



Material orgânico de superfície em solos florestais sob diferentes paisagens da Mata Atlântica ⁽¹⁾.

Fernando Vieira Cesário⁽²⁾; Tarcísio Batista de Freitas⁽³⁾; Fabiano de Carvalho Balieiro⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Parte de atividade do projeto DINARIO-EMBRAPA e da dissertação de mestrado do autor.

⁽²⁾ Mestrando em Geografia; Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro, Rio de Janeiro; cesario@meioambiente.eng.br; ⁽³⁾ Graduando em Geografia; Pontifícia Universidade Católica; ⁽⁴⁾ Doutor em Agronomia, Pesquisador A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

RESUMO: O bioma Mata Atlântica é considerado um “hotspot” por conter uma alta diversidade de espécies e um alto grau de endemismo. Além de abrigar grande parte da população brasileira, este bioma encontra-se altamente fragmentado e é considerado um bioma estratégico para a conservação. Nesse sentido, a utilização de ferramentas simples para a avaliação dos processos geobioquímicos, como a serapilheira (Formas de Humus) parecem interessantes. Portanto, o trabalho tem como alvo avaliar e quantificar as Formas de Humus em gradiente altitudinal. Para esse fim, foram escolhidos 3 municípios da paisagem da Mata Atlântica em diferentes altitudes, e avaliados o material orgânico de superfície de dois sistemas (Natural e Plantios de Eucalipto) em cada município. Os resultados mostram uma clara diferença entre os estoques da serapilheira com a altitude, sendo entre os sistemas naturais, os do município de Friburgo com os maiores estoques. Mudanças nos estoques de serapilheira, como quantidade de galhos, dos plantios de Eucalipto parecem responder positivamente a estrutura e a idade dos sistemas. Os resultados também mostram associações positivas entre quantidade de material fresco e quantidade de raízes finas. Por fim, o estudo com serapilheira, a luz das Formas de Humus, pode ajudar a diagnosticar e classificar sistemas.

Termos de indexação: Serapilheira, Formas de Humus, ciclagem de nutrientes

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um bioma estratégico sob o ponto de vista econômico, social e ambiental, pois abriga mais de 61% da população brasileira, estima-se que detém 35% da biodiversidade de espécies vegetais do país, além de ser responsável por regular o fluxo de mananciais hídricos, assegurar a fertilidade do solo, equilíbrio climático e sediar sete das nove bacias hidrográficas brasileiras (Atlas, 1998).

Desta forma é premente a constante avaliação, conhecimento e conservação dos fragmentos atuais existentes (Garay & Dias, 2001). Para este fim, o

uso de ferramentas simples no diagnóstico dos processos geobioquímicos de solos florestais podem contribuir. Destarte, a serapilheira (Formas de Humus) se destaca como uma ferramenta interessante, uma vez que são síntese dos processos bióticos e abióticos que ocorrem nos solos florestais e das interações entre solo-planta (Ponge, 2013). Amplamente discutida e aceita, a classificação morfofuncional das Formas de Humus segundo Zanella et. al (2011) pode contribuir para o diagnóstico da função e dinâmica de fragmentos florestais. Em ambiente tropical, ainda mal compreendida, as Formas de Humus já foram utilizadas para distinguir ambientes e relacionada a estágios sucessionais (Loranger, et al., 2003). Em ambientes temperados as Formas de Humus já foram associadas a diversas características do solo, a fauna microbiana e a produção e decomposição de sistemas (Ponge & Chevalier, 2006; Trap, et al., 2011).

Portanto, o trabalho tem como objetivo avaliar e quantificar horizontes da serapilheira (Formas de Humus) de solos florestais em gradiente altitudinal significativo, na paisagem da Mata Atlântica.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido na paisagem da escarpa da Serra do Mar em diferentes altitudes, nos Municípios de Cachoeiras de Macacu (77 metros), Nova Friburgo (1100 metros) e Bom Jardim (800 metros). Na região de estudo predominam os Latossolos, Argissolos e Cambissolos. O clima abrange temperaturas médias que alcançam de 13°C e 35°C mínima e máxima, respectivamente. A morfologia dos municípios abarca escarpas e reversos da Serra do Mar e a fitofisionomia dominante é a floresta ombrófila densa segundo o site do MMA – Biodiversidade da Mata Atlântica (2008).

