

FORMAS DE HÚMUS EM ECOSISTEMAS DE FLORESTA COSTEIRA INTERTROPICAL. I- A MATA ATLÂNTICA DE TABULEIROS

GARAY, I., KINDEL, A., CALLIPO A., BARROS, M.E.O. & JESUS, R.M.

Resumo

O ecossistema de Mata Atlântica localizado no norte do Espírito Santo (Linhares), apresenta duas formas de húmus, de acordo com o tipo florestal: Mata Alta e Mata de Mussununga. No primeiro caso, observa-se um húmus do tipo mull, enquanto a segunda fitofisionomia apresenta um húmus do tipo moder. Nesta forma de húmus, encontramos no horizonte holorgânico 22t/ha de matéria orgânica superficial e 500kg/ha de nitrogênio orgânico, enquanto no mull, estes valores alcançam 6t/ha de matéria orgânica superficial e 100kg/ha de nitrogênio orgânico. Com relação ao horizonte A subjacente (0-10cm), as duas áreas são similares nos seus conteúdos de matéria orgânica e nitrogênio (10t/ha de carbono orgânico e 700kg/ha de nitrogênio total). Uma marcada acumulação superficial de matéria orgânica na Mata de Mussununga está intimamente relacionada à composição do substrato parental, com uma limitada fração de argila e baixíssimo conteúdo de nutrientes. Apesar dos fatores determinantes das formas húmicas serem semelhantes aos das florestas temperadas, os húmus da Mata Atlântica são diferenciados pela rápida reciclagem de nutrientes e alto "turnover" da matéria orgânica.

Abstract

"Forms of humus in ecosystems of the intertropical coastal forest. I. The Tabuleiros Atlantic Forest"

The Mata Atlântica ecosystems, located in the north part of Espírito Santo (Linhares) has two humus forms according to the forest type: Mata Alta Forest and Mussununga Forest. In the first case, humus is a mull-like form, and in the second, a moder-like humus is present. In the moder humus, 22t/ha - corresponding to holorganic horizons- are superposed on the A horizon, with 500kg/ha of organic nitrogen, while in the mull, this quantity reaches 6t/ha, with 100kg/ha of organic nitrogen. Below-ground pools -A horizon at 0-10cm depth- are similar in the two decomposition systems (10t/ha of organic carbon and 700kg/ha of total nitrogen). A marked organic matter accumulation in Mussununga forest is essentially linked to the parental soil substrata with a limited clay fraction and very poor nutrient content. Despite the factors determining the humus forms, which are similar to temperate forests, Mata Atlântica humus are differentiated by faster recycling of nutrients and a high organic-matter turnover.

Introdução

A estrutura das camadas orgânicas do solo - o húmus em sentido amplo - reflete a dinâmica da decomposição da matéria orgânica e as modalidades de ciclagem de nutrientes essenciais à manutenção da vegetação (BABEL, 1971a, 1972; TOUTAIN, 1981, 1987). Esta estrutura resulta da interação da rocha-mãe, da vegetação e do solo, influenciada pelas condições ambientais globais (ARMSON, 1977), tendo sido utilizada como elemento diagnóstico do funcionamento dos ecossistemas florestais em região temperada (DUCHAUFOR, 1977, 1980). Em região tropical praticamente nada se conhece sobre as estruturas húmicas em relação à dinâmica dos ecossistemas; os estudos existentes limitam-se à análise da matéria orgânica amorfa integrada nos horizontes pedológicos clássicos. No entanto, é precisamente, dentro de uma perspectiva essencialmente ecossistêmica, que torna-se necessário re-situar o problema da matéria orgânica do solo sob seu aspecto interativo maior: o das interrelações vegetação/solo. Com referência aos ecossistemas de florestas intertropicais, e fundamentando esta abordagem, tem sido proposto um esboço de síntese bibliográfica que inclui nossos primeiros resultados (GARAY & SILVA, 1992).

Entre os ecossistemas de florestas tropicais e intertropicais, a Floresta Atlântica ou Mata Atlântica é seguramente um dos mais ameaçados de extinção. Estudar seu funcionamento e, em particular, o do sub-sistema de decomposição pode permitir não só avaliar as modificações produzidas pelo uso de solos ocupados anteriormente por este ecossistema, como também compreender as distintas etapas necessárias à recuperação de solos degradados através do manejo florestal.

Existem, sob a denominação comum de Floresta ou Mata Atlântica, diversas formações florestais entre as quais a Hiléia Baiana, que estende seu extremo sul até o norte do Espírito Santo (PEIXOTO & GENTRY, 1990). Neste trabalho nos propomos a caracterizar a estrutura das camadas orgânicas dos solos de um ecossistema de Mata Atlântica pertencente a esta formação (Mata de Tabuleiros). Objetiva-se, através do conhecimento da dinâmica de decomposição da matéria orgânica, avaliar as diferenças de funcionamento entre duas fisionomias da Mata de Tabuleiros: a Mata Alta e a Mata de Mussununga.

Área de Estudo

A Mata Atlântica de Tabuleiros estudada localiza-se na Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce, entre os paralelos 19°86' e 19°18' de latitude sul e os meridianos 39°45' e 40°19' de longitude oeste.

A Reserva Florestal da C.V.R.D. recobre uma área de aproximadamente 22.000 hectares, dos quais 16.000 hectares correspondem à Mata Atlântica de Tabuleiros, representando atualmente cerca de 25% da floresta restante no estado do Espírito Santo (JESUS, 1987).

O relevo se caracteriza por uma seqüência de colinas tabulares de origem pré-cambriana subjacentes a sedimentos da Formação Barreiras, entre 28 e 60m de altitude. Sedimentos argilo-arenosos formam os tabuleiros, enquanto que baixadas e planícies aluviais constituem-se de sedimentos quaternários.

O clima corresponde, segundo a classificação de Köppen, ao grupo Awm apresentando estação chuvosa no verão e a seca - ou menos úmida - no inverno, com uma taxa de precipitação anual de 1.300mm (JESUS, 1987). A umidade relativa não apresenta marcada estacionalidade, com valores entre 80 a 85% o ano inteiro.

Das duas fisionomias vegetais de Floresta Atlântica que predominam na reserva, a de maior extensão percentual é a Mata Alta que recobre os tabuleiros, caracterizada por uma alta diversidade e estrutura semelhante à da Floresta Amazônica. A segunda, correspondente à Mata de Mussununga, repousa sobre os sedimentos quaternários, sendo menos diversificada (JESUS, 1987).

