

Variação temporal da agregação e da matéria orgânica em um Argissolo sob diferentes preparos do solo para plantio de eucalipto

Juliana Prevedello⁽¹⁾; Samara Pozzan da Rocha⁽²⁾; Elói Paulus⁽³⁾; Bernardo Rodrigues da Silva⁽⁴⁾; Dalvan José Reinert⁽⁵⁾; José Miguel Reichert⁽⁵⁾

⁽¹⁾Pós-Doutoranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Santa Maria, RS; juliprevedello@gmail.com. ⁽²⁾Mestranda em Engenharia Florestal, UFSM; ⁽³⁾Doutorando em Engenharia Florestal, UFSM; ⁽⁴⁾Estudante de Agronomia, UFSM; ⁽⁵⁾Professor do Departamento de Solos, UFSM.

RESUMO: A agregação é o resultado da interação entre o tamanho, forma e arranjo das partículas sólidas e os espaços porosos do solo, sendo altamente variável e associado aos fatores físicos, químicos e biológicos. O objetivo do estudo foi avaliar a variação temporal da estabilidade de agregados estáveis em água e a sua relação com o conteúdo de matéria orgânica em um Argissolo submetido a quatro sistemas de preparo do solo, para implantação de povoamento de *Eucalyptus grandis*. Os tratamentos avaliados foram: plantio direto (PD); escarificado mais grade niveladora (EG), escarificado (Esc), e enxada rotativa (ER). A intensificação do preparo do solo diminui a estabilidade estrutural de agregados estáveis em água, por reduzir a porcentagem de agregados na classe de maior diâmetro (4,76-8,00mm). Os efeitos do preparo do solo sobre o Argissolo de textura franco arenosa são reduzidos após 12 meses, demonstrando sua capacidade em restabelecer a estrutura e a agregação. O teor de matéria orgânica não afeta o diâmetro médio geométrico, o diâmetro médio ponderado e a distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água.

Termos de indexação: *Eucalyptus grandis*, manejo do solo, estabilidade de agregados.

INTRODUÇÃO

A estrutura do solo é representada pela agregação e tem sido definida como sendo o resultado da interação entre o tamanho, forma e arranjo das partículas sólidas e espaços porosos do solo, sendo altamente variável e associado aos fatores físicos, químicos e biológicos (Letey, 1991). O acúmulo de matéria orgânica do solo (MOS), que pode ser obtido pelo manejo adequado e pelos resíduos culturais acumulados na superfície, geralmente está associado a uma melhoria das condições físicas (Reichert et al., 2011), especialmente relacionado aos seus benefícios à estrutura (Reichert et al., 2009).

A variação na quantidade de MOS é dependente da espécie e de seus resíduos acumulados na superfície, além de fatores como a profundidade do solo, clima, idade das árvores, práticas silviculturais, textura e mineralogia do solo (Zinn et al, 2007;

2011). As espécies florestais contribuem positivamente para a formação e estabilização de agregados tanto em função do sistema radicular denso e bem distribuído no perfil do solo quanto ao elevado aporte de MOS (Gonçalves, 2002).

No uso do sistema plantio direto, a inexistência de revolvimento do solo associada à manutenção de uma camada de resíduos orgânicos na superfície, favorece a estruturação e a resistência do solo à compactação (Reichert et al., 2011). Além disso, o teor de matéria orgânica possui relação direta com o manejo e com as culturas empregadas. Beldini et al. (2010) encontraram diâmetro médio geométrico de agregados em mata nativa superior a povoamentos de *Eucalyptus* sp. Segundo os autores, a mata nativa possui maior grau de estruturação devido à diversidade de espécies vegetais com diferentes sistemas radiculares, além do grande aporte de serapilheira na superfície, que favorecem a atividade dos organismos e, conseqüentemente, a estabilidade de agregados.

Estudos envolvendo a variação da estabilidade estrutural em áreas florestais ainda são incipientes. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar a variação temporal da estabilidade de agregados estáveis em água e a sua relação com o conteúdo de matéria orgânica em um Argissolo submetido a quatro sistemas de preparo do solo para implantação de povoamento de *Eucalyptus grandis*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisas de Recursos Florestais – FEPAGRO Florestas, em Santa Maria, RS. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico (Embrapa, 2006). A análise granulométrica indicou valores médios de 200, 170 e 630gkg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente, até a profundidade de 0,80m, classe textural franco-arenosa.

