

**ALINE DE ALMEIDA VASCONCELOS**

**RESÍDUO DA COLHEITA DE EUCALIPTO E FONTES DE CÁLCIO NA  
AGREGAÇÃO DO SOLO E NA ESTABILIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Solos e Nutrição de Plantas,  
para obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

**ALINE DE ALMEIDA VASCONCELOS**

**RESÍDUO DA COLHEITA DE EUCALIPTO E FONTES DE CÁLCIO NA  
AGREGAÇÃO DO SOLO E NA ESTABILIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Solos e Nutrição de Plantas,  
para obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

APROVADA: 27 de julho de 2010

---

Prof. Genelício Crusóe Rocha  
(Coorientador)

---

Prof. Edson Márcio Mattiello

---

Prof<sup>a</sup>. Emanuelle Mercês Barros Soares

---

Dr<sup>a</sup>. Ecila Mercês de Albuquerque Villani

---

Prof. Ivo Ribeiro da Silva  
(Orientador)

**Á Deus,**

**Aos meus pais, por fazerem dos meus sonhos os deles,**

**Á minha irmã Livia,**

**Ás minhas sobrinhas Laura, Júlia e Sophia.**

**Com amor dedico.**

**“Nascer, morrer, renascer ainda e progredir sempre, tal é a lei”**

**Allan Kardec**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, inteligência suprema, causa primária de todas as coisas, pelo presente da vida e harmonia do universo.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Solos, pela oportunidade e condições oferecidas para a realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo e ao programa NUTREE pelo apoio financeiro para pesquisa.

Ao Prof. Ivo Ribeiro da Silva, pela orientação, pelo empenho na realização deste trabalho sem o qual não se realizaria, pelo exemplo profissional, e principalmente pela consideração e ensinamentos transmitidos;

À Prof<sup>a</sup>. Emanuelle, pelo apoio, orientação e dedicação na realização deste trabalho.

À Banca de defesa (Dr<sup>a</sup> Ecilla, professores Genelício, Mattiello e Emanuelle) pelas valiosas sugestões.

A todos os funcionários do DPS (Luciana, “Seu” Cardoso, Beto, Carlinhos e Claudinho) sem os quais seria impossível realizar esse trabalho. Em especial a João Milagres e Reginaldo pela amizade e ótimos momentos vividos.

Ao Eng. Florestal José Luiz Teixeira e ao Técnico Geraldo Vitor pelo apoio e bons momentos vividos.

Aos professores do DPS pelos ensinamentos nas disciplinas.

A todos colegas do DPS e em especial a Eliziane, Delmar, Juliana, Edivânia, Ricardo, Carol Brandani, Cely e Bárbara.

Aos companheiros de cerão do Laboratório de Isótopos Estáveis: Marelise, Laisa, Fernanda Caparelli, Guilherme e Luiz Fernando pela ajuda, amizade e companhia.

À família do LIE pelas horas de descontração

Aos estagiários Ricardo Rossoni, Thaís e Rogério pela dedicação, competência e amizade.

À Eulene por me apresentar novos caminhos profissionais, pela amizade e confiança no meu trabalho

Aos amigos Giulio, Mariana Procópio, Rafito e Gabriel pelas comilanças e grandes momentos vividos.

Aos meus pais Audênio e Gildete, pelo amor incondicional e à minha irmã Lívia, pelo cuidado e diversão constante.

Às minhas sobrinhas Laura, Júlia e Sophia pelo carinho e alegria.

Aos meus avós, tios e primos, pelas orações, incentivo e torcida constante. Em especial ao meu tiozinho-irmão Alan, pela amizade.

Às minhas amigas de república Gisele, Virginia, Natália, Maíra e Clarissa (Problemática), que foram uma segunda família. Em especial à minha irmã do coração Renata Silva pela cumplicidade e cuidado.

Ao Chrisinho, pela amizade e recepção em Viçosa.

Às “Amiguinhas” Renata Carsan, Marta Lorena, Eva, Graziela, Iara e Luciana, pela amizade desde infância. À Sílvia pela amizade e ensinamentos.

Ao grupo do Camilo Chaves pelos ensinamentos.

A Gleuse, anjo da guarda enviado por Deus que nos trouxe muita tranquilidade.

À Manu pela amizade sincera, pelo exemplo de dedicação, alegria sempre e pelos momentos compartilhados.

Enfim, a todas as pessoas que acreditaram em mim.

Muito Obrigada!!!

## **BIOGRAFIA**

Aline de Almeida Vasconcelos, filha de Audênio Barros de Vasconcelos e Gildete de Almeida Vasconcelos, nasceu em 05 de outubro de 1983 no município de Aracaju, Sergipe.

Em 2002, concluiu o ensino médio no Colégio de Ciências Pura e Aplicada (CCPA) em Aracaju, SE.

Graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (2003-2008).

Em agosto de 2008 ingressou no Programa de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa em julho de 2010.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	7
INTRODUÇÃO .....	11
MATERIAL E MÉTODOS .....	3
Determinação de Ca e pH .....	6
Análises físicas .....	7
Agregados do Solo.....	8
Análises Estatísticas.....	10
RESULTADOS.....	10
DISCUSSÃO .....	27
CONCLUSÕES .....	32
LITERATURA CITADA .....	33

## RESUMO

VASCONCELOS, Aline de Almeida, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2010. **Resíduo da colheita de eucalipto e fontes de cálcio na agregação do solo e na estabilização da matéria orgânica.** Orientador: Ivo Ribeiro da Silva. Coorientadores: Genelício Crusoé Rocha e Júlio César Lima Neves.

