



## Descrição morfo-funcional de formas de humus em solos tropicais: Estudo em florestas manejadas da Amazônia <sup>(1)</sup>.

**Fernando Vieira Cesário<sup>(2)</sup>; Fabiano de Carvalho Balieiro<sup>(3)</sup>; Ademir Fontana<sup>(3)</sup>; Lucas Mazzei<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Projeto Robin – Embrapa.

<sup>(2)</sup> Estudante de Doutorado; Universidade Federal do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro; cesario@ufrj.br; <sup>(3)</sup> Pesquisador; Embrapa-Solos; <sup>(4)</sup> Pesquisador; Embrapa Amazônia Oriental.

**RESUMO:** A descrição morfo-funcional das formas de humus tem como principal aplicação, a avaliação de ambientes florestais em diversos níveis. Porém, em ambientes tropicais, torna-se importante, definir, redimensionar e incluir características e camadas presentes apenas nos trópicos. Nesse sentido, o objetivo do trabalho consiste avaliar o efeito do manejo florestal na estrutura das formas de humus. Foram selecionadas duas áreas de estudo para a aplicação da proposta de descrição das formas de humus em ambientes tropicais, ambas no domínio da floresta Amazônica submetidas ao manejo de baixo impacto. Os resultados mostram que as formas de humus variaram com a intensidade do manejo. Quando o manejo foi o mesmo, as diferentes formas de humus se associaram com solos diferentes. Concluímos que o manejo florestal em ambiente tropical afeta a estrutura das formas de humus a longo prazo.

**Termos de indexação:** Decomposição, ciclagem de nutrientes, ecossistema.

### INTRODUÇÃO

A descrição morfo-funcional de Base Européia é atualmente, a mais importante referência conceitual e de aplicação das formas de humus. Uma descrição morfo-funcional foi proposta recentemente por Zanella et al. (2011) com aplicação na avaliação de ambientes florestais em diversos níveis.

Entretanto, a classificação proposta é relacionada à ambientes temperados, e quando aplicada nos trópicos gera inconsistências quanto à descrição das camadas e consequentemente quanto a classificação. Isso decorre em função de algumas camadas e características presentes nas formas de humus tropicais não constarem na base de referência Europeia.

Diante deste problema, para conseguir aplicar a descrição morfo-funcional em ambientes tropicais e assim diagnosticar precisamente a heterogeneidade e sinergia desses ambientes, torna-se importante, definir, redimensionar e incluir características e camadas presentes nos trópicos que não são mencionadas no manual Europeia.

O conceito de formas de humus engloba qualquer tipo de solo e o material sobreposto a ele, formado por necromassa, sobretudo de origem vegetal. Várias camadas sobrepostas de matéria orgânica, numa sequência dos mecanismos de decomposição, podem estar presentes recobrando o horizonte orgânico-mineral do solo cujas características são, por sua vez, fortemente influenciadas pela matéria orgânica superficial (Brethes et al., 1995).

Nesse sentido, o objetivo do trabalho consiste em apresentar resultados da descrição morfo-funcional das formas de humus de florestas manejadas na Amazônia, com base numa metodologia adaptada aos trópicos.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Área de Estudo

Foram selecionadas duas áreas de estudo para a aplicação da proposta de descrição das formas de humus em ambientes tropicais, ambas no domínio da floresta Amazônica no Estado do Pará. A primeira área selecionada é uma Floresta Nacional de uso múltiplo e sustentável (FLONA-TAPAJÓS). A segunda área corresponde a três sítios experimentais da Embrapa – CPATU localizadas nos municípios de Paragominas (sítios Ecosilva e Peteco) e em Mojú (sítio Mojú). Todas as áreas foram submetidas ao manejo de baixo impacto (*Reduced impact-logging*, RIL) segundo (Sist & Ferreira, 2007).