O delineamento experimental empregado no estudo foi o de blocos ao acaso: plantio direto (PD); escarificado mais grade niveladora (EG), escarificado (Esc), e enxada rotativa (ER). O PD foi realizado com o auxílio de um trado, formando covas de 0,10m de profundidade e 0,08m de diâmetro. O Esc foi realizado com um escarificador

de uma haste, até a profundidade de 0,30m. No tratamento EG, a profundidade de revolvimento do solo foi de 0,10m e o ER mobilizou 0,20m. As mudas de *E. grandis* foram plantadas em novembro de 2006, em espaçamento de 3,0x2,0m (Prevedello, 2008).

Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas em cilindros metálicos de 0,06m de diâmetro e 0,05m de altura, na camada de 0,00-0,05m para a determinação da densidade do solo, segundo EMBRAPA (1997). Na mesma camada, coletaram-se amostras de solo, com o auxílio de uma pá de corte, para a avaliação da agregação. As coletas foram realizadas em quatro épocas distintas: antes da aplicação dos tratamentos, com o objetivo de caracterizar a área experimental (época 1); três meses após o preparo (época 2); doze meses após o preparo (época 3) e 72 meses após o preparo do solo (época 4).

A estabilidade dos agregados em água foi determinada em amostras de agregados menor que 8mm, conforme método modificado de Kemper & Chepil (1965). Os agregados foram separados manualmente, observando-se as superfícies naturais de clivagem e, posteriormente agitados por 10 minutos (Yoder, 1936).

A estabilidade dos agregados estáveis em água foi expressa pelo Diâmetro Médio Geométrico (DMG), Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e percentagem de agregados (AGRi) por classe de diâmetro (8,00-4,76; 4,76-2,00; 2,00-1,00; 1,00-0,25 e <0,25mm). As equações utilizadas para os cálculos seguiram as proposições da metodologia de Kemper & Chepil (1965):

$$DMG = EXP \left(\frac{\sum (AGRi \times \ln (di))}{\sum AGRi} \right)$$

$$DMP = \frac{\sum (di \times AGRi)}{\sum AGRi}$$

$$AGRi (\%) = \frac{mAGRi}{\sum AGRi}$$

em que: mAGRi = massa de agregados da classe i (menos areia); $\sum AGRi$ = massa total de agregados (menos areia); \ln = logaritmo neperiano; di = diâmetro médio de classe i; AGRi (%) = percentagem de agregados por classe de tamanho.

O teor de carbono orgânico do solo (CO) foi determinado pelo método de combustão úmida, modificado e descrito por Tedesco et al. (1995). Os valores de CO obtidos foram convertidos em matéria orgânica do solo (MOS) multiplicando-se o primeiro por 1,724, pois admite-se que o CO participa com 58% na composição da MOS (EMBRAPA, 1997).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando o valor do teste t foi significativo, utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância para a comparação das médias dos tratamentos. Para análise dos dados de DMG, DMP, MOS e AGRi nas diferentes épocas de coleta, considerou-se o sistema de manejo como fator principal e a época de avaliação como fator

secundário, constituindo-se um modelo de análise com parcela subdividida. Além disso, foram realizadas análises de correlação de Pearson entre as propriedades físicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição do tamanho de agregados estáveis em água para as diferentes épocas avaliadas encontram-se na **Figura 1**. Os tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si, porém verifica-se variação entre as épocas de coleta, somente para a classe de agregados de diâmetro menor que 0,25mm. A maior concentração de agregados foi encontrada na classe de diâmetro 8,00-4,76mm, variando de 40 a 50%, em todas as épocas avaliadas. Entretanto, ocorre redução da quantidade desses agregados, com consequente aumento nas classes de menor diâmetro (1,00-0,25 e <0,25 mm) após o revolvimento (época 2), demonstrando um reflexo negativo da mobilização do solo sobre a estabilidade de agregados, corroborando com o observado em áreas agrícolas por Castro Filho et al. (1998) e florestais por Beldini et al. (2010) e Zinn et al. (2011). Conforme relatam Zinn et al. (2011), a quebra dos agregados de maior diâmetro é esperada após o manejo do solo, em função da sua maior porosidade, baixa tensão à força de desagregação e numerosos planos de fratura, resultando em aumento nas classes de menor diâmetro.