Na Mata Alta, os solos são podzólicos vermelho-amarelos de caráter distrófico. O horizonte A alcança 60cm, com marcada diferença nos primeiros 10cm, de constituição mais orgânica: 0,77% contra 0,42% nos outros 50cm. O horizonte Bt é de textura argilosa a muito argilosa, com até 60% de argila em sua profundidade, contrariamente ao horizonte A, de textura arenosa; apenas este horizonte apresenta estrutura em grúmulos pequenos, enquanto o horizonte Bt mostra aspecto uniforme até uma profundidade de 2m. A profundidade do horizonte B mostra indícios de um alto grau de intemperismo, acrescidos pelos valores de Kr encontrados (da ordem de 1,5), indicando alteração das argilas secundárias e formação de gibbsita e guethita.

A Mata de Mussununga encontra-se sobre um podzol distrófico. O horizonte A₁ atinge apenas os primeiros 20cm de profundidade, dos quais não mais que 4cm constituem uma primeira camada mais orgânica, correspondente ao horizonte A₁₁. Contrariamente, o horizonte A₂ apresenta-se muito mais desenvolvido, com espessura superior a 1m. Tanto o A₁ como o A₂ apresentam textura arenosa grosseira, com menos de 6% da fração silte + argila. A deposição desta fração totaliza 20% no horizonte B, além de 1,60m de profundidade. O A₁ sofre uma considerável lixiviação de matéria orgânica, constatando-se no horizonte Bh concentrações de carbono orgânico de 3 a 4% entre 1,60m e 1,80m de profundidade.

Material e Métodos

1- Estudo quantitativo das camadas orgânicas

Foram tomadas dez amostras em cada área, delimitando-se uma superfície quadrada de 25cm de lado. As camadas orgânicas L₁, L₂ e F em diferentes estados de decomposição, foram separadas inicialmente no terreno. O horizonte H de matéria orgânica amorfa, cuja estrutura impossibilita uma

nítidaseparação, foi retirado - quando presente na amostragem - com uma pequena parte do horizonte A₁₁ (entre 0,5cm e 1cm). A separação dos horizontes húmicos realizou-se segundo características morfológicas (HESSELMANN, 1926; SCHEFFER & ULRICH, 1960; BABEL, 1971a; BRUN, 1978; KLINKA *et al.*, 1981), de acordo com o sistema proposto por BABEL (1971b), porém parcialmente modificado (GARAY & SILVA, 1992) e adaptado a um estudo macromorfológico (KLINKA *et al.*, 1981) e quantitativo (GARAY, 1988). No laboratório, completou-se esta separação identificando-se distintas frações em cada camada holorgânica: matéria orgânica fina da camada F, restos foliares aderidos à camada H, material fino da camada H, raízes das diferentes frações, frutos e galhos. Todas as frações foram secas a 80°C e pesadas.

Mediu-se o peso de unidades foliares (1cm de diâmetro), a fim de expressar a quantidade de folhas em número médio de camadas de folhas empilhadas (GARAY & HAFIDI, 1990). Para a camada L, o peso é de 0,0097g ± 0,002g e para a camada F, 0,0066g ± 0,0006g, na Mata Alta. Quanto à Mata de Mussununga, estes valores são 0,0070g ± 0,0005g -camada L- e 0,0051g ± 0,0004g -camada F-. Em todos os casos, n=30.

Através da estimativa das quantidades de cinzas das distintas frações, foi possível obter a quantidade de matéria orgânica por camada húmica.

2- Estudo do primeiro horizonte orgânico-mineral

A amostragem foi realizada estabelecendo-se um transecto, com uma distância mínima de 5 metros entre os pontos de coleta. As amostras deste horizonte foram obtidas usando-se um cilindro de 10cm de diâmetro por 10cm de altura, sendo efetuadas 10 amostras em cada facies da Mata. Na facies correspondente à Mata Alta realizou-se um estudo detalhado do horizonte A₁, conforme descrição a seguir:

- separou-se a primeira camada superficial do horizonte A₁ (A₁₁) correspondente aos 2 centímetros superficiais em contato com as folhas, sendo esta camada nitidamente mais orgânica. A superfície da amostra foi delimitada por um quadrado metálico de 25cm de lado.
- as amostras obtidas utilizando-se o cilindro para o horizonte A₁₂, foram secas e peneiradas no laboratório. A fração com diâmetro do grão superior a 2mm dividiu-se em cascalhos e agregados muito estáveis. Estes últimos foram triturados e analisados.

As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Fertilidade, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS, EMBRAPA -Jardim Botânico, R. Janeiro).

Resultados

1- Caracterização quantitativa das camadas húmicas superficiais, A_0 (camadas holorgânicas)

A análise das quantidades foliares mostra maior quantidade de matéria orgânica de folhiço na Mata de Mussununga, o dobro da existente na mata alta. É a quantidade de folhas mais decompostas - camada f - que é significativamente superior. Esta diferença provém fundamentalmente de pequenos restos foliares que se encontram aderidos à camada H de matéria orgânica amorfa (fração F de H - Tab. 1). excluindo esta última fração expressando as quantidades foliares em número médio de camadas de folhas superpostas, existe ainda uma diferença da ordem de 30% (Tab. 2).

Tabela 1 - Estoque de matéria orgânica (t.ha-1) nas camadas superficiais do solo em Mata de Tabuleiros: Mata Alta e Mata de Mussununga. L_1 : camada de folhas inteiras, pouco atacadas por fungos; L_2 : camada de folhas quase inteiras, com manchas de ataques fúngicos; F: camadas de folhas fragmentadas, atacadas por fungos; F_H : pequenos fragmentos foliares aderidos à camada H; H: camada de matéria orgânica amorfa; Mf: material fino formado por restos foliares de diâmetro inferior a 2mm e por matéria orgânica amorfa; Mf de L e Mf de F: material fino das camadas L e F; L_t : L total ($L_1 + L_2$); Ft: F total ($F + F_H$). $\bar{X} \pm S / \sqrt{n}$; n=10. Teste U não paramétrico.