#### Tratamentos e amostragens

Na FLONA-TAPAJÓS três tratamentos de manejo florestal foram avaliados: uma área de floresta não explorada (controle) e duas áreas com extração de árvores comerciais com DAP > 45 e > 55 cm, exploradas há 30 anos, todos os tratamentos sob Latossolo Amarelo. Em cada tratamento foram avaliadas um total de seis parcelas (50x50m), com quatro descrições morfo-funcionais em cada parcela. Nos sítios experimentais da Embrapa – CPATU, em Paragominas o sítio Ecosilva, explorado em 2004, foram avaliadas seis parcelas (100x100m) com dez descrições morfo-funcionais em cada parcela. No sítio Peteco, foram avaliadas seis



parcelas (50x50m) também com dez descrições. Ambos os sítios sob um Latossolo Amarelo. No terceiro sítio, em Mojú, explorado em 1997, foram avaliadas 6 parcelas (100x50m), com dez descrições em um Gleissolo. Em todos os sítios foram exploradas árvores comerciais com diâmetro mínimo de 55 cm.

As amostragens das descrições foram realizadas utilizando um gabarito (50x50cm), seguidas por uma trincheira com profundidade de 20cm. O gabarito foi dividido em quatro partes iguais, cada parte representando 25% da área total do quadrado. A descrição morfofuncional foi realizada com base o manual de referência Europeia para formas de humus (Zanella et al., 2011), adaptada para ambientes tropicais, (Figura 1), com a inclusão do horizonte Ai (interface) (Kindel & Garay, 2002), da camada de raízes finas que consiste em raízes ( $\varnothing > 2\text{mm}$ ) sobrepostas ao solo e dos agregados zoogênicos, oriundos da atividade de fauna, soltos ou levemente ligados ao solo.

#### Análise estatística

Os dados foram ordenados de forma categórica não ordinal e foi utilizado o processo de particionamento recursivo (Top-Down Induction of Decision Tree) (Bramer, 2007), utilizando o algoritmo CART (Breiman et al., 1993), utilizando software R (R Core Team, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### FLONA Tapajós

O horizonte Ai típico de ambientes florestais tropicais (Kindel & Garay, 2002) foi a variável das formas de humus que diferenciou os tratamentos. A árvore de classificação mostrou que quando o horizonte estava presente e com espessura de até 3cm as maiores ocorrências estavam associadas ao tratamento Controle (Figura 2). Associação entre mudança na estrutura florestal e na espessura das formas de humus já foram avaliadas por Ponge & Chevalier (2006). O autor criou um índice de formas de humus baseado na presença e/ou ausência de camadas e horizontes. No estudo, sítios mais antigos que possuíam árvores maiores em altura e diâmetro ao peito (DAP) apresentaram formas de humus mais espessas e com a presença de todas as camadas. Similarmente, o tratamento Controle exibiu a mesma tendência, apresentando toda a sequência das camadas das formas de humus, juntamente com um horizonte Ai mais espesso (2-3cm) (Figura 2).

A mudança na espessura das camadas ou a ausência de uma determinada camada está

diretamente relacionada a mudança na dinâmica de decomposição (Ponge, 2013), desta forma, os dados evidenciam que o manejo afetou a estrutura da comunidade local de plantas, sua produção de biomassa e, de alguma forma, colapsou a dinâmica de decomposição previamente existente levando a um acúmulo nas camadas das formas de humus e conseqüentemente a uma pouca incorporação de carbono ao solo (Stockmann et al., 2013), evidenciado pela ausência do horizonte Ai nos tratamentos DAP45 e DAP55 (Figura 2).

Embora o manejo florestal dessas áreas não tenha reduzido após 30 anos, a diversidade de espécies, acredita-se que logo após o distúrbio da floresta e por alguns meses (ou anos) essas áreas manejadas tenham sido dominadas por espécies que produzam serapilheira mais recalcitrante. Esse fato pode ter levado a uma lentidão na decomposição e pouca mistura de material orgânico com mineral para formar o horizonte Ai. Ao contrário, no Controle, a diversidade de espécies se manteve contínua ao longo dos anos, favorecendo a produção de uma serapilheira menos recalcitrante de fácil decomposição por parte dos organismos do solo e também de incorporação. Esse efeito foi verificado por Loranger et al. (2003) descrevendo perfis de formas de humus em duas florestas secundárias tropicais, um plantio misto de *Swietenia macrophylla* e *Tabebuia heterophylla* e uma monocultura de *B.Simaruba* em um Vertissolo. A serapilheira do plantio misto apresentou um rápido desaparecimento pela atividade de minhocas, levando a uma mistura do material orgânico com o mineral. Por outro lado, abaixo do dossel da monocultura o mesmo efeito não foi verificado.