A interação de compostos orgânicos com cátions divalentes, como o cálcio (Ca), pode melhorar a agregação do solo e polimerizar as moléculas orgânicas, formando complexos organo-metálicos mais estáveis. A efetividade do Ca na agregação em solos florestais, em condições de campo, e a influência de fontes distintas de Ca na decomposição dos resíduos de eucalipto aportados e no processo de agregação e estabilização da matéria orgânica do solo (MOS) ainda são pouco conhecidas. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes fontes de Ca associadas a resíduos da colheita de eucalipto na agregação e estabilização do carbono da MOS. Para tanto, foi conduzido estudo de campo que consistiu da adição de três fontes de Ca e resíduo de eucalipto (folha, galho e casca), em duas regiões no extremo Sul da Bahia, com índices pluviométricos e teores de argila distintos. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições. Os tratamentos consistiram da ausência de suplementação de Ca e três fontes do nutriente ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{CaSiO}_4$ ) aplicadas ao solo contendo resíduos da colheita de eucalipto (folha, galho e casca), além de um tratamento adicional, sem adição de Ca e sem a manutenção do resíduo de eucalipto. Após 12 meses da instalação do experimento, foram realizadas: quantificação da matéria seca remanescente e estimativa do tempo de meia-vida ( $t_{0,05}$ ) dos resíduos de eucalipto depositados na área; determinação dos teores de Ca trocável e não trocável no solo; separação de agregados estáveis por via seca e cálculo do diâmetro médio geométrico (DMG), e nas classes de agregados mais representativas de agregado foram determinados os teores de Ca trocável, total de C orgânico, C lábil, a abundância natural do  $^{13}\text{C}$  da MOS e estabilidade dos agregados determinadas pelo método do ultra-som. Nas regiões Sul e Oeste as menores quantidades de Ca no resíduo do eucalipto foram observadas para o  $\text{CaSO}_4$  em relação ao  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaSiO}_3$ . A manutenção do



resíduo vegetal de eucalipto na área de plantio, após 12 meses, contribuiu para aumento do DMG, na camada de 0-10 cm, mas não foram observadas alterações no DMG em profundidade (10-20; 20-40 e 40-60 cm). A adição de Ca por meio das distintas fontes reduziu o DMG nas quatro profundidades, mas esse efeito foi dependente da fonte. Na região Sul, a presença de Ca aumentou a estabilidade dos agregados e o inverso foi observado para a região Oeste. A maior recuperação de C oriundo do resíduo da colheita de eucalipto, na região Sul, ocorreu na classe de agregado 2,00-1,00 mm quando aplicou-se  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{CaSiO}_3$ . Na classe 1,00- 0,25 mm não houve diferença entre os tratamentos quanto à contribuição do C do resíduo. Na região Oeste, a contribuição do C derivado do resíduo de eucalipto foi maior na classe de 2,00-1,00 mm, mas não houve diferença entre os tratamentos.

## ABSTRACT

VASCONCELOS, Aline de Almeida, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2010. **Crop residue of eucalyptus and calcium sources on soil aggregation and stabilization of organic matter.** Advisor: Ivo Ribeiro da Silva. Co-Advisors: Genelício Rocha Crusoé and Julio César Lima Neves.

The interaction of organic compounds with divalent cations such as calcium (Ca) may improve soil aggregation and polymerise the organic molecules, forming metal-organic complexes more stable. The effectiveness of Ca on the aggregation in forest soils, in field conditions, and the influence of different sources of Ca in decomposing residues of eucalyptus and in the process of aggregation and stabilization of the soil organic matter (SOM) are still poorly known. Thus, the objective was to evaluate the effect of different sources of Ca associated with harvest residues of eucalyptus in the aggregation and stabilization of carbon from the SOM. Therefore, it was conducted a field study that consisted of the addition of three sources of Ca and residue of eucalyptus (leaf, twig and bark) in two regions in the extreme south of Bahia, with pluviometric indexes and amounts of clay distincts. The experimental design was in randomized blocks with five replications. The treatments consisted of no supplemental Ca and three sources of the nutrient ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  and  $\text{CaSiO}_4$ ) applied to the soil containing crop residues of eucalyptus (leaf, twig and bark) and an additional treatment without adding Ca and without the maintenance of the residue of eucalyptus. After 12 months of the experiment it were performed: measurement of the remaining dry matter and estimation of the half-life ( $t_{0.05}$ ) time of eucalyptus residues deposited in the area; determination of exchangeable Ca and non-exchangeable Ca content in the soil; Separation of stable aggregates by dry and calculation of the geometric mean diameter (GMD). In the aggregate classes representing more aggregate levels were determined exchangeable Ca content, total organic C, labile C, the natural abundance of  $^{13}\text{C}$  from the SOM and aggregate stability obtained by the method of ultrasound. In the South and West regions the lowest amount of Ca in the residue of eucalyptus were observed for  $\text{CaSO}_4$  in relation to  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CaSiO}_3$ . The maintenance of plant residue of eucalyptus in the area of plantation after 12 months contributed to the increase of GMD, at 0-10

cm, but no changes were found in the GMD in depth (10-20, 20-40 and 40 - 60 cm). The addition of Ca through different sources reduced the GMD in the four depths, but this effect was dependent on the source. In the South, the presence of Ca increased the stability of aggregates and the reverse was observed for the western region. The best recovery of C derived from crop residue of eucalyptus in the South, occurred on the aggregate class of 2.00 to 1.00 mm when it was applied  $\text{CaSO}_4$  and  $\text{CaSiO}_3$ . In class 1.00 to 0.25 mm there was no difference among treatments regarding the contribution of the C from the residue. In the western region, the contribution of C derived from the eucalyptus residue was greater in the class of 2.00 to 1.00 mm, but no difference was observed among the treatments

## INTRODUÇÃO

O eucalipto é a essência florestal mais plantada pelo setor florestal brasileiro, ocupando cerca de 4.258.704 hectares, com taxa de crescimento anual na área plantada em 7,3 % (ABRAF, 2009). É crescente a preocupação pela adoção de técnicas que possibilitem maior produtividade das florestas em menor espaço de tempo. Por outro lado, a sustentabilidade e, conseqüentemente, a manutenção da produtividade das florestas plantadas depende do sistema e da intensidade de manejo a elas aplicadas (Barros & Comerford, 2002).