Tratamentos e amostragens

Em cada município foi escolhido uma Bacia hidrográfica representativa da região. Em cada

Bacia foram escolhidas quatro áreas (dois fragmentos de floresta e dois plantios de Eucalipto). Em cada uma das quatro áreas foi estabelecido uma parcela de 20 x 20 metros, onde foram realizadas as coletas. Foi utilizado um quadrado metálico de 25 x 25 cm para realizar um total de 9 amostragens do material orgânico de superfície. O material foi levado a laboratório, seco em estufa a 55°C e triado nas seguintes camadas: OL (folhas inteiras onde a maior parte do material pode ser reconhecido); OF (caracterizado por material fragmentado e fermentado onde nenhuma parte inteira pode ser reconhecida); MFB (formado por matéria orgânica fina e um pouco de material mineral < 2mm acumulados sob os restos foliares); raízes finas (raízes acima do solo), Agregados (todo agregado acumulado sob os restos foliares, sem contar os agregados do solo) e Galhos. Em sequência e na profundidade de 0-5 cm, foi realizada amostragem do solo. Uma amostra composta foi confeccionada a partir da mistura de 9 amostras simples. Esta foi seca a 40°C durante 48 horas, peneirada < 2 mm, analisada a fertilidade e carbono orgânico total (COT) por via úmida (Embrapa, 1997). Cada município foi nomeado seguindo a nomenclatura: Cachoeiras de Macacu (Mata) – CM; Cachoeiras de Macacu (Eucalipto - 4anos) – CE; Nova Friburgo (Mata) – FM; Nova Friburgo (Eucalipto - 6anos) – FE; Bom Jardim (Mata) – BM; Bom Jardim (Eucalipto - 11anos) – BE.

Análise estatística

Cada par de fragmentos de floresta e plantio de Eucalipto dentro dos municípios foi usado como repetição. Foi calculada a média e o coeficiente de variação de todas as áreas ($n = 18$), com exceção de BE ($n = 9$). Foi realizado o teste multivariado Nonmetric Multidimensional Scaling – NMS, com o auxílio do programa PC-ORD (McCune & Mefford, 1999), o teste de NMS usou as variáveis da camada orgânica de superfície **tabela 1**, como variáveis de resposta (matriz primária) para ordenar os dados, e a esta foi sobreposta as variáveis da profundidade de 0-5 cm **tabela 1**, a altura média das árvores (AltArvore), altitude média (ALT), área basal (AB) e diâmetro a altura do peito (Dap) das parcelas como variáveis ambientais (matriz secundária). O NMS foi conduzido usando a distância de medida Bray-Curtis e 50 tentativas aleatórias com os dados reais e 250 utilizando os dados randomizados. Para testar a diferença entre grupos foi usado o teste de Multi-Response Permutation Procedures (MRPP) usando a mesma medida da ordenação, os grupos foram comparados em pares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **figura 1a** mostra o resultado da análise de MNS, que apresenta uma ordenação em duas dimensões. O eixo 1 explica 76,6% da variação total dos dados e está correlacionado com as variáveis: Galhos, total, MFB, OF, OL em ordem de importância. As variáveis Galhos e Total possuem uma correlação com o eixo 1 de $r = 0.80$ e $r = 0.95$ e foram capazes de separar o plantio de eucalipto BE das demais áreas **figura 1b**, além disso, o eixo 1 obteve uma boa associação com a variável ambiental (matriz secundária) altura média das árvores (AltArvore), o que pode evidenciar que quanto maior a estrutura e idade dos sistemas temos um aumento na quantidade de serapilheira. Os sistemas plantados responderam bem a essa tendência com a sequência CE (4 anos) – FE (6 anos) – BE (11 Anos). Ponge & Chevalier (2006) já evidenciaram aumento na espessura e camadas da serapilheira em valores com a idade de florestas, indicando uma mudança da forma de húmus tipo Mull pra Moder através de um índice. Contudo, Berg & McLaugherty (2003) estudando florestas com idades que variam de 3000 a 120 anos arguem que não existe um steady-state pra acumulação de Húmus, nos levando a entender que a interrupção na acumulação orgânica no solo depende muito mais de um distúrbio do que de um estado de equilíbrio. O eixo 2 explica 17% da variação dos dados e detém junto com o eixo 1 93% da variância total explicada. Não menos importante, o eixo 2 possui uma correlação de $r = 0.24$ e $r = 0.49$, raízes e agregado respectivamente. O eixo 2 separa claramente **figura 1b** os fragmentos de floresta localizados em maior altitude FM dos de menor altitude CM e BM. O teste para comparação de grupos MRPP apontou apenas as áreas CM e BM sem diferença significativa ($A = 0$, $p = 0.4$) e diferença significativa do FM em relação a CM e BM, ($A = 0.07$, $p = 0.003$) e ($A = 0.09$ e $p = 0.001$) respectivamente e diferenças significativas entre todas as outras áreas. Menores altitudes ou altitudes até 800 metros (BM) apresentam menor quantidade de raízes e agregados em relação a maiores altitudes (FM), fato que pode estar relacionado com a disponibilidade hídrica e estratégia para não perder nutrientes ou aproveitá-los ao máximo diante de períodos sem disponibilidade de água. Por outro lado, a média do total de serapilheira e do material fino pronto para ser mineralizado (MFB), dos fragmentos de floresta, também aumenta com a altitude **tabela 1**, o que pode influenciar o crescimento das raízes e formação de agregados, pois Jordan & Escalante (1980) já noticiaram que o crescimento de raízes finas em florestas da Amazônia é maior na superfície quando existe material fresco disponível.