Uma vez que ambientes tropicais são geralmente associados a uma forma de humus do tipo Mull, que é caracterizada por uma alta diversidade de fauna do solo, rápido uso dos nutrientes e também uma rápida humificação (Ponge, 2003), a presença ou ausência do horizonte organo-mineral Ai pode ser associado diretamente a ação da fauna em misturar o material orgânico com mineral (e.g minhocas). Dessa maneira, pode-se sugerir que o manejo, com corte de árvores, afeta a diversidade de organismos no solo exibindo um horizonte Ai menos espesso em comparação com áreas não manejadas (Figura 2).

### Sítios experimentais da Embrapa-CPATU

Os resultados evidenciam que para cada sítio existe uma forma de humus com uma sequência de camadas e/ou ausência singulares (Figura 3). Os sítios Peteco e Ecosilva sob o mesmo solo – Latossolo – apresentaram diferenças nas formas de



humus. O sítio Ecosilva foi separado pela árvore de classificação por apresentar fungos da podridão branca (**Figura 3**). A presença desse fungo em ambientes temperados é comumente associado a formas de humus do tipo Moder, caracterizado por baixa diversidade de fauna e decomposição lenta (Ponge, 2003) e nunca associado com agregação do horizonte organo-mineral e alta atividade de fauna como ocorre no sítio Ecosilva. A presença de fungos em formas de humus tipo Mull em um ambiente com alta diversidade é atípica, justamente por apresentar dois processos que em ambientes mediterrâneos são excludentes, mas que nos trópicos estão acontecendo concomitantes. Desta forma, as formas de humus do sítio Ecosilva despertam a discussão sobre a necessidade de uma adaptação da descrição morfo-funcional para os trópicos e da alta sinergia dos processos nesses ambientes, onde se pode encontrar diversos grupos agindo sobre o mesmo recurso, corroborando o conceito de subsistemas de decomposição de (Swift et al., 1979).

A presença do fungo pode denotar alguma resposta no processo de fermentação do material orgânico depositado no solo, fazendo com que compostos secundários sejam colonizados e degradados por atividade não zoogênica (Zanella et al., 2011).

O sítio Mojú foi separado pela árvore de classificação pela presença expressiva de uma malha de raízes finas sobre o solo (root mat) (**Figura 3**). A presença dessa cama de raízes já foi relacionada a solos com baixos níveis de atributos químicos (Jordan et al., 1980). Segundo Stark & Jordan (1978) a presença de uma camada proeminente de raízes finas sobre o solo pode indicar uma estratégia do sistema em garantir a retenção de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Essa evidência é corroborada nesse estudo, uma vez que o solo do sítio Mojú (Gleissolo) é mais arenoso em comparação com as outras áreas, além de apresentar hidromorfismo. Por outro, lado Loranger et al. (2003) verificou que uma espessa camada de raízes finas (root mat) se desenvolvendo em baixo do dossel de *B.Simaruba*, que produz uma serapilheira rica em lignina e em compostos fenólicos. Seja pelo efeito do solo ou do manejo, a camada espessa de raízes finas evidencia alterações nas estratégias de uso de nutrientes pelas plantas visando melhorar a eficiência na captação dos nutrientes.

## CONCLUSÕES

O manejo florestal em ambientes tropicais afeta a estrutura das formas de humus em médio (30 anos) prazo.