Um importante indicador de sustentabilidade desses ecossistemas é a matéria orgânica do solo (MOS), pois ela participa de diversos processos no solo, entre eles, a formação e estabilização de agregados. De maneira recíproca, os agregados são importantes por proteger a MOS (Tisdall & Oades, 1982), além de influenciar a comunidade microbiana (Hattori, 1988), limitar a difusão de oxigênio (Sexstone et al., 1985; Xu & Nieber, 1992; Six et al., 2002), regular o fluxo de água (Prove et al., 1990), e influenciar na adsorção e dessorção de nutrientes (Linguist et al., 1997; Wang et al., 2001). Tem sido proposta a teoria de formação hierárquica de agregados, em que microagregados dentro de macroagregados contribuem mais para a proteção física e conseqüente estabilização da MOS (Tisdall & Oades, 1982; Oades, 1993; Tisdall, 1994; Six et al., 2004).

Um fator que pode contribuir para a estabilização e aumento da MOS é a interação de compostos orgânicos com cátions divalentes, especialmente o Ca, o qual melhora a agregação do solo e polimeriza as moléculas orgânicas, formando complexos organo-metálicos mais estáveis (Munner & Oades, 1989a, b). Munner e Oades (1989a) observaram que a decomposição da  $^{14}\text{C}$  glucose quando incubada ao solo com fontes de Ca foi reduzida em 4 % na presença de  $\text{CaCO}_3$  e 14 % na presença de  $\text{CaSO}_4$ .

Sutton & Sposito (2006) simularam a interação de molécula húmica protonada e saturada com Ca com uma Ca-montmorilonita para compreender o mecanismo da estabilização da MOS e observaram formação de pontes de ligação do cátion com o complexo organo-mineral, assim como pontes de H mediadas

pelas moléculas de água. A participação de cátions era mais efetiva na formação e estabilização dos agregados quando ao solo foram aportados resíduos orgânicos ou quando o solo apresentava alto teor de C (Muneer & Oades, 1989a ,b). Assim, o teor de C total do solo frequentemente correlaciona-se com os índices de estabilidade do agregado (Castro Filho et al., 1998; Dufranc et al., 2004; Wendling et al., 2005; Fontenele et al., 2009; Barreto et al., 2009). Além disso, a diversidade dos compostos orgânicos tem influência na estabilidade do agregado. A estrutura do solo nos trópicos é influenciada pelas substâncias húmicas (SHs), componentes extraíveis de solventes polares e não polares, polissacarídeos, dímeros de lignina, esteróis, lipídios entre outros (Feller & Beare, 1997).

Existem diversos trabalhos que relatam os impactos na quantidade e na qualidade da MOS pela substituição de pastagens pelo cultivo de eucalipto. O cultivo de eucalipto em áreas anteriormente ocupadas por pastagem degradadas é uma boa opção para o aumento no estoque de C nas frações da MOS (Lima et al., 2006; Silva, 2008). Nos solos cultivados com eucalipto há maior contribuição direta de componentes de origem vegetal para a matéria orgânica que aqueles de origem microbiana em comparação aos solos de pastagem (Pegoraro, 2007).

Mais recentemente, trabalhos realizados por Soares (2009) apontam para aumento na contribuição de compostos alifáticos de natureza lipídica na estrutura de ácidos húmicos em áreas cultivadas com eucalipto, contribuindo para uma MOS com característica mais hidrofóbica.

Embora muitos estudos tenham avaliado o efeito do manejo na MOS na agregação de solos sob culturas anuais, poucos têm avaliado a importância dos resíduos na agregação do solo e na estabilização da MOS em solos florestais. Adicionalmente, ainda não é conhecida a efetividade do Ca na melhoria da estrutura do solo em solos florestais sob condições de campo, assim como a influência de fontes distintas de Ca na decomposição dos resíduos de eucalipto aportados no processo de agregação e preservação da MOS. Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar o efeito da manutenção dos resíduos da colheita e fontes distintas de Ca na estabilização do C derivado dos resíduos de eucalipto e na agregação do solo de dois solos representativos da região Extremo Sul da Bahia.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido em condições de campo em dois plantios comerciais clonais de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*), localizados na região de Eunápolis, Extremo Sul da Bahia. Os povoamentos localizam-se em duas micro-regiões distintas: um na região denominada Sul, cerca de 15 km do litoral (pluviosidade média anual de 1600 mm e 18 dag kg<sup>-1</sup> de argila) e outro na região Oeste, cerca de 70 km do litoral (pluviosidade média anual de 1200 mm e 24 dag kg<sup>-1</sup> de argila). Ambos os povoamentos estavam no final da primeira rotação, foram implantados em área anteriormente sob pastagem de *Braquiária humidicola*, e reformados por ocasião da instalação do experimento. Em ambos os sítios o solo foi classificado como Argissolo Amarelo. As frações granulométricas e a classe textural dos solos nas diferentes regiões são apresentadas no quadro 1. Por ocasião da colheita, o povoamento da região Sul estava com sete anos, e o da região Oeste, com nove anos.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições. Os tratamentos consistiram da ausência de suplementação de cálcio (Ca) e três fontes do nutriente (CaCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub> e CaSiO<sub>4</sub>) aplicadas sobre os resíduos da colheita de eucalipto (folha, galho e casca), além de um tratamento adicional sem adição de Ca e sem a manutenção do resíduo de eucalipto. As doses de Ca foram ajustadas para as diferentes fontes de modo a serem aplicados 800 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, com base na dose de 2 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>, suficiente para a produtividade de 60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A quantidade de matéria seca de resíduo com folha, galho e casca (253, 686 e 1296 g, respectivamente) utilizada por unidade experimental foi estimada com base no programa NUTREECALC para a região do experimento.