Frações Orgânicas	Mata Alta	Mata de Mussununga	Teste U
L_1		0,98 ± 0,17	
L_2	2,20 ± 0,17	1,87 ± 0,18	MA \cong MU $\alpha > 0,05$
L_t	2,20 ± 0,17	2,85 ± 0,35	MA \cong MU $\alpha > 0,05$
F	2,46 ± 0,22	2,73 ± 0,23	MA \cong MU $\alpha > 0,05$
F_H	---	3,55 ± 0,71	
F_t	2,46 ± 0,22	6,28 ± 0,52	MA < MU $\alpha = 0,001$
$L_t + F_t$	4,66 ± 0,29	9,13 ± 0,80	MA < MU $\alpha = 0,001$
Mf de L	0,17 ± 0,06	0,11 ± 0,03	MA \cong MU $\alpha > 0,05$
Mf de F	1,23 ± 0,21	0,88 ± 0,15	MA \cong MU $\alpha > 0,05$
H	---	11,85 ± 2,15	

Tabela 2 - Número médio de camadas de folhas no solo em Mata de Tabuleiros: Mata Alta e Mata de Mussununga. L: camada L; F: camada F. $\bar{X} \pm S / \sqrt{n}$; n=10. Teste U não paramétrico.

	Mata Alta	Mata de Mussununga	Teste U
L	1,92 ± 0,15	3,35 ± 0,42	MA > MU $\alpha = 0,01$
F	4,08 ± 0,36	4,52 ± 0,37	MA \cong MU $\alpha > 0,05$
L + F	6,00 ± 0,41	7,91 ± 0,48	MA < MU $\alpha = 0,01$

Característica própria de um húmus tipo mull, não existe na Mata Alta continuidade morfológica entre as camadas de folhas mais ou menos decompostas, e o primeiro horizonte orgânico-mineral A. Ao contrário, na Mata de Mussununga, a presença de um horizonte holorgânico H (matéria orgânica fina formada por excrementos de fauna edáfica) dá continuidade aos restos foliares e ao horizonte A, o que é distintivo de um húmus tipo moder. Para este horizonte, a quantidade estimada de matéria orgânica é da ordem de 12 toneladas por hectare.

Assim, na Mata de Mussununga, o conjunto das camadas de superfície (A_0) representa um estoque orgânico de 22 toneladas por hectare; na Mata Alta esta quantidade é de apenas 6 toneladas. Considerando que nas duas fisionomias da Mata de Tabuleiros as quantidades da camada de folhas menos decompostas (camada L), que representam uma estimativa dos aportes de folhas ao solo, são sensivelmente semelhantes, aquela diferença só pode ser devida à velocidade de decomposição dos restos foliares, que é bem menor na Mata de Mussununga.

2.- Concentrações e estoques de nitrogênio nas camadas orgânicas de superfície.

As concentrações de nitrogênio das folhas menos decompostas (camada L) são da mesma ordem de grandeza em ambas as matas (27 e 28, respectivamente, sem diferença significativa), caracterizando a priori um material foliar favorável a uma rápida decomposição (Tab. 3).

No entanto, quer se trate de uma ou de outra mata considerada, a evolução do material foliar difere, como se pode demonstrar através do aumento relativo das concentrações de nitrogênio nas folhas mais decompostas (camada F) na Mata de Mussununga. Este aumento relativo acompanha, geralmente, uma lenta velocidade de decomposição das folhas. Deste modo, produz-se no sistema um acréscimo de nitrogênio devido tanto a esta acumulação relativa, quanto ao

acúmulo da própria matéria orgânica das camadas F e H. Enquanto na Mata Alta o estoque de nitrogênio das camadas orgânicas é apenas da ordem de 100kg/ha, na Mata de Mussununga esta quantidade chega a ser quase cinco vezes maior, ou seja, próxima a 500kg/ha (Tab. 3)

Tabela 3 - Concentrações de nitrogênio, estoques e relação C/N nas camadas orgânicas superficiais do solo em Mata de Tabuleiros: Mata Alta e Mata de Mussununga. L: camada L; F: camada F; F_H: pequenos restos de folhas aderidas à camada H; H: camada H. $\bar{X} \pm S / \sqrt{n}$; n=10. Teste U não paramétrico.

	Concentração de nitrogênio (% em peso)			Estoque de nitrogênio (Kg.ha ⁻¹)		C/N	
	Mata Alta	Mata de Mussununga	Teste U	Mata Alta	Mata de Mussununga	Ma	MU
L	1,74±0,02	1,70 ± 0,14	MA ≅ MU α < 0,05	41,6±3,2	50,7 ± 6,3	27	28
F	1,87±0,22	2,31 ± 0,10	MA < MU α = 0,05	64,2±5,8	67,8 ± 5,6	19	20
F _H	---	2,02 ± 0,08		---	86,6 ± 17,3	--	21
H	---	0,68 ± 0,08		---	285 ± 52	--	21

3.- Comparação do primeiro horizonte orgânico-mineral em ambas as matas.

a) As concentrações de matéria orgânica e de nutrientes.

Na fração fina correspondente aos primeiros dez centímetros do horizonte A, as concentrações de bases de troca, excluindo o magnésio, são maiores na Mata Alta. Em particular, os valores de cálcio são quatro vezes superiores aos encontrados para a Mata de Mussununga, o que explica tanto os valores de base de troca (2,29 e 0,97, respectivamente), como as diferenças de pH de quase uma unidade (5,57 e 4,58, respectivamente). Fósforo e nitrogênio apresentam valores cujas diferenças não são significativas, assim como as concentrações de carbono orgânico, se bem que neste último caso, a maior quantidade presente na Mata de Mussununga não seja significativa, devido à heterogeneidade das amostras (Tab. 4).

Estruturalmente, o horizonte A da Mata Alta é heterogêneo: seus primeiros dois centímetros (A₁₁) exibem uma marcada acumulação de todos os nutrientes e de carbono orgânico. Esta acumulação, no que se refere ao carbono orgânico, nitrogênio, fósforo e potássio, é entre cinco e quatro vezes superior àquela encontrada na fração fina do A₁₂, enquanto a concentração de magnésio é três vezes superior, seguida pela de sódio (Tab. 5).

Tabela 4 - Características edáficas na fração fina do horizonte A (0-10cm) nos solos de Mata de Tabuleiros: Mata Alta e Mata de Mussununga.

 $\bar{X} \pm s / \sqrt{n}$; n=10. Teste U não paramétrico.