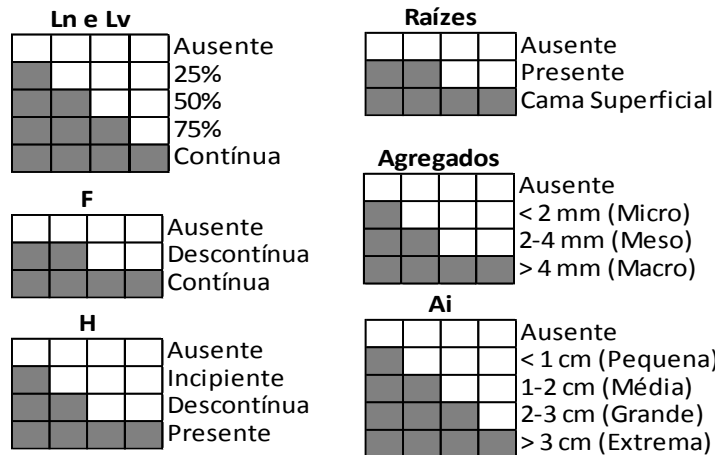
O efeito do manejo na camada Ai é mais pronunciado no tratamento DAP55, ou seja, a ausência ou menor espessura da camada Ai aumenta com o diâmetro do corte da floresta.

Quando o manejo foi similar as formas de humus variaram com o solo. Solo mais arenoso e hidromorfo apresentaram camada de raízes finas mais espessas.

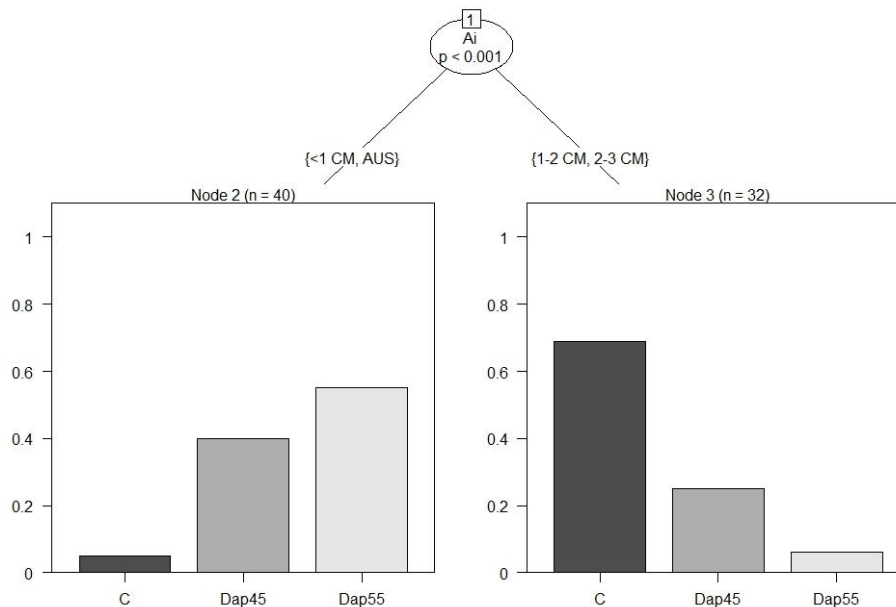
A adaptação do manual Europeu para os trópicos possibilitou a distinção dos manejos, evidenciando que sem a adaptação não seria possível perceber o efeito do manejo (DAP55) nas formas de humus.