Transcorridos 72 meses do preparo (época 4), percebe-se recuperação da agregação do solo, evidenciada pelos valores de distribuição de agregados de maior dimensão (8,00-4,76mm), semelhante ao encontrado nos tratamentos antes da mobilização do solo (época 1). A interação do crescimento e desenvolvimento das árvores e demais fatores físicos, químicos e biológicos atuam conjuntamente no processo de agregação e favorecem a recuperação da estrutura do solo, além do que, solos arenosos possuem a capacidade de recuperar sua estrutura mais rapidamente que os argilosos (Reichert et al., 2009).

Os diferentes preparos do solo e épocas de avaliação apresentaram interação significativa para a densidade (**Tabela 1**). A maior densidade foi verificada no solo sob plantio direto (PD) quando comparado com os tratamentos com revolvimento mínimo; diferindo estatisticamente somente na época 2. Gonçalves (2002) argumenta que preparos do solo menos intensivos possuem ação semelhante ao plantio direto; entretanto, promovem a descompactação por reduzir a densidade e a resistência do solo à penetração das raízes das plantas (Reichert et al., 2009), além de favorecer a liberação de nutrientes de forma lenta e gradual, por meio da mineralização, o que facilita o

estabelecimento e o crescimento inicial das mudas de eucalipto.

O maior índice de agregação estimado pelo diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) foi verificado no PD, porém sem diferença estatística com os demais sistemas de manejo (**Tabela 1**). Para Castro Filho et al. (1998), a redução ou eliminação do revolvimento do solo associado ao frequente aporte de resíduos vegetais no PD, promovem o aumento do teor de MOS e protegem o solo contra a ação desagregadora da chuva, refletindo em aumento do DMG e DMP. A presença desses agregados grandes pode refletir na resistência do solo à erosão, além de expressar na qualidade dos agregados.

Após o preparo do solo (época 2) ocorre degradação da estrutura, revelada pela redução do DMG e DMP (**Tabela 1**). Nesse sentido, o maior efeito sobre a agregação foi verificado nos tratamentos Esc, EG e ER; entretanto, também apresentaram a recuperação mais rápida da estrutura, provavelmente em decorrência da incorporação dos resíduos vegetais durante o revolvimento, que favorecem a mineralização do carbono (Reichert et al., 2009). A influência benéfica da matéria orgânica sobre a agregação do solo é um processo dinâmico e está associada à intensificação da atividade microbiana (Zinn et al., 2011) em função da presença de fungos e bactérias presentes no solo (Tisdall & Oades, 1982), que promovem a agregação do solo.

Como o principal agente de estabilização dos agregados do solo é a MOS (Tisdall & Oades, 1982), esperava-se ocorrência de correlação entre o teor de MOS e a agregação (DMG e DMP), porém os resultados deste trabalho não confirmaram essa expectativa (**Tabela 2**), semelhante ao obtido por Zinn et al. (2011), que explicam que a variação no conteúdo de MOS antes e após o preparo do solo pode não ter sido suficiente para afetar a estabilidade de agregados, uma vez que as plantações de eucalipto podem preservar os estoques de MOS, mantendo o estado de agregação do solo.

Tabela 2 – Coeficientes de correlação linear de Pearson e significância entre as variáveis testadas.

	MOS	C5	C1	DMP
DMG	0,02 ^{ns}	0,98*	0,95*	0,97*
DMP	0,05 ^{ns}	-0,81*	0,98*	-
C1	0,06 ^{ns}	-0,73*	-	-
C5	0,09 ^{ns}	-	-	-

DMG: diâmetro médio geométrico; DMP: diâmetro médio ponderado; MOS: matéria orgânica do solo; C1: classe de tamanho de agregados de 8,0 - 4,76; C5: classe de tamanho de agregados <0,25; * significativo a 0,05; ns = não significativo.

CONCLUSÕES

A intensificação do preparo do solo diminui a estabilidade estrutural de agregados estáveis em água, por reduzir a porcentagem de agregados na classe de maior diâmetro (4,76-8,00mm).

Os efeitos do preparo do solo sobre o Argissolo de textura franco arenosa são reduzidos após 12 meses, demonstrando sua capacidade em restabelecer a estrutura e a agregação.

O teor de matéria orgânica não afeta o diâmetro médio geométrico, o diâmetro médio ponderado e a distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água.