	Mata Alta	Mata de Mussununga	Teste U
C (%)	0,86 ± 0,12	1,16 ± 0,27	MA ≅ MU α > 0,05
N	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01	MA ≅ MU α > 0,05
ppm P	2,80 ± 0,25	1,15 ± 0,36	MA ≅ MU α > 0,05
Ca ⁺⁺	1,73 ± 0,32	0,38 ± 0,16	MA > MU α = 0,001
Mg ⁺⁺	0,44 ± 0,05	0,50 ± 0,03	MA ≅ MU α > 0,05
Na ⁺	0,050 ± 0,003	0,0420 ± 0,006	MA > MU α = 0,001
K ⁺	0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,01	MA > MU α = 0,025

C.T.C.	4,94 ± 0,57	7,03 ± 1,65	MA < MU α = 0,05
% S.B.	46,3 ± 5,0	16,3 ± 2,8	MA > MU α = 0,001
pH	5,57 ± 0,12	4,58 ± 0,13	MA > MU α = 0,001

C/N	12	17	

Esta heterogeneidade encontra-se também no interior do horizonte A₁₂ no qual agregados estáveis, comparados com a fração fina, apresentam concentrações em dobro de carbono orgânico e de todos os nutrientes, com exceção de magnésio e sódio (Tab. 5). Estes agregados se diferenciam também por suas características granulométricas: a concentração de argilas é de 20%, enquanto que na fração fina que os circunda, esta não chega aos 5%.

Tanto na Mata Alta como na Mussununga, a capacidade total de troca catiônica (CTC) está relacionada com as concentrações de matéria orgânica. Em ambas as matas constata-se uma forte correlação entre carbono orgânico e nitrogênio (Fig. 1).

Tabela 5 - Concentrações de nutrientes, pH, capacidade de troca catiônica e relação C/N dos horizontes A₁₁, A₁₂ e dos agregados do horizonte A₁₂ na Mata de Tabuleiros. Carbono orgânico e nitrogênio: % em peso seco; P: ppm em peso seco; Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ e K⁺: em meq. por 100g. $\bar{X} \pm s / \sqrt{n}$ com n=8 para A₁₁, n=10 para A₁₂ e n=3 para A_{12a}. A_{12a}: agregados do A₁₂. Teste U não paramétrico.

	Horizonte A ₁₁ Fração fina	Teste U	Horizonte A ₁₂ Fração fina	Teste U	Horizonte A ₁₃ Agregados
C	4,0 ± 1,0	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	0,86 ± 0,12	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	2,08 ± 0,41
N	0,33 ± 0,08	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	0,07 ± 0,01	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	0,19 ± 0,03
P	14,1 ± 2,8	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	2,80 ± 0,25	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	4,67 ± 0,33
Ca ⁺⁺	5,6 ± 1,3	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,01	1,73 ± 0,32	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	3,17 ± 1,00
Mg ⁺⁺	1,26 ± 0,36	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,025	0,44 ± 0,05	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	0,57 ± 0,30
Na ⁺	0,12 ± 0,02	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	0,050 ± 0,003	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	0,05 ± 0,01
K ⁺	0,33 ± 0,06	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	0,07 ± 0,01	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	0,14 ± 0,01
pH	5,7 ± 0,1	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,05	5,6 ± 0,1	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	5,6 ± 0,1
CTC	12,7 ± 2,4	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,01	4,9 ± 0,6	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	7,5 ± 0,7
C/N	12,0 ± 0,7	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,05	12,3 ± 0,7	A ₁₁ > A ₁₂ α = 0,001	11,0 ± 0,7

b) Estoques de matéria orgânica e de nutrientes.

Considerando-se a fração fina do horizonte A, os estoques de carbono orgânico na Mata de Mussununga são superiores aos da Mata Alta conforme se observa na figura 2 (diferença significativa: α= 0,05). Contrariamente a quantidade do cálcio intercambiável é, pelo menos, quatro vezes inferior à encontrada na Mata Alta (diferença significativa: α=0,001, teste U), enquanto que para o sódio e o potássio as diferenças são menos importantes (α=0,001 e α=0,01, teste U), não sendo significativas no caso do fósforo. Unicamente para o magnésio o estoque é superior na Mata de Mussununga (α= 0,025; teste U).