E a formação de agregados é, entre outros, influenciada pela dinâmica de raízes, exsudados e hifas (Tisdall & Oades, 1982). Os teores de COT e a capacidade de troca catiônica (T) tiveram uma boa associação com a quantidade de raízes e agregados **figura 1a**, o que provavelmente está relacionado com a retenção de nutrientes.

A quantidade de nutrientes na serapilheira influencia, na mesma ordem de grandeza, a quantidade de elementos disponíveis no solo (0-10 cm) (Correia & Andrade, 2008), e levando em consideração que é possível que maiores estoques tenham mais nutrientes, essa relação parece não ser evidente neste trabalho, pois temos BM com os maiores valores de V% e estoque de nutrientes no solo, mas não possui o maior estoque de serapilheira, este está em FM.

As espessuras e camadas da serapilheira, avaliadas nesse estudo em diferentes altitudes podem ser analisadas a luz das Formas de Humus (OL, OF e OH) e servem para classificar e diferenciar ambientes, pode ser empregada em sistemas agroflorestais para entender de que forma se dá a reconstituição das camadas orgânicas no tempo (Kindel, et al., 2003), pode ser, relacionados com o feedback planta-solo (Ponge, 2013) e o conhecimento acumulado das relações morfológicas, biológicas e químico-físicas das Formas de Humus pode contribuir em última instância para uma avaliação no nível de ecossistema (qualidade ambiental)

CONCLUSÕES

O estoque de serapilheira varia com a altitude em sistemas naturais, e em sistemas plantados a idade influencia conjuntamente.

Há uma tendência do acúmulo de serapilheira está relacionado com o aumento de raízes superficiais, contudo essa não parece ser uma relação de causa – efeito.

Estudo com serapilheira, a luz das Formas de Humus, pode ajudar a diagnosticar e classificar sistemas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a EMBRAPA-SOLOS pelo suporte físico, estrutural e intelectual em parceria com o projeto DINARIO e ao CNPq pela disponibilização da bolsa.

REFERÊNCIAS

ATLAS. Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica

no período 1990-1995. ed. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 1998.

BERG, B.R. & MCCLAUGHERTY, C. Decomposition and ecosystem function. In: ed. Plant Litter. ed. Springer, 2003. p. 203-237.