REFERÊNCIAS

- BELDINI, T. P. et al.. The effect of Amazonian Eucalyptus plantations on soil aggregates and organic matter density fractions. *Soil Use and Management*, 26: 53–60, 2010.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PADANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 22: 527-538, 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306p.
- GONÇALVES, J.L.M. Principais solos usados para plantações florestais. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF, 2002, p.1-46.
- KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D. e WHITE, J. L. (ed.). *Methods of soil analysis. Part 1*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-509.
- LETEY, J. The study of soil structure: science and art. *Australian Journal of Soil Research*. 29: 699-707, 1991.
- MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da agricultura, 1961. 42 p.
- PREVEDELLO, J. Preparo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em Argissolo. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- REICHERT, J.M. et al.. Reference bulk density and critical degree-of compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil & Tillage Research*, 102: 242-254, 2009.
- REICHERT, J.M. et al. Hidrologia do solo, disponibilidade de água às plantas e zoneamento agroclimático. In: FILHO, O.K.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. (Org.). *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011, v. VII, p. 1-54.
- YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal of the American Society of Agriculture*, 28: 337-351, 1936.

TEDESCO, M.J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)
 ZINN, Y.L.; LAL, R.; RESCK, D.V.S. Eucalypt plantation effects on organic carbon and aggregation of three

different-textured soils in Brazil. Soil Research, 49: 614–624, 2011.

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

Tabela 1 – Densidade do solo (Ds), Diâmetro Médio Geométrico (DMG), Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e matéria orgânica do solo (MOS%) dos agregados na camada 0,00-0,05m, nas diferentes épocas e preparos do solo avaliados, em Santa Maria, RS.

Época	Manejo				Média
	PD	Esc	EG	ER	
Ds (Mg m⁻³)					
1	1,52aA*	1,48aA	1,43aA	1,45aA	1,47A
2	1,50aA	1,29abAB	1,26bA	1,25bB	1,33B
3	1,30aB	1,26aB	1,30aA	1,15aB	1,25C
4	1,38aAB	1,24aB	1,32aA	1,19aB	1,29BC
Média	1,43a	1,32b	1,33b	1,26b	
DMG (mm)					
1	2,2	2,6	2,5	2,5	2,5A
2	2,6	1,6	1,3	1,7	1,8A
3	2,2	2,1	1,7	2,0	2,0A
4	2,5	2,5	2,1	2,6	2,4A
Média	2,4a	2,2a	1,9a	2,2a	
DMP (mm)					
1	3,7	4,1	4,0	4,2	4,0A
2	4,2	3,4	2,8	3,2	3,4A
3	3,8	3,7	3,4	3,6	3,6A
4	4,1	4,0	3,7	4,1	4,0A
Média	4,0a	3,8a	3,5a	3,8a	
MOS (%)					
1	2,0	2,0	1,8	1,8	1,9A
2	2,0	2,0	1,8	2,3	2,1A
3	2,3	1,7	2,7	2,0	2,2A
4	2,3	2,1	2,2	2,3	2,2A
Média	2,2a	1,9a	2,2a	2,1a	

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. PD = plantio direto, Esc = escarificado, EG = escarificado mais grade niveladora; ER = enxada rotativa; Época 1: antes da aplicação dos tratamentos; épocas 2, 3 e 4: três, doze e setenta e dois meses após a instalação do experimento, respectivamente. Resultados das épocas 1, 2 e 3 foram obtidos por Prevedello (2008).

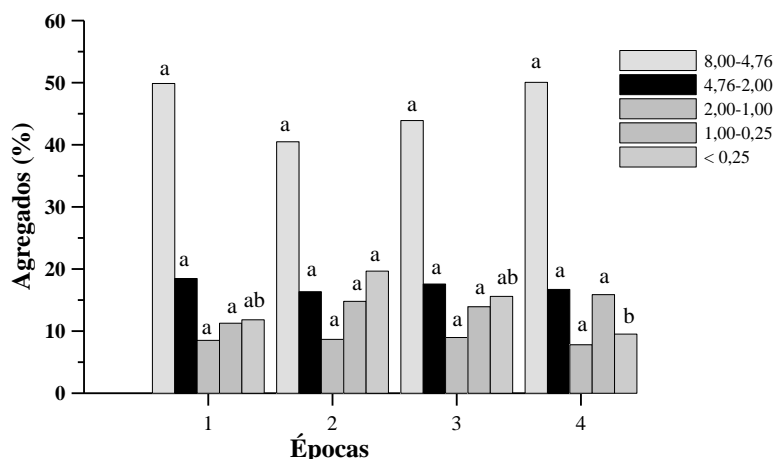


Figura 1 – Distribuição do tamanho de agregados estáveis em água em Argissolo, nas diferentes épocas de avaliação. Valores seguidos de mesma letra entre as épocas, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.