomew et al. 1953					
	8	13.4	221	10.7	160	--	197	Bartholomew et al. 1953						
	18	12.0	218	10.2	88	--	142	Bartholomew et al. 1953						

Tabela 6 - Conteúdo de nutrientes da chuva na bacia amazônica.

Referência	Ca	P	Mg	P04-P	P total	N(NH4+)	N(NO)3	N(org)	N
Kg/ha/a									
Herrera 1979*	15.8	20.0	3.5	---	17.5	---	---	---	16.5
Jordan 1982**	10.3	12.6	3.5	23.4	---	---	---	---	---
Ungemach 1970	0.8	---	2.0	---	0.2	2.0	2.2	1.4	---

* Os dados calculados de dados apresentados por Herrera (1979) em mg/l considerando a precipitação de 3.500mm.

** médias de 1976, 1977, 1978 e 1979.