**Quadro 1.** Frações granulométricas e classe textural de diferentes camadas de solos da região Sul e Oeste utilizados no presente estudo

Profundidade cm	Fração Granulométrica				Classe Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
dag kg <sup>-1</sup>					
Região Sul					
0-10	70	12	0	18	Franco- Arenosa
10-20	70	13	1	16	Franco-Arenosa
20-40	64	1	1	24	Franco-Argilo-Arenosa
40-60	43	16	3	39	Franco-Arenosa
Região Oeste					
0-10	58	16	2	24	Franco-Argilo-Arenosa
10-20	56	18	0	26	Franco-Argilo-Arenosa
20-40	47	16	3	34	Franco-Argilo-Arenosa
40-60	41	16	1	42	Argilo-Arenosa

Após a reforma e novo plantio da área, os resíduos foram colocados na superfície do solo das unidades experimentais, que consistiram de microparcelas de 1x1 m demarcadas com placas metálicas e cobertas com sombrite (malha de 4 mm) para evitar a interferência da deposição de materiais oriundos das árvores do novo povoamento recém implantado (Figura 1). Os resíduos pré-existentes na área da microparcela foram removidos manualmente, com cuidado para evitar distúrbios no solo, antes da imposição dos tratamentos. As fontes de Ca foram aplicadas na superfície dos resíduos, logo após sua acomodação nas microparcelas.



**Figura 1.** Aspecto visual das microparcelas com cobertura de sombrite na qual foram aplicados os tratamentos, seis meses após a instalação do experimento.

Amostras de solo compostas formada de 20 amostras simples das camadas de 0-10, 10-20, 20-40 cm de profundidade foram retiradas nas microparcelas no início do experimento, logo após a aplicação dos tratamentos, para análises químicas e físicas. As características químicas do solo são apresentada no quadro 2. Aos 0, 3, 6, 12 meses após a instalação do experimento foi removida a cobertura de sombrite das microparcelas, coletado o resíduo remanescente manualmente e, então, amostras de solo compostas (cinco subamostras por microparcela) foram coletadas com trado tipo sonda nas mesmas profundidades mencionadas anteriormente.

**Quadro 2.** Caracterização química do solo, logo após a aplicação dos tratamentos

Profundidade	pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al
cm	-----H <sub>2</sub> O-----	----mg dm <sup>-3</sup> ----		-----cmo <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
Região Sul							
0-10	4,58	5,5	40	1,11	0,49	0,4	5,8
10-20	4,73	3,9	44	0,98	0,36	0,4	4,9
20-40	4,98	1,4	25	0,74	0,26	0,4	4,1
40-60	4,86	0,7	39	0,71	0,24	0,5	4,1
Região Oeste							
0-10	4,47	3,9	39	0,98	0,42	0,5	4,6
10-20	4,55	3,9	29	1,08	0,41	0,4	3,8
20-40	4,42	1,2	35	1,27	0,37	0,3	3,3
40-60	4,69	0,7	23	1,08	0,29	0,5	2,8
Profundidade	SB	(t)	(T)	V	m	P - rem	
cm	----- cmo <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----%-----		mg/L	
Região Sul							
0-10	1,7	2,10	7,50	22,7	19,0	39,6	
10-20	1,45	1,85	6,35	22,8	21,6	40,3	
20-40	1,06	1,46	5,16	20,5	27,4	36,9	
40-60	1,05	1,55	5,15	20,4	32,3	26,5	
Região Oeste							
0-10	1,50	2,00	6,10	24,6	25,0	46,7	
10-20	1,56	1,96	5,36	29,1	20,4	50,0	
20-40	1,73	2,03	5,03	34,4	14,8	46,2	
40-60	1,43	1,93	4,23	33,8	25,9	42,3	



Os resíduos de eucalipto remanescentes nas microparcelas, em cada época de coleta (0, 3, 6 e 12 meses), foram secados em estufas por cinco dias, a 72 °C, e depois pesados e moídos em moinho tipo Wiley. Calculou-se, então, a matéria seca remanescente (MSREM) para cada tratamento e época de amostragem:

$$\text{MSREM (\%)} = \text{MS} \times 100 / \text{MSI}$$

em que:

MSREM = matéria seca remanescente, em %; MS = matéria seca final do resíduo, em g; e MSI = matéria seca inicial do resíduo, em g.

Equações exponenciais ( $X = X_0 e^{-kt}$ ) foram ajustadas aos dados obtidos, de modo a descrever o fenômeno de decomposição dos resíduos.

em que:

X = quantidade de matéria seca após um período de tempo t, em dias;  $X_0$  = matéria seca ou nutriente inicial; e k = constante de decomposição. Reorganizando os termos dessa equação, foi possível calcular a constante de decomposição, ou valor k:  $k = \ln(X / X_0) / t$ .

A partir das equações ajustadas calculou-se o  $t_{0,5}$  (tempo, em dias, para que ocorra redução de 50 % na matéria seca inicial dos resíduos). Ainda que a maioria dos tratamentos não tenha atingido o valor de MS equivalente a 50 % da MSI, o cálculo do  $t_{0,5}$  teve como objetivo gerar informação comparativa entre as diferentes regiões em estudo.

Subamostras das amostras de resíduo moídas foram digeridas com mistura de ácido nítrico e perclórico (4:1, v/v) e o Ca determinado por espectrofotometria de absorção atômica. Com base nesses resultados foram estimadas as quantidades de Ca nos resíduos 12 meses após do início do experimento.