## REFERÊNCIAS

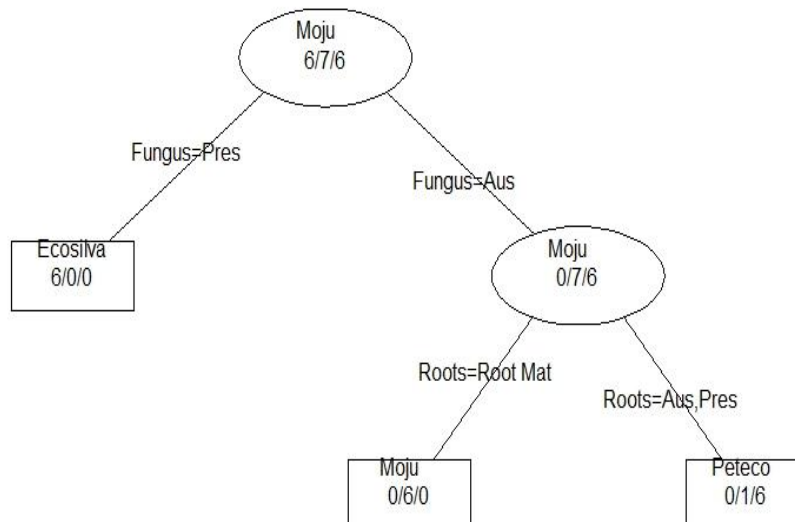
- BRAMER M. Principles of data mining. London: Springer; 2007.
- BREIMAN, L. FRIEDMAN, J. OLSHEN, R. A. et al. Classification and Regression Trees. Wadsworth, 1984.
- Intelligence. 1993;1002–1007.
- BRETHES, A. BRUN, J. J, JABIOL, B. et al. Classification of forest humus forms: a French proposal. Ann Sci. 1995;52:535–546.
- JORDAN, C. GOLLEY, F. HALL, J. Nutrient Scavenging of Rainfall by the Canopy of an Amazonian Rain Forest. Biotropica. 1980;12:61–66.
- KINDEL, A & GARAY, I. Humus form in ecosystems of the Atlantic Forest, Brazil. Geoderma. 2002;108:101–118.
- LORANGER, G. PONGE, J. F, LAVELLE, P. Humus forms in two secondary semi-evergreen tropical forests. Eur J Soil Sci. 2003;54:17–24.
- PONGE, J. F. Humus forms in terrestrial ecosystems: a framework to biodiversity. Soil Biol Biochem. 2003;35:935–945.
- PONGE, J. F. Plant-soil feedbacks mediated by humus forms: A review. Soil Biol Biochem. 2013;57:1048–1060.
- PONGE, J. F & CHEVALIER, R. Humus Index as an indicator of forest stand and soil properties. For Ecol Manag. 2006;233:165–175.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing [Internet]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2014.
- SIST, P & FERREIRA, F. N. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. For Ecol Manag. 2007;243:199–209.
- STARK, N. M & JORDAN, C. F. Nutrient Retention by the Root Mat of an Amazonian Rain Forest. Ecology. 1978;59:434–437.
- STOCKMANN, U. ADAMS, M. A. CRAWFORD, J. W. et al. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. Agric Ecosyst Environ. 2013;164:80–99.
- SWIFT, M. J. HEAL, O. W. ANDERSON, J. M. Decomposition in terrestrial ecosystems. Los Angeles: University of California; 1979.
- ZANELLA, A. JABIOL, B. PONGE, J. F. et al. A European morpho-functional classification of humus forms. Geoderma. 2011;164:138–145.



**Figura 1:** Proposta para descrição morfo-funcional das formas de humus em ambientes tropicais, com a adaptação de camadas e horizontes diagnósticos. Os esquemas devem ser sombreados de acordo com a visualização em campo das respectivas camadas.



**Figura 2:** Árvore de Classificação do sítio FLONA Tapajós. C: Controle, Dap45: corte árvore >45cm de diâmetro, Dap55: corte árvore >55cm de diâmetro. Entrada de dados com todas as variáveis das formas de humus visualizadas e mensuradas, usando particionamento recursivo e algoritmo CART. minsplit: 20. Nós da árvore significativo p < 0.001, Mantel teste



**Figura 3:** Árvore de Classificação dos sítios experimentais da Embrapa-CPATU. Pres: Presente, Aus: Ausente, Root Mat: Camada de raízes finas > 3cm de espessura. Entrada de dados com todas as variáveis das formas de humus visualizadas e mensuradas, usando particionamento recursivo e algoritmo CART. minsplit: 10. Nós da árvore significativo p < 0.001, Mantel teste