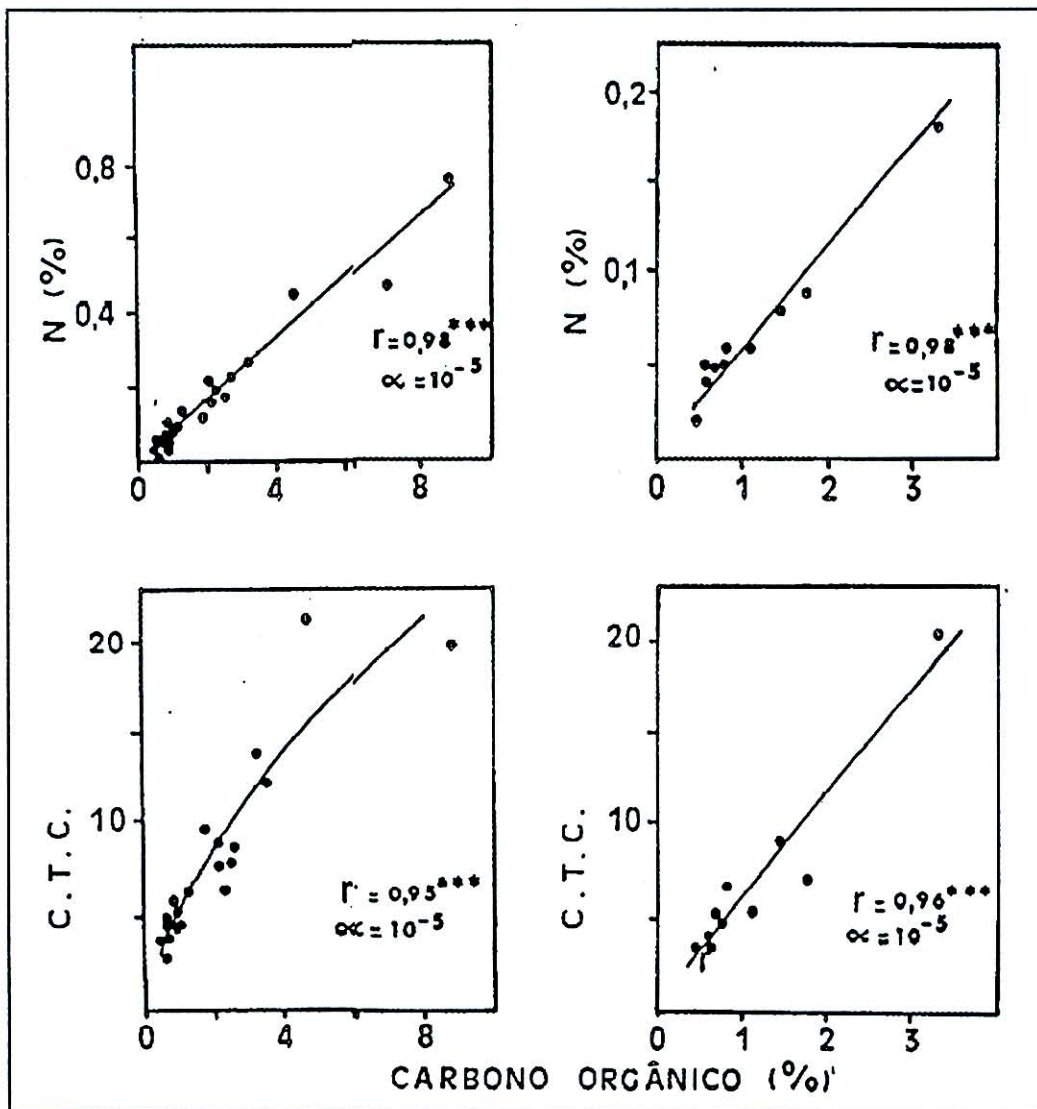


Figura. 1 - Relações entre as concentrações de carbono orgânico e nitrogênio (N), e carbono orgânico e capacidade de troca catiônica (C.T.C.) na Mata Alta (à esquerda) e na Mata de Mussununga (à direita).

r: coeficiente de correlação; ***: coeficiente altamente significativo.b

Entretanto, quando são comparados os estoques do conjunto de frações do horizonte A da Mata Alta (fração fina + A₁₁ + agregados), as diferenças tornam-se mais importantes, com maiores valores para o sódio, potássio e cálcio, identificando-se um aumento significativo para o nitrogênio (Tab. 6 e Fig. 2). Os estoques de carbono orgânico são semelhantes em ambas as matas: aproximadamente 11t/ha (Fig. 2).

4.- A distribuição de raízes finas no perfil orgânico.

A distribuição vertical de raízes difere em ambas as matas: só uma quantidade ínfima se encontra nas camadas holorgânicas da Mata Alta (0,27%), concentrando-se quase a totalidade no horizonte inferior orgânico-mineral. Contrariamente, nas camadas puramente orgânicas (sobretudo no horizonte H) da Mata de Mussununga, concentra-se uma importante fração (30%) de raízes (Tab. 7).

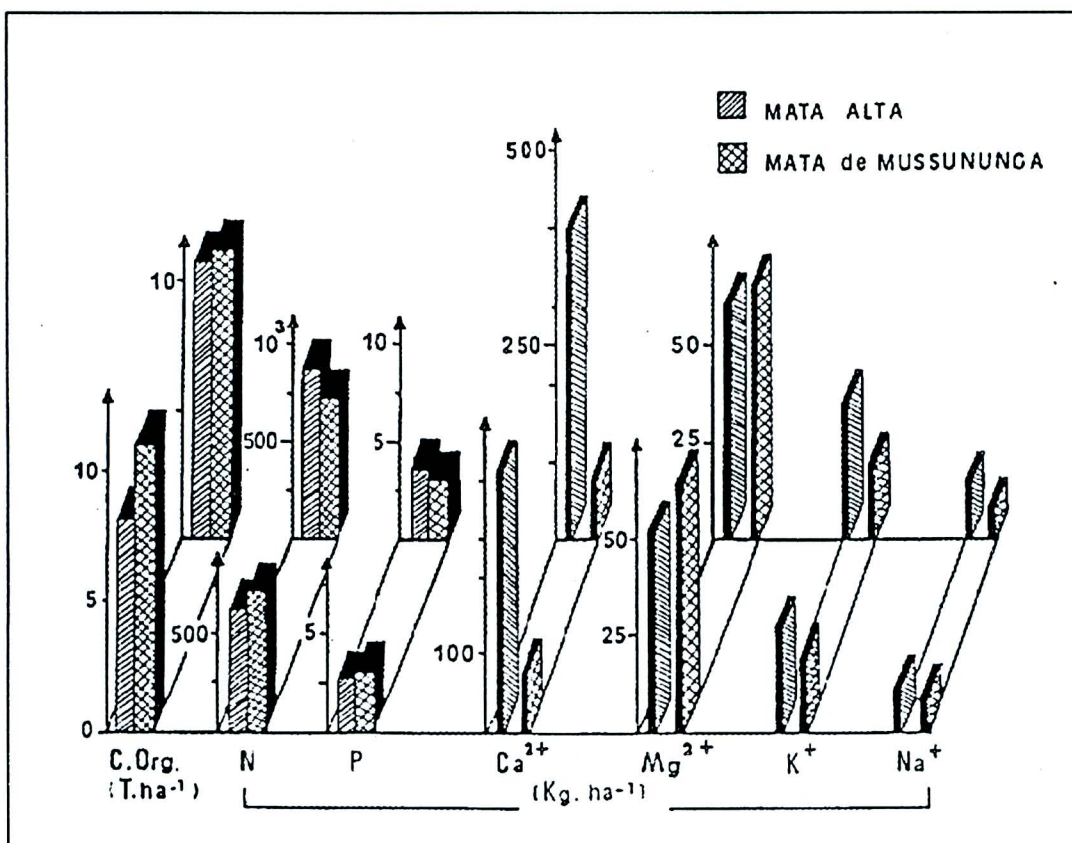


Figura. 2 - Estoques de carbono e de nutrientes no horizonte A (0-10cm) da Mata Atlântica de Tabuleiros: Mata Alta e Mata de Mussununga. Abaixo: só é considerada a fração fina do horizonte A da Mata Alta. Acima: para a Mata Alta são considerados o horizonte superficial A₁₁ (0-20cm), a fração fina de A₁₂ mais os agregados estáveis de A₁₂.

5.- Interpretação dos perfis húmicos em relação às variáveis pedológicas.

A figura 3 representa quantitativamente os perfis orgânicos da Mata Alta e da Mata de Mussununga. As duas fisionomias estudadas apresentam características húmicas diferenciadas: um mull florestal a térmitas correspondendo à Mata Alta, enquanto que a Mata de Mussununga relaciona-se com um moder tendendo a um dysmoder.

Tabela 6 - Estoques de carbono orgânico e de nutrientes no horizonte A₁₁ (0-2cm) e no horizonte A₁₂ (-2 -10cm) na Mata Alta de Tabuleiros.