#### ***Determinação de Ca e pH***

O teor de Ca trocável do solo foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica (Defelipo & Ribeiro, 1997). Para determinação dos teores de Ca total do solo foi utilizado o método proposto por Rajj et al. (1982), com modificações: amostras de solo e extrator HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>, na proporção de 1:10 (v/v), foram aquecidas por 5 min após atingir fervura. Após passagem em filtro lento, a concentração de Ca no extrato foi determinada por espectrofotometria de

absorção atômica. O teor de Ca não trocável (referente ao Ca residual, oriundo da fonte de Ca que não foi solubilizada após um ano) foi obtido pela diferença entre o Ca total e o Ca trocável.

A determinação do pH do solo foi feita em solução solo:água (1:2,5) utilizando-se potenciômetro.

### *Análises físicas*

Amostras do solo, após a implantação do experimento, foram coletadas para a análise textural (Ruiz, 2005).

As amostras compostas de solo coletadas nas diferentes profundidades foram submetidas à separação de agregados visando avaliar o efeito dos tratamentos na agregação do solo e na estabilização do C derivado do resíduo de eucalipto no solo. A separação dos agregados por classes de tamanho foi feita por via seca visando minimizar eventual redistribuição do Ca das fontes aplicadas que poderia ocorrer durante a separação por via úmida. Amostras de solo foram inicialmente passadas através de peneiras de 8,0 e 4,0 mm para homogeneização. Em seguida, foram pesados 150 g de solo para separação em classes de agregados estáveis nos tamanhos 4,0-2,0; 2,0-1,0; 1,0-0,250; 0,250- 0,053 mm em agitador mecânico de peneiras, com intensidade de vibração mecânica constante por 5 min. Os agregados retidos em cada peneira foram pesados e uma subamostra foi retirada para determinação da umidade residual e posterior correção dos resultados para terra fina seca em estufa (TFSE). Os resultados foram expressos em distribuição relativa de cada classe de agregado. Foi estimado o diâmetro médio geométrico (DMG) de agregados usando as equações sugeridas por Kemper & Chepil (1965).

A estabilidade das classes de agregados mais representativas (2,0- 1,0 mm e 1,0-0,250 mm, por separação via seca) foi avaliada posteriormente, por via úmida, usando a técnica de ultra-sonificação. As sonificações foram feitas utilizando-se aparelho de ultra-som (Branson Sonifier 450) operando a 20 kHz no estágio 4, o que forneceu potência nominal de 40 W, e correspondeu à potência real de 35,57 W, calculada a partir do procedimento padrão, baseados em técnicas calorimétricas (Sá et al., 2001). Para cada tempo de sonificação, 2,0 g de solos da classe de agregado foram pesados, pré-umedecidos lentamente por capilaridade e colocados em béquer com água destilada na proporção 1:40. Cada nível de energia

aplicada na amostra,  $E_a$  ( $J mL^{-1}$ ), é proporcional ao tempo de sonificação e inversamente proporcional ao volume de água destilada durante o procedimento (Quadro 3):

$$E_a = (P_c \cdot t / V)$$

em que:  $P_c$  é a força calculada (W);  $t$  é o tempo de sonificação (s), e  $V$  é o volume da suspensão (mL).

Após a sonificação, o conteúdo foi passado em peneira de 0,053 mm e as duas frações (maior que 0,053 mm, ou seja, estável naquele nível de energia, e menor que 0,053 mm, silte + argila) foram coletadas separadamente em recipientes pré-identificados e pré-tarados, levados à estufa com temperatura de 60 °C, por quatro dias, e então pesadas. Uma subamostra foi retirada para determinação da umidade residual e correção dos resultados para terra fina seca em estufa (TFSE).

Em cada região, dentro de classe de agregado, o tratamento que apresentou a maior quantidade de silte + argila em solução foi tomado como base para calcular a energia crítica, definida como 100 %.

**Quadro 3.** Energia aplicada em função do tempo de sonificação das amostras de solo

Tempo de sonificação (s)	Energia aplicada (J)
0	0
15	7
30	13
60	27
90	40
120	53
180	80
240	107
300	133

#### *Agregados do Solo*

Nas classes de agregados de 2,00-1,00 e 1,00-0,25 mm foram determinados também os teores de Ca trocável descrito anteriormente. Os teores de C e a abundância natural do  $^{13}C$  ( $\delta^{13}C$ ) na MOS de subamostras dos agregados de solo, maceradas e passadas em peneira de 0,149 mm, foram determinados em espectrômetro de massa de razão isotópica (EMRI) de fluxo contínuo (ANCA GSL 20-20, Sercon, Crewe, UK). A  $\delta^{13}C$  (‰) foi calculada em relação ao padrão

internacional Pee Dee Belemnite (PDB):  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  amostra -  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  padrão)/( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  padrão) x 1000.

A estimativa da fração do C nas duas classes de agregados do solo que era derivada do resíduo de eucalipto (%  $C_{\text{de res}}$ ) por meio da variação na abundância natural do  $^{13}\text{C}$  feita da seguinte forma:

$$C_{\text{de res}} = (\delta^{13}\text{C}_{\text{tratamento}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{controle}}) / (-26,9 - \delta^{13}\text{C}_{\text{controle}}) \times 100$$

em que:

$\delta^{13}\text{C}_{\text{tratamento}}$  = abundância natural do  $^{13}\text{C}$  do solo + resíduos de eucalipto;

$\delta^{13}\text{C}_{\text{controle}}$  = abundância natural do  $^{13}\text{C}$  do solo do tratamento controle, sem aplicação de resíduos de eucalipto;

-26,9 = abundância natural do  $^{13}\text{C}$  do resíduo de eucalipto utilizado nos tratamentos

A taxa de recuperação do C dos resíduos da colheita de eucalipto para o C total do solo das duas classes de agregado foi estimada pela equação:

$$\% C_{\text{res}} = (\text{conteúdo de C do solo}) \times \% C_{\text{de res}} / \text{input de } C_{\text{res}}$$

em que,

conteúdo de C do solo = conteúdo de C em cada classe de agregado, em g;

input de  $C_{\text{res}}$  = C adicionado como resíduo de eucalipto, em g;

$\% C_{\text{de res}}$  = proporção do C nas classes de agregado derivado dos resíduos de eucalipto.

