



SUBSTÂNCIAS HÚMICAS DE SOLO CULTIVADO COM EUCALIPTO POR TRÊS ROTAÇÕES SUCESSIVAS

Monalisa Fagundes Oliveira¹; Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia²; Paulo Henrique Monroe³; Daniela Lima de Oliveira Matos⁴

¹ Engenheira Florestal, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: monalisaffagundes@gmail.com; ² Engenheira Florestal, Professor do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: patriciabarreto@uesb.edu.br; ³ Engenheiro Agrônomo, Pós-doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: paulomonroes@gmail.com; ⁴ Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: danielalima.engflorestal@gmail.com

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito do cultivo de eucalipto por três rotações sucessivas, na distribuição de substâncias húmicas do solo até a profundidade de 40 cm. O estudo foi realizado em plantações comerciais de *Eucalyptus urophylla* em primeira, segunda e terceira rotação, utilizando um fragmento de floresta nativa como referência. A quantificação das frações das substâncias húmicas foi realizada por fracionamento químico, com base na solubilidade diferencial em meio alcalino e ácido. O cultivo de eucalipto por até três rotações sucessivas influencia a estabilização da matéria orgânica do solo na profundidade superficial (0-10 cm), com reflexos nos teores de C da fração ácidos húmicos e na relação EA/HUM, inferiores em relação à floresta nativa.

Palavras-chave: Fracionamento; Ácidos húmicos; Tempos de cultivo.

1. INTRODUÇÃO

Os plantios do gênero *Eucalyptus*, devido à sua capacidade de brotação, podem ser conduzidos por até quatro rotações sucessivas, sem necessidade de uma nova implantação. Essa condução, aliada aos longos ciclos da cultura, pode favorecer a manutenção da qualidade do solo, uma vez que o acúmulo de resíduos possibilita a cobertura do piso florestal, atenuando os efeitos da erosão e o retorno de parte do carbono e nutrientes armazenados nas árvores.

Outra característica do gênero *Eucalyptus* é a sua alta eficiência nutricional, que favorece o suprimento da sua demanda de nutrientes (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002) e, por outro lado, ocasiona baixas taxas de decomposição (COSTA



et al., 2005; VIERA et al., 2013; PINTO et al., 2016). Isso pode incrementar os estoques de carbono (C) do solo, já que possibilita uma maior capacidade de conservação de carbono e nutrientes na fitomassa acumulada (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002). No entanto, é possível que estes estoques de C no solo sejam alterados com o tempo de cultivo do eucalipto, após rotações sucessivas, dada a exportação de biomassa com as colheitas. Além de alterações na quantidade do C orgânico, o uso e manejo do solo também pode ocasionar mudanças em sua distribuição nas frações da matéria orgânica do solo (MOS) (BAYER et al., 2004).

O fracionamento de matéria orgânica do solo (MOS) envolve técnicas físicas e químicas, que se destaca a separação de substâncias húmicas (SH). Elas são produtos das transformações nos resíduos vegetais e atividade microbiana no solo (PRIMO et al., 2011). Esse processo resulta em três frações: ácidos fúlvicos (AF), solúveis em meio alcalino e ácido, ácidos húmicos (AH), insolúveis em meio fortemente ácido, e humina (HUM), associada aos minerais do solo e menos reativa (CANELLAS et al., 2001).

Vários estudos sobre SH já foram realizados em plantações de eucalipto no Brasil (SOARES et al., 2017; PULROLNIK et al., 2009; RAMOS et al., 2013). Entretanto, ainda não existem registros de estudos que tenham avaliado o efeito de rotações sucessivas de cultivo de eucalipto nas substâncias húmicas.

Nesse contexto, este estudo objetivou avaliar o efeito do cultivo de eucalipto, por até três rotações sucessivas, na distribuição de carbono nas substâncias húmicas da matéria orgânica do solo até a profundidade de 40 cm.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em plantações comerciais de eucalipto, localizadas no município de Vitória da Conquista-BA, distrito do Pradoso (coordenadas geográficas: 14° 49' S e 40° 59' W). O clima da região é o tropical de altitude, tipo Cwb, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 734 mm, e estação seca de maio a setembro.

As áreas de estudo foram selecionadas com base no tempo a que foram submetidas ao cultivo de eucalipto, obtendo-se uma sequência de áreas com número progressivo de rotações. Dessa forma, foram avaliadas três áreas de eucalipto: R1 – em primeira rotação, cultivada há quatro anos, estabelecida em regime de alto fuste,



por meio de mudas seminais, em espaçamento de 3 x 4 m; R2 – em segunda rotação, cultivada há nove anos, conduzida em regime de talhadia após realização do primeiro corte aos cinco anos de idade, em espaçamento de 3 x 3 m; R3 – em terceira rotação, cultivada há 14 anos, também conduzida em regime de talhadia e em espaçamento 3 x 3 m. Além destas três áreas, uma área de floresta nativa (FN), localizada nas adjacências dos plantios, foi utilizada como referência. O solo das áreas de estudo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, de textura argiloarenosa e com características químicas e físicas conforme Tabela 1.