CORREIA, M.E.F. & ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. D. A. ; SILVA, L. S. D. ; CANELAS, L. P., et al. ed. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 137-154.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed ed. Rio de Janeiro: Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1997. p. 212 p.

GARAY, I.E.G. & DIAS, B.F.S. Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2001.

JORDAN, C.F. & ESCALANTE, G. Root Productivity in an Amazonian Rain Forest. *Ecology*, 61: 14-18, 1980.

KINDEL, A.; GARAY, I.; CARMO, C.A.F.S.D., et al. Quantificação dos horizontes húmicos e dinâmica da decomposição de material foliar em solos florestais. *Comunicado Técnico EMBRAPA*, 1: 1-8, 2003.

LORANGER, G.; PONGE, J.F.; LAVELLE, P. Humus forms in two secondary semi-evergreen tropical forests. *European Journal of Soil Science*, 54: 17-24, 2003.

MCCUNE, B. & MEFFORD, M.J. PC-ORD: multivariate analysis of ecological data. ed. MjM Software Design, 1999.

Biodiversidade da Mata Atlântica. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em 03 - 10. 2012.

PONGE, J.-F. Plant-soil feedbacks mediated by humus forms: A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 57: 1048-1060, 2013.

PONGE, J.-F. & CHEVALIER, R. Humus Index as an indicator of forest stand and soil properties. *Forest Ecology and Management*, 233: 165-175, 2006.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water stable aggregates in soils. *Soil Science American Journal*, 33: 141-163, 1982.

TRAP, J.; LAVAL, K.; AKPA-VINCESLAS, M., et al. Humus macro-morphology and soil microbial community changes along a 130-yr-old *Fagus sylvatica* chronosequence. *Soil Biology and Biochemistry*, 43: 1553-1562, 2011.

ZANELLA, A.; JABIOL, B.; PONGE, J.F., et al. A European morpho-functional classification of humus forms. *Geoderma*, In Press, Corrected Proof: 2011.

Tabela – 1 Médias seguidas do (Coeficiente de Variação) dos estoques da camada orgânica de superfície e variáveis química e físicas do solo na profundidade de (0-5cm) por município em cada sistema florestal.

Camada Orgânica Superficial ¹	Fragmentos de floresta			Plantios de Eucalipto		
	C. Macacu	N.Friburgo	B. Jardim	C. Macacu	N.Friburgo	B. Jardim
OL t ha ⁻¹	0.74 (0.87)	0.57 (0.98)	1.20 (0.61)	0.75 (0.38)	1.51 (0.39)	1.19 (0.26)
OF t ha ⁻¹	3.57 (0.34)	3.45 (0.46)	3.50 (0.35)	2.66 (0.40)	3.53 (0.25)	4.15 (0.24)
MFB t ha ⁻¹	0.84 (0.61)	1.35 (0.42)	0.93 (0.38)	0.74 (0.69)	0.79 (0.36)	0.75 (0.44)
Raízes t ha ⁻¹	0.09 (2.11)	0.80 (1.35)	0.001	0.00	0.00	0.00
Agregado t ha ⁻¹	0.34 (2.34)	0.76 (1.72)	0.03 (2.73)	0.77 (1.59)	1.36 (1.09)	0.09 (1.23)
Galhos t ha ⁻¹	1.82 (1.00)	2.71 (0.54)	2.15 (1.01)	3.63 (0.79)	1.56 (1.52)	7.14 (0.62)
Total t ha ⁻¹	7.40 (0.44)	9.64 (0.24)	7.82 (0.35)	8.55 (0.46)	8.75 (0.33)	13.31 (0.36)
Profundidade 0-5 cm²						
pH 1:10 H ₂ O	4.1	4.3	5.1	4.75	4.8	5.1
Al ³⁺ cmolc dm ⁻³	1.75	1.9	0.4	0.9	0.75	0.35
Ca ²⁺ cmolc dm ⁻³	1.8	2.3	6	1.4	2.65	3.7
Mg ²⁺ cmolc dm ⁻³	1.2	1.4	2.8	1.35	1.75	1.8
K ⁺ mg dm ⁻³	78	103.5	119	45	82	49
P mg dm ⁻³	2.35	3.1	1.45	1.25	5.45	1.55
S cmolc dm ⁻³	3.2	3.95	9.1	2.85	4.65	5.6
T cmolc dm ⁻³	16.65	22.6	18.85	11.6	18.9	16
V %	20	19.5	46	24.5	25	36.5
COT g kg ⁻¹	42	68	49.45	21.95	44	29
Areia g kg ⁻¹	423	421	499	568	442	561
Silte g kg ⁻¹	217	239	261	112	188	149
Argila g kg ⁻¹	360	340	240	320	370	290