Ainda nas mesmas classes de agregados foi avaliado o teor de C lábil (CL) (Blair et. al., 1995), com modificações sugeridas por Shang & Tiessen (1997). Pesou-se 1 g de solo previamente macerado e passado em peneira de 0,250 mm em tubos de centrífuga de 50 mL, adicionaram-se 25 mL de permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) na concentração de 0,033 mol  $\text{L}^{-1}$ , e agitou-se por uma hora em agitador vertical, a 170 rpm. Posteriormente, centrifugou-se por 5 min a 500 x g, e uma alíquota de 100  $\mu\text{L}$  do sobrenadante foi retirada e diluída em 10 mL de água destilada. A solução diluída foi lida em espectrofotômetro no comprimento de onda de 565 nm. Todas essas etapas foram realizadas em ambiente controlado com temperatura de 25 °C e protegido da luz.

### *Análises Estatísticas*

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando-se o software SAEG 9.1 (FUNARBE, 2007). Testes de comparação de médias (Duncan), análises de regressão e teste de identidade de modelos (Leite & Oliveira, 2002) foram conduzidos de acordo com as variáveis em análise. Detalhes adicionais são fornecidos junto à legenda dos quadros e figuras.

## RESULTADOS

### *Resíduos*

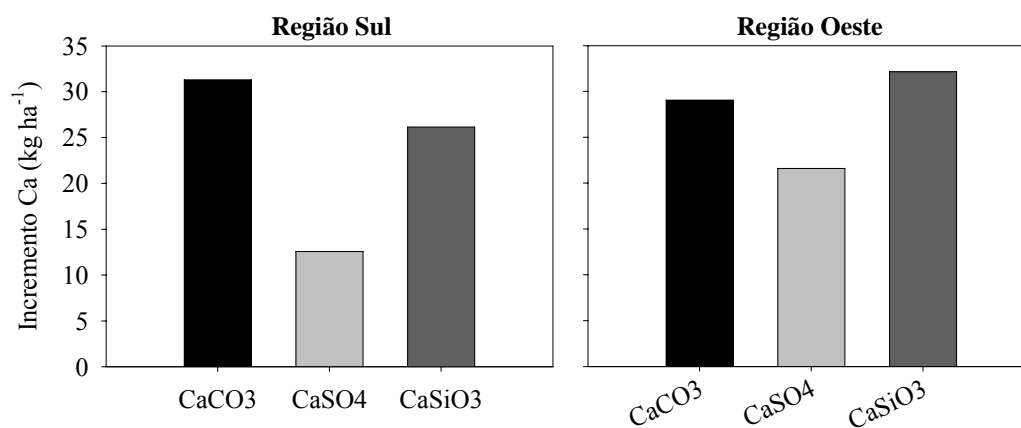
A taxa de decomposição dos resíduos foi maior na região Sul do que daqueles da região Oeste. Em média, após 12 meses da deposição do resíduo de eucalipto e aplicação das distintas fontes de Ca, o tempo médio para que metade do resíduo fosse decomposto ( $t_{0,5}$ ) dos resíduos na região Sul foi menor para os componentes folha e casca (Quadro 4). Foi observada diferença de 139 dias no  $t_{0,5}$  do componente casca entre as regiões Sul e Oeste. É nesse componente que se observa as maiores diferenças médias de tratamento no  $t_{0,5}$ .

**Quadro 4.** Estimativas dos parâmetros da equação  $X = X_0 e^{-kt}$  (decomposição e  $t_{0,5}$ : tempo, em dia) ajustada aos dados de matéria seca relativa remanescente (%) dos resíduos da colheita de eucalipto, referentes aos tratamentos em estudo, após 365 dias de decomposição

Componente	Região Sul	Região Oeste
	$t_{0,5}$ (d)	$t_{0,5}$ (d)
Folha	198	204
Casca	391	530
Galho	400	370

Um ano após a aplicação das fontes de Ca sobre os resíduos da colheita de eucalipto a maior parte do nutriente já havia sido transferida para o solo. No entanto, a adição das diferentes fontes de Ca resultou em quantidades distintas de Ca nos resíduos da colheita após 12 meses da sua deposição na área (Figura 2). Os resíduos estocaram 215 e 232 kg ha<sup>-1</sup> de Ca na região Oeste e Sul, respectivamente. Entre as fontes de Ca utilizadas, a área onde se aplicou CaSO<sub>4</sub> mais resíduo foi a que apresentou o menor estoque de Ca nos resíduos, 228 kg ha<sup>-1</sup> na região Sul, e 254 kg ha<sup>-1</sup> na região Oeste. A diferença entre os estoques de Ca