Para as coletas de solo, em cada área, foram instaladas quatro parcelas de 20 x 20 m. As amostras foram retiradas de três profundidades do solo (0-10, 10-20 e 20-40 cm), a partir da abertura de trincheiras de 50 x 50 cm. Em cada parcela, foram coletadas cinco amostras simples para formar uma amostra composta de cada profundidade.

Foi realizada a determinação dos teores de C orgânico total do solo (COS) por meio do método da oxidação úmida (MATOS & MENDONÇA, 2017). A quantificação das substâncias húmicas – frações ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HUM) – foi realizada por meio de fracionamento químico, seguindo a metodologia de Matos e Mendonça (2017), e a partir dos valores de teores de carbono nas frações humificadas (AF, AH e HUM) foram calculadas as relações: AH/AF (ácidos húmicos/ácidos fúlvicos) e (AF+AH)/HUM (ácidos fúlvicos + ácidos húmicos/humina).

2.1. Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors e Bartlett para avaliação da normalidade e homogeneidade. Para verificação das diferenças entre as rotações de eucalipto, foi realizada a análise de variância, segundo um delineamento inteiramente casualizado (teste F a 5%), tendo em vista que as parcelas foram distribuídas casualmente, com quatro tratamentos e quatro repetições. Adotou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância para comparação de médias, analisado no programa SAEG.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que diz respeito à distribuição das frações humificadas no perfil do solo, de modo geral, observou-se redução dos teores de C com o aumento da profundidade, embora com variação significativa apenas da camada superficial em relação às profundidades 10-20 e 20-40 cm (Tabela 1), com exceção da FN. Esta diminuição em profundidade está relacionada à maior deposição de resíduos orgânicos e *turnover* de raízes finas, que intensifica o acúmulo de matéria orgânica nas camadas mais superficiais do solo, e ainda ao fato da movimentação do carbono no interior do perfil ocorrer de forma lenta, que gera um gradiente a partir da superfície (BARRETO et al., 2010; PFLEGER et al., 2017). Resultados semelhantes foram encontrados por Pflieger et al. (2017), Pulrolnik et al. (2009), Rosa et al. (2017) e Ramos et al. (2013).

Ao analisar cada uma das profundidades, observou-se diferenças significativas entre tratamentos apenas na profundidade de 0-10 cm (Tabela 1), especificamente para os teores de C da fração AH e para a relação EA/HUM. A fração AH exibiu teor superior da floresta nativa em relação à área de primeira rotação, embora esta última não tenha se distinguido das áreas de segunda e terceira rotações. Segundo Barreto et al. (2008), a presença de altos teores de C na fração ácidos húmicos pode sugerir um estágio mais avançado de mineralização da matéria orgânica, corroborando os resultados do presente estudo, que demonstraram maior teor de AH na FN e aumento de cerca de 72% na segunda e terceira rotação em relação à primeira rotação.

A relação AH/AF não detectou diferença entre tratamentos em nenhuma das três profundidades estudadas, apresentando valores entre 1,0 e 2,6 (Tabela 1). Isso indica que o cultivo de eucalipto favoreceu uma maior participação da fração humina em relação à soma das demais frações (AF e AH), ou seja, uma maior estabilidade da MOS. É possível que este resultado esteja relacionado à maior recalcitrância dos resíduos depositados pelo eucalipto, como efeito da sua baixa qualidade nutricional e orgânica, conforme relatado por diversos autores na literatura (COSTA et al., 2005; PEGORARO et al., 2011; PINTO et al., 2016).

As rotações não tiveram diferença nos valores de relação EA/HUM (Média de 0,51) e foram inferiores a FN na camada 0-10 cm, que apresentou valor de 1,33. Resultados de relação EA/HUM também inferiores a 1,0 foram observados por Fontana et al. (2006), em solos sob diferentes sistemas de cultivo no Cerrado (média

de 0,60), e por Silva et al. (2015), em área de revegetação com *Eucalyptus camaldulensis* (0,27).

Tabela 1 – Carbono das substâncias húmicas (g kg^{-1}) e relações entre frações humificadas nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm de solo sob eucalipto em diferentes tempos de cultivo.