	Horizonte A ₁₁ Fração fina	Horizonte A ₁₂ Fração fina	Horizonte A ₁₂ Agregados
C. Org. (T.ha ⁻¹)	1,37 ± 0,29	8,27 ± 0,86	1,28 ± 0,17
N (Kg.ha ⁻¹)	133 ± 23	624 ± 65	120 ± 9
P (Kg.ha ⁻¹)	0,5 ± 1,0	2,7 ± 0,2	3,10 ⁻⁴ ± 10 ⁻⁴
Ca ⁺⁺ (Kg.ha ⁻¹)	39,0 ± 8,5	336 ± 54	37,0 ± 4,6
Mg ⁺⁺ (Kg.ha ⁻¹)	5,0 ± 1,0	50,7 ± 4,9	3,8 ± 1,0
Na ⁺ (Kg.ha ⁻¹)	1,04 ± 0,20	10,7 ± 0,6	0,65 ± 0,09
K ⁺ (Kg.ha ⁻¹)	4,6 ± 0,9	27,3 ± 2,0	3,5 ± 0,5

Tabela 7 - Quantidade de raízes finas nos horizontes orgânicos de superfície e no primeiro horizonte orgânico-mineral. A₁. $\bar{X} \pm s / \sqrt{n}$, n=10.

Horizontes Orgânicos	Mata Alta		Mata De Mussununga	
	g.m ⁻²	%	g.m ⁻²	%
F	2,02 ± 0,80	0,27	5,28 ± 1,32	0,86
H	---	---	186 ± 20	30,3
A ₁₁	48,2 ± 13,3	6,42	---	---
A ₁₂	700 ± 132	93,3	421 ± 42	68,8

Na Mata Alta, apenas 20% de matéria orgânica (A_0) estão superpostos ao primeiro horizonte orgânico-mineral A_{11} , com uma diferenciação limitada destes horizontes orgânicos. Pelo contrário, é no interior do horizonte orgânico-mineral A_1 que se observa uma estruturação maior. Pode-se, desta maneira, diferenciar uma camada superficial bem mais orgânica e rica em nutrientes e cátions, com estrutura granulosa, na qual se entremesclam numerosas raízes finas. A continuidade desta camada constitui-se de um horizonte orgânico rico em nitrogênio, fósforo e bases de troca, nutrientes que se apresentam em maior conteúdo sob a forma de agregados estáveis. Porém, o conjunto do horizonte A_{11} e A_{12} não alcança mais que os 10-12cm amostra-dos, indicando, desta forma, um funcionamento superficial do sub-sistema de decomposição.

Todas as frações do horizonte A_{11} apresentam baixos valores para a relação C/N, o que sugere a presença de matéria orgânica evoluída correspondente a um húmus do tipo mull. A presença de agregados estáveis que se distinguem por uma maior concentração de argila -proveniente, sem dúvida, do horizonte B- seria resultado da ação de térmitas, muito abundantes neste solo (ESCHENBRENNER, 1986).

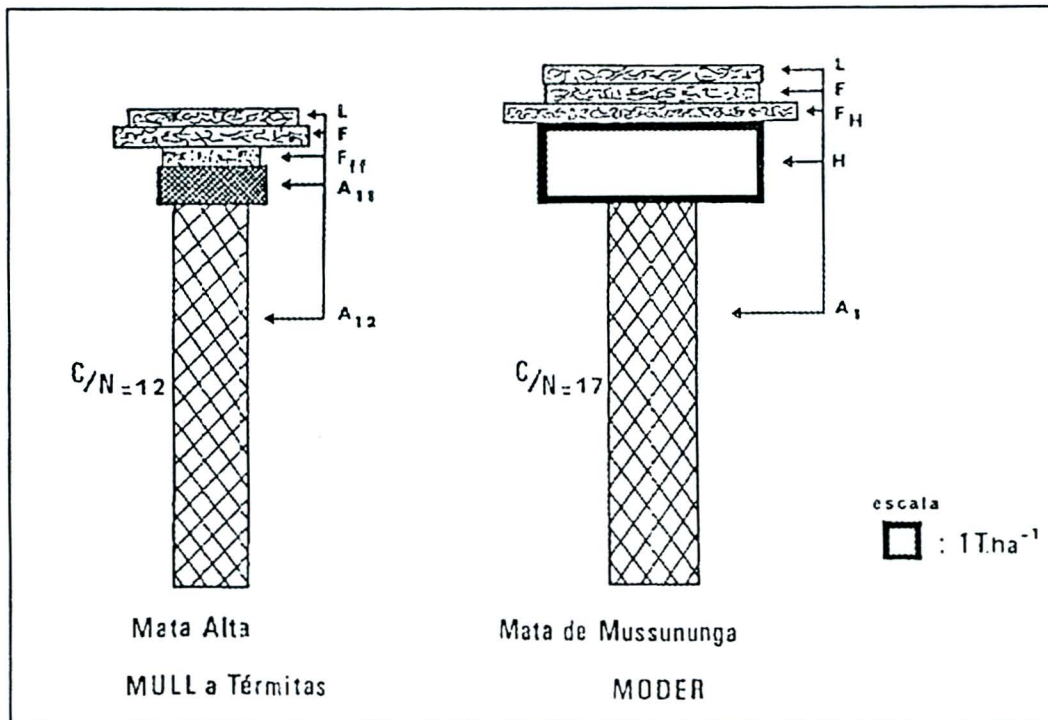


Figura. 3 - Perfis húmicos em duas fâcies da Floresta Atlântica de Tabuleiros: Mata Alta e Mata de Mussununga.

L: camada de folhas pouco decompostas, praticamente inteiras; F: camadas de folhas mais decompostas e fragmentadas; F_{ff}: material foliar muito fragmentado misturado à matéria orgânica fina; F_h: restos foliares aderidos ao horizonte H da matéria orgânica amorfa; H: horizonte de matéria orgânica amorfa.

Em contrapartida, na Mata de Mussununga, mais de 50% da matéria orgânica em de-composição está depositada sobre o horizonte A_1 . À importante acumulação de folhas em diversos estados de decomposição, acrescenta-se a continuação de um horizonte de matéria orgânica amorfa, característico de um húmus do tipo dysmoder. Os valores da relação C/N (17, em média) e a estrutura particular do horizonte A completam as características próprias deste tipo de húmus.