¹ Médias de 18 amostragens, por município.

² Amostra composta de 9 amostragens

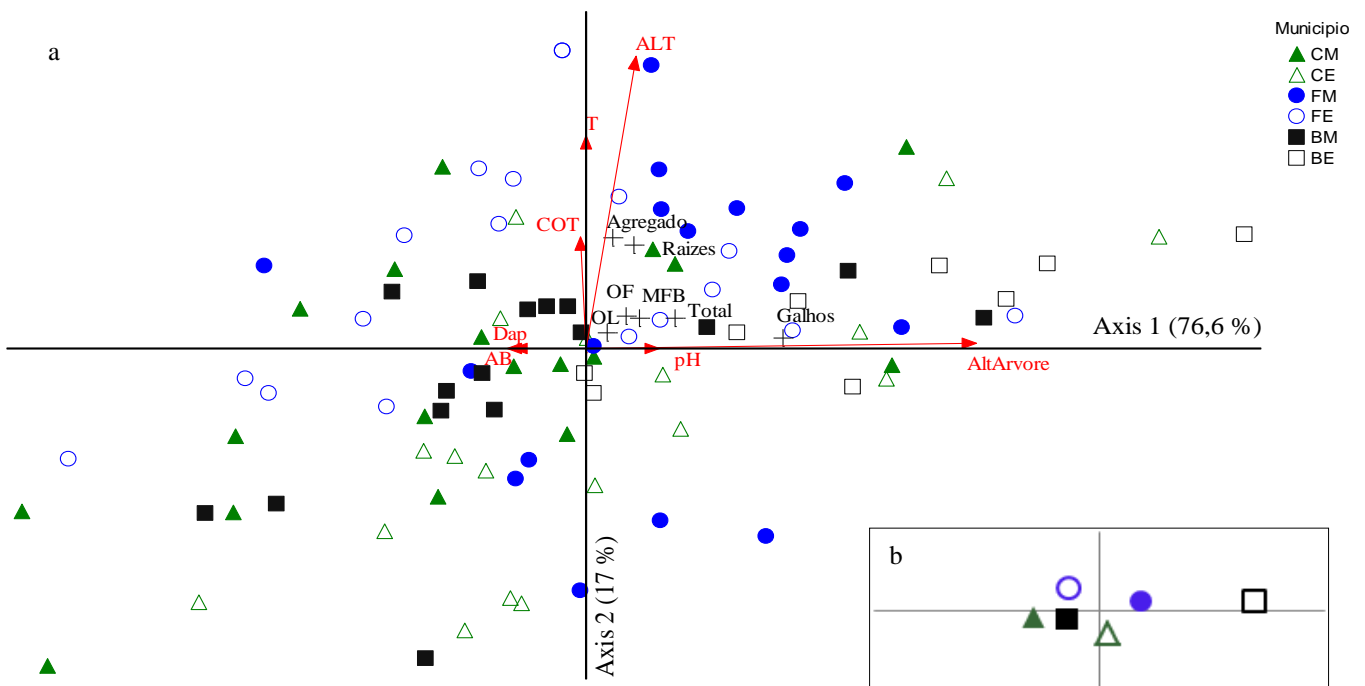


Figura 1 – a. Análise multivariada NMS. Pontos (+) representam as variáveis de resposta, vetores representam as variáveis ambientais. Pontos (+) e vetores na mesma dimensão apresentam associações. Variáveis de resposta aumentam e diminuem em relação aos axis (cartesiano). b. Centroides dos scores.