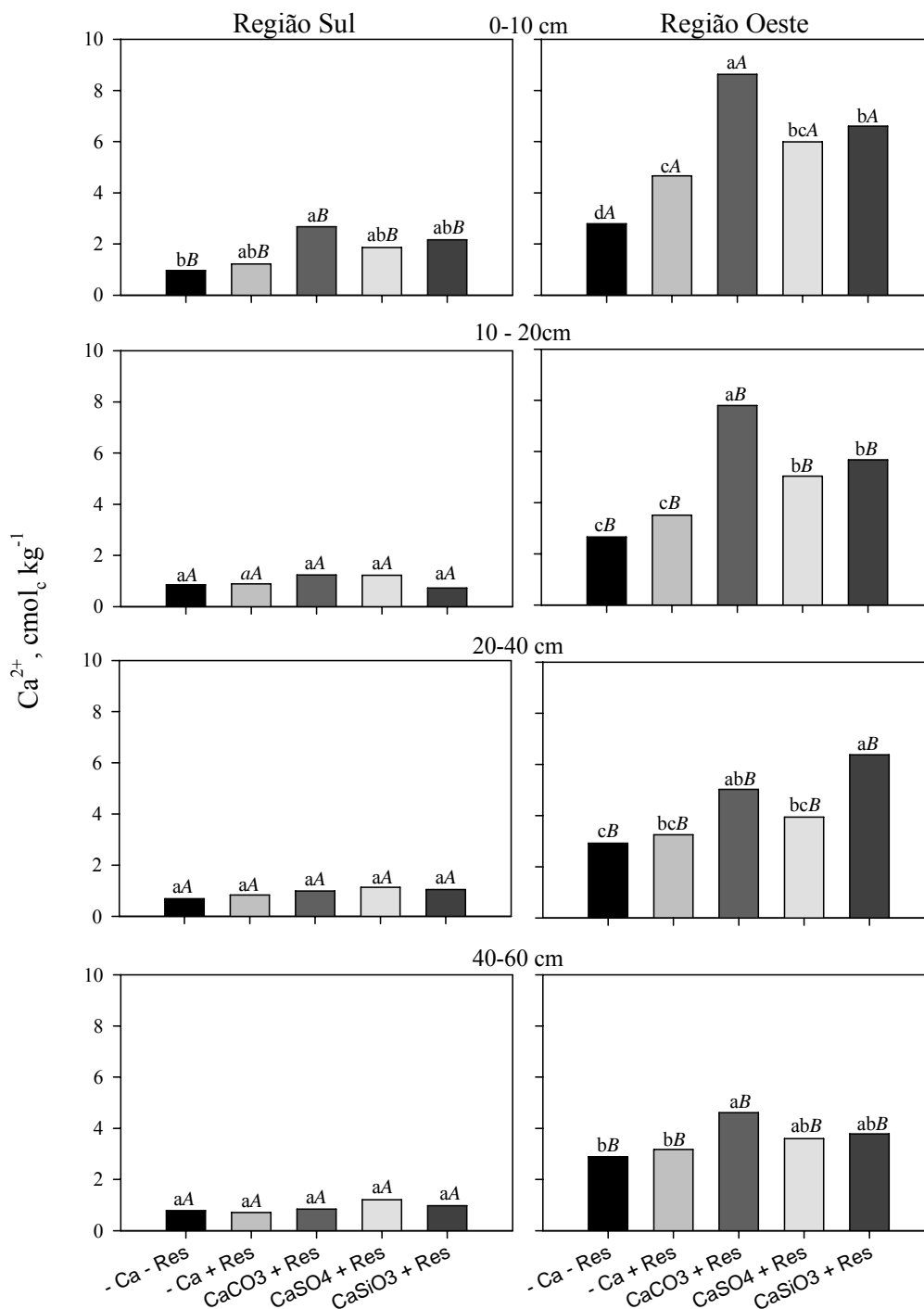
nas áreas que receberam  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaSiO}_3$  com manutenção dos resíduos e a área que recebeu somente os resíduos, geralmente foi pequena e menor que  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  (dos  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  aplicados). As menores quantidades foram observadas para o  $\text{CaSO}_4$  com resíduo em relação ao  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaSiO}_3$  com manutenção de resíduos, estes últimos de menor solubilidade em relação ao primeiro.



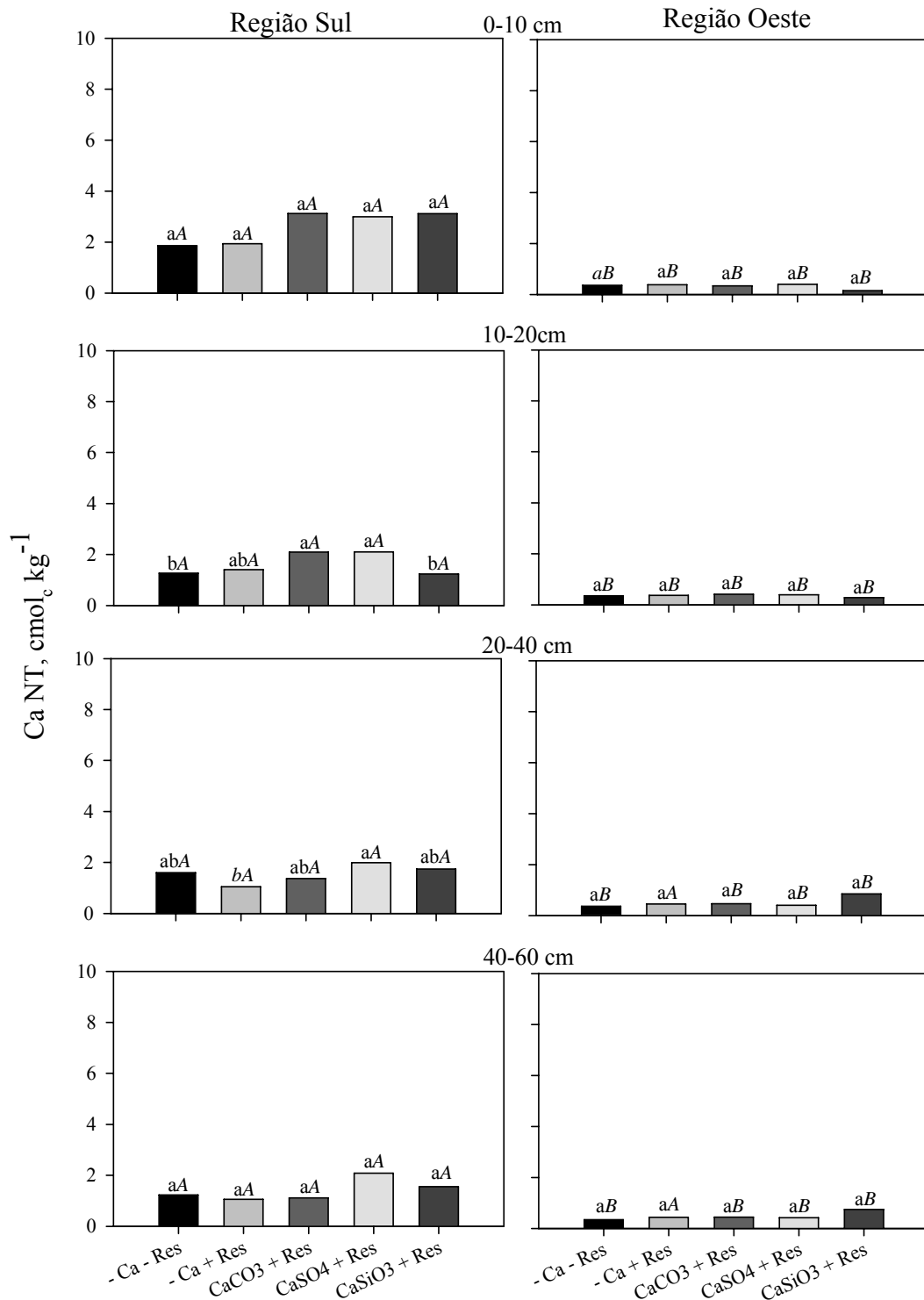
**Figura 2.** Diferença nos estoques de cálcio no resíduo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) entre as áreas que receberam aplicação de cálcio na forma de carbonato, sulfato e silicato em comparação a área que recebeu apenas resíduo nas microrregiões Sul e Oeste de Eunápolis-BA, 12 meses após o início do experimento.