A distribuição quantitativa dos estoques de nitrogênio (Fig. 4) acompanha a acumulação orgânica. Ressalta-se, todavia, que a menor velocidade de decomposição da matéria orgânica na Mata de Mussununga não é devida às baixas concentrações de nitrogênio nos aportes foliares. Pelo contrário, estes aportes em ambas as matas, são ricos nestes nutrientes. Estas considerações destacam o fato de que podem ser as características edáficas o maior fator de determinação da modalidade de humificação. Na realidade, as diferenças de humificação provêm, sobretudo, das características da rocha-mãe. Os sedimentos da Formação Barreiras, que possibilitam a formação de um solo podzólico na Mata Alta, se contrapõem aos sedimentos pobres em elementos finos e nutrientes que recobriram as encostas dos tabuleiros, acrescidos de uma evolução até um podzol distrófico, tendo acentuado mais ainda a pobreza do material de origem.

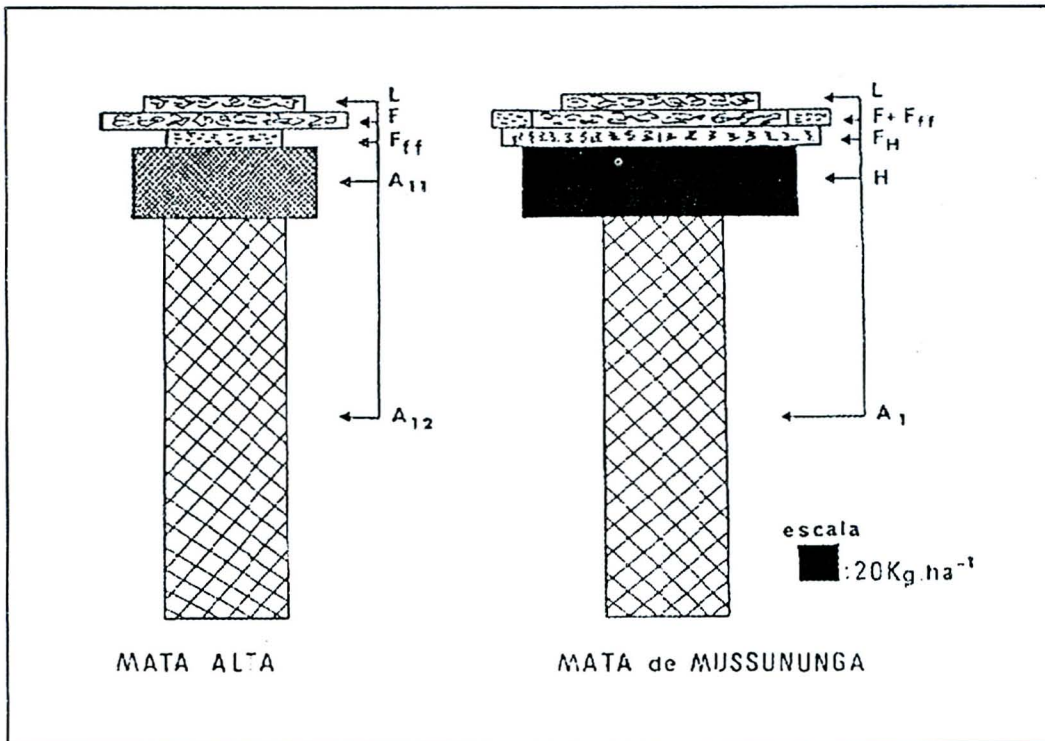


Figura. 4 - Estoques de nitrogênio nas camadas orgânicas de superfície e no primeiro horizonte orgânico-mineral A (0-10cm). L: camada de folhas pouco decompostas, praticamente inteiras; F: camadas de folhas mais decompostas e fragmentadas; Fff: material foliar muito fragmentado misturado à matéria orgânica fina; FH: restos foliares aderidos ao horizonte H da matéria orgânica amorfa; H: horizonte de matéria orgânica amorfa.

Conclusão e Discussão

Na Floresta Atlântica de Tabuleiros, a humificação parece obedecer, de maneira geral, aos mesmos fatores globais que explicam a gênese dos perfis húmicos nas florestas temperadas (DUCHAUFOR, 1977; DUCHAUFOR, 1980). A hipótese geralmente admitida (SWIFT *et al.*, 1979), de outorgar à temperatura um papel de fundamental importância nas velocidades de decomposição da matéria orgânica em regiões tropicais e intertropicais, resultando em húmus do tipo mull, deve ser definitivamente rejeitada (GARAY *et al.*, 1991; GARAY & SILVA, 1992).

Assim, decorrente da limitação em elementos finos (argilas) e da pobreza nutritiva do próprio solo, nossos resultados apontam fortemente na direção da existência de uma considerável acumulação superficial de matéria orgânica. A dinâmica de decomposição característica de um moder aparece associada, como em regiões temperadas, a um podzol distrófico sob a Mata de Mussununga.

Quando as condições edáficas tornam-se favoráveis, instala-se a floresta climácica, acompanhada em seu funcionamento de um mull florestal, em cuja gênese térmitas húmicos parecem substituir a clássica ação de oligoquetos anécicos (BANDEIRA, 1985; ESCHENBRENNER, 1986; ABBADIE & LEPAGE, 1989). Um estudo detalhado dos processos de humificação em região intertropical deve ser desenvolvido.

Todavia, a importância da acumulação orgânica nos horizontes superficiais mascara uma diferença fundamental entre região temperada e intertropical: se em ambas as regiões, a quantidade de estoques orgânicos pode ser da mesma ordem de grandeza, a velocidade de decomposição e da reciclagem de nutrientes deve acompanhar, em magnitude, as diferenças de produtividade e conseqüentemente a importância da queda de folhas. Entretanto, em floresta intertropical a queda de folhas é da ordem de duas a três vezes superior à de florestas temperadas (BRAY & GORHAM, 1964; MANGENOT & TOUTAIN, 1980; MEDINA & KLINGE, 1983). Comparando as formas de húmus equivalentes de região temperada, tanto o mull a térmitas da Mata Alta como o moder da Mata de Mussununga apresentam, sem dúvida, importantes traços de renovação do conjunto dos horizontes orgânicos. As formas de húmus refletem, então, mais que as quantidades totais de matéria orgânica decomposta, a modalidade da decomposição e da reciclagem de nutrientes.

Cabe acrescentar, finalmente, que independentemente das semelhanças - ou não - das formas de humificação entre o trópico e as regiões temperadas, é o conhecimento da dinâmica das camadas orgânicas superficiais que pode levar ao estabelecimento de alternativas para conservação e recuperação de solos tropicais, cuja fertilidade é, em todos os casos, altamente dependente de seus conteúdos orgânicos.

Bibliografia

- ABBADIE, L., LEPAGE, M. 1989. The role of subterranean fungus-comb chambers (Isoptera, Macrotermitinae) in soil nitrogen cycling in a preforest savanna (Côte d'Ivoire). Soil Biol. Bioch., 21:1067-1071.
- ARMSON, K.A. 1977. Forest Soils: properties and processes. Toronto, Toronto Univ. Press, 390 p.
- BABEL, U. 1971a. Gliederung und Beschreibung des Humusprofils in mitteleuropäischen Wäldern. Geoderma, 5:297-324.
- _____. 1971b. Methods of Investigating the micromorphology of humus. In: ELLEMBERG, H. (ed). Ecological studies. Analysis and Synthesis, Springer-Verlag, Berlin, vol. 2., p.164-168.
- _____. 1972. Moderprofile in Wäldern. Morphologie und Umsetzungsprozesse. Hohenheimer Arbeiten 50. Stuttgart, Ulmer Publ.
- BANDEIRA, A. 1985. Cupinzeiros como fonte de nutrientes em solos pobres de Amazônia. Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi, 2:39-48.
- BRAY, R., GORHAM, E. 1964. Litter production in forests of the world. Adv. Ecol. Research, 2:101-157.
- BRUN, J.J. 1978. Étude de quelques humus forestiers aérés acides de l'Est de la France. Critères analytiques, classification morphogénétique. Nancy, 118p. (Thèse doct. 3ème Cycle, Univ. Nancy I).
- DUCHAUFOR, Ph. 1977. Pédologie. 1. Pédologie et classification. DUCHAUFOR, P.H., SOUCHIER, B. (eds). Paris, Masson, 477 p.
- _____. 1980. Ecologie de la humification et pedogénèse. In: PESSON, P. (ed). Actualités d'Ecologie forestière. Sol, flore et faune. Paris, Gauthier-Villars, p.177-200.
- ESCHENBRENNER, V. 1986. Contribution des termites à la micro-agrégation des sols tropicaux. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. 22:397-408.
- GARAY, I. 1988. The methods for the field description of the humus profile. In: MÜELLER-DOMBOIS, D., LITTLE, M.A., VAN DER HAMMEN, T. (eds). Manual of methods for transect studies. Comparative studies en tropical mountains ecosystems. Paris, I.U.B.S., p.29-40.
- _____, HAFIDI, N. 1990. Study of a mixed forest litter of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) and oak (*Quercus sessiliflora* Smith). III. Organisation of the edaphic macroarthropod community as a function of litter quantity. Acta OEcol., 11:1-18.

- _____, BARROS, M.E.O., KINDEL, A. 1991. Classificação dos tipos de húmus em alguns ecossistemas de Mata costeira intertropical: Mata Atlântica e Mata de Restinga. Primeiros resultados. Cong. Bras. Cien. Solo, 23. Porto Alegre, RS., Resumos... 208p.
- _____, SILVA, B.A.O. da. 1992. Húmus florestais: síntese e diagnóstico das interrelações vegetação/solo. In: Simpósio sobre Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas, Departamento Ecologia, IBiol., UFRJ. Rio de Janeiro. Anais... p. 91.
- HESSELMANN, H. 1926. Studier över barrskogshumustäcke. Meddel. Stat. Skogsförsöksanst., 22:169-552.
- JESUS, R.M. 1987. Mata Atlântica de Linhares/Aspectos Florestais. In: Desenvolvimento econômico e impacto ambiental em áreas de trópico úmido brasileiro -a experiência da CVRD. Rio de Janeiro, Anais do Seminário, p.35-71.
- KLINKA, K., GREEN, R.N., TROWBRIDGE, R.L., LOWE, L.E. 1981. Taxonomic classification of humus forms in ecosystems of British Columbia: First approximation. British Columbia, Ministry Forests Prog., 54p.
- MANGENOT, F., TOUTAIN, F. 1980. Les Litières. In: PESSON, P. (ed). Actualités d'Ecologie forestière. Sol, flore et faune. Paris, Gauthier-Villars, p.3-59.
- MEDINA, E., KLINGE, H. 1983. Productivity of Tropical Forests and Tropical Woodlands. In: LANGE, O.L., NOBEL, P.S., OSMOND, C.B., ZIEGLER, H. (eds). Physiological Plant Ecology, IV, Encyclopedia of Plant Physiology, New Series. Berlin, Springer-Verlag, Vo. 12D, p.281-303.
- PEIXOTO, A.L. GENTRY, A. 1990. Diversidade e composição florística da Mata de Tabuleiros na Reserva Florestal de Linhares (Espírito Santo, Brasil). Rev. Bras. Bot., 13:19-25.
- SCHEFFER, F., ULRICH, B. 1960. Lehrbuch der Agrikultur Chemie und Bodenkunde. 3. Humus und Humusdüngung. Band 1: Morphologie, Biologie, Chemie und Dynamik des Humus. Stuttgart, Enke, 63p.
- SWIFT, M.J., HEAL, O.W., ANDERSON, J.M. 1979. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Berkeley and Los Angeles, Univ. of California Press, 372p.
- TOUTAIN, F. 1981. Les humus forestiers. Structures et modes de fonctionnement. Revue Forestière Française, 33:449-477.
- _____. 1987. Les litières: siège des systèmes interactifs et moteur de ces interactions. Rev. Ecol. Biol. Sol., 24:231-242.

Agradecimentos

Queremos agradecer muito especialmente a: M.Sc. B. Aglai Oliveira da Silva, pelas proveitosas discussões e a correção do manuscrito; ao Dr. Luc Abbadie, pela realização das análises de nitrogênio do material foliar no Laboratório de Ecologia, LA no 258-CNRS, Paris. Nosso agradecimento vai, igualmente, ao pessoal da Reserva Florestal da C.V.R.D., pela colaboração no trabalho de campo.

Este trabalho foi realizado dentro do acordo de cooperação CNRS/CNPq-"Conservação e Recuperação de Solos Através de Plantios Arbóreos" e financiado pela FAPERJ e CNPq.

Endereços:

GARAY, I.

Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, UFRJ.

Centro de Ciências da Saúde, Cidade Universitaria - CEP 21941. Rio de Janeiro, RJ. Brasil., e

Laboratoire d'Ecologie Générale, MNHN, Paris - LA 1183, CNRS, França.

KINDEL, A., CALLIPO A. & BARROS, M.E.O.

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ecologia - I.B. - UFRJ

CEP 21941. Rio de Janeiro, RJ. Brasil.

JESUS, R.M.

Reserva Florestal de Linhares, ES.