Frações	Tratamentos			
	R1	R2	R3	FN
Profundidade 0-10 cm				
AF	3,05 (1,40) Aa	4,56 (5,35) Aa	3,27 (0,69) Aa	4,29 (0,95) Aa
AH	3,10 (0,97) Ab	5,90 (1,30) Aab	4,83(2,03) Aab	9,17 (3,69) Aa
HUM	14,22 (2,53) Aa	14,21(3,31) Aa	13,59 (2,27) Aa	10,58(1,64) ABa
TSH	20,37 (2,63) Aa	23,48 (3,04) Aa	21,69 (3,81) Aa	24,05 (2,56) Aa
AH/AF	1,23 (0,64) a	2,41(1,69) a	1,47 (0,51) a	2,63 (0,32) a
EA/HUM	0,44 (0,12) b	0,51 (0,15) b	0,59 (0,17) b	1,33 (0,52) a
Profundidade 10-20 cm				
AF	2,88 (1,57) Aa	2,21 (1,45) Ba	2,36 (1,48) Aa	3,67 (0,30) Aa
AH	4,96 (1,63) Aa	3,50 (0,59) Aa	5,40 (4,21) Aa	3,63 (0,42) Ba
HUM	12,93 (4,52) ABa	11,43 (2,38) Ba	10,98 (2,90) Ba	9,27 (2,93) Ba
TSH	20,77 (4,33) Aa	17,15 (1,05) Ba	18,75 (3,45) Aa	16,58 (2,97) Ba
AH/AF	2,12 (1,23) a	2,07 (1,10) a	2,64 (1,77) a	1,00 (0,18) a
EA/HUM	0,70 (0,40) a	0,54 (0,31) a	0,71(0,40) a	0,84 (0,24) a
Profundidade 20-40 cm				
AF	3,28 (1,79) Aa	3,89 (0,69) Ba	2,43 (1,26) Aa	4,56 (0,44) Aa
AH	4,56 (3,12) Aa	5,55 (3,47) Aa	3,67 (0,94) Ba	4,83 (3,16) Ba
HUM	11,08 (2,48) Ba	12,06 (2,50) Ba	8,73 (3,91) Ba	12,45 (4,78) Aa
TSH	18,92 (5,83) Aa	23,39 (3,35) Aa	14,84 (1,87) Ba	22,14 (2,52) Aa
AH/AF	1,89 (1,50) a	1,89 (1,24) a	1,76 (0,67) a	1,06 (0,68) a
EA/HUM	0,70 (0,25) a	0,95 (0,37) a	0,89 (0,59) a	1,08 (0,84) a

⁽¹⁾ R1: Eucalipto em primeira rotação de cultivo, com quatro anos de idade; R2: Eucalipto em segunda rotação, totalizando nove anos de cultivo; R3: Eucalipto em terceira rotação, totalizando 14 anos de cultivo; FN: Floresta nativa; ⁽²⁾AF – Ácidos Fúlvicos; AH – Ácidos Húmicos; HUM – Humina; TSH – Total das Substâncias Húmicas; AH/AF – relação Ácidos Húmicos/ Ácidos Fúlvicos; EA/HUM – relação entre elementos solúveis em álcali (AF+AH) e humina. ⁽³⁾Valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão da média (n=4). As letras minúsculas iguais, na linha, que comparam os tratamentos, e as letras maiúsculas, na coluna, que comparam as profundidades, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

4. CONCLUSÕES

O cultivo de eucalipto por até três rotações sucessivas influencia de forma semelhante a estabilização da matéria orgânica do solo, com algumas diferenças na camada superficial (0-10 cm), especificamente nos teores de C da fração ácidos



húmicos na primeira rotação e na relação EA/HUM de todas as rotações, inferiores em relação à floresta nativa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, A. C.; FREIRE, M. B. G. S.; NACIF, P. G. S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J.; INÁCIO, E. S. B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de m submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, 2008.

BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; ALVES, B. J. R. FONSECA, S. Mineralização de nitrogênio e carbono em solos sob plantações de eucalipto, em uma sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 735-745, 2010.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M.; MORAES, A. A.; GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1529-1538, dez. 2001.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F.; SALTON, J. C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 847-853, 2006.

GATTO, A.; BARROS, N. F. B.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I; R.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P.; VILLANI, E. M. A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1069-1079, 2010.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. Matéria orgânica do solo: métodos de análises. Viçosa: UFV, 2017.

PEGORARO, R. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; FONSECA, S.; DAMBROZ, C. S. Estoques de carbono e nitrogênio nas frações da matéria orgânica em Argissolo sob eucalipto e pastagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 261-273, 2011.

PFLEGER, P.; CASSOL, P. C.; MAFRA, A. L. Substâncias húmicas em cambissolo sob vegetação natural e plantios de pinus em diferentes idades. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 807-817, jul./set. 2017.

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P. DE; PACHECO, F. P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 2, p. 221-230, abr./jun. 2017.

SOARES, E. M. B.; SILVA, I. R.; BARROS, N. F.; TEIXEIRA, R. S.; FONSECA, S.; VASCONCELOS, A. DE A.; SOUZA, R. N. Soil organic matter fractions under second-rotation eucalyptus plantations in eastern Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 41, n. 1, e410107, 2017.