### *Solo*

Os teores de Ca no solo aumentaram na camada superficial (0-10 cm) com a adição de resíduos e de Ca via diferentes fontes. Contudo, não se observou distinção entre as fontes em aumentar o teor de Ca trocável no solo na região Sul (Figura 3). Na região Oeste houve efeito da fonte de Ca, com os maiores teores no solo observado quando da adição de  $\text{CaCO}_3$ . Não foram observadas diferenças entre as fontes para o Ca não trocável (Figura 4). O teor de Ca não trocável, quando se adiciona fontes do nutriente, é incrementado em profundidade, mas o mesmo não é observado para o Ca trocável até a profundidade avaliada de 60 cm.



**Figura 3.** Teores de Ca trocável (Ca T) em profundidade em solos das regiões Sul e Oeste, sob influência do resíduo de eucalipto e fontes de Ca, aos 12 meses após o início do experimento. Letras minúsculas dentro de cada camada comparam tratamentos na mesma região (Duncan;  $p < 0,05$ ) e as letras maiúsculas, em itálico, comparam os tratamentos entre regiões (F;  $p < 0,05$ ).



**Figura 04.** Teores de Ca não trocável (Ca NT) em profundidade em solos da região Sul e Oeste sob influência do resíduo de eucalipto e fontes de Ca, aos 12 meses após o início do experimento. Letras minúsculas comparam tratamentos na mesma região (Duncan;  $p < 0,05$ ) e as letras maiúsculas, em *itálico*, comparam os tratamentos entre regiões (F;  $p < 0,05$ ).



A adição de fontes de reação alcalina como  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaSiO}_3$  resultaram na elevação do pH até a profundidade de 40 cm do solo na região Sul, sendo que na região Oeste, estes efeitos foram observados até 60 cm (Quadro 5). Quanto ao  $\text{CaSO}_4$ , observou-se menores valores de pH em relação ao solo sem resíduo e às demais fontes de Ca, principalmente na região Oeste.

**Quadro 5.** Valores de pH do solo, medidos em diferentes camadas no perfil, após 12 meses, sob influência da combinação de resíduo da colheita de eucalipto e fontes de Ca nas regiões Sul e Oeste.

Tratamentos	Região Sul				Região Oeste			
	0-10 cm	10-20cm	20-40cm	40-60cm	0-10 cm	10-20cm	20-40cm	40-60cm
-Ca - Res	4,8 <sup>b</sup>	4,87 <sup>b</sup>	5,24 <sup>ab</sup>	5,20 <sup>a</sup>	4,85 <sup>b</sup>	4,91 <sup>cd</sup>	5,08 <sup>bc</sup>	5,16 <sup>bc</sup>
-Ca + Res	4,98 <sup>b</sup>	5,01 <sup>a</sup>	5,30 <sup>ab</sup>	5,19 <sup>a</sup>	5,05 <sup>b</sup>	5,04 <sup>c</sup>	5,10 <sup>bc</sup>	5,19 <sup>bc</sup>
$\text{CaCO}_3$ + Res	5,41 <sup>a</sup>	5,44 <sup>a</sup>	5,57 <sup>a</sup>	5,47 <sup>a</sup>	6,12 <sup>a</sup>	6,13 <sup>a</sup>	5,96 <sup>a</sup>	5,87 <sup>a</sup>
$\text{CaSO}_4$ + Res	4,70 <sup>b</sup>	4,73 <sup>b</sup>	4,92 <sup>b</sup>	4,99 <sup>a</sup>	4,47 <sup>c</sup>	4,54 <sup>d</sup>	4,73 <sup>c</sup>	4,75 <sup>c</sup>
$\text{CaSiO}_3$ +Res	5,36 <sup>a</sup>	5,36 <sup>a</sup>	5,43 <sup>ab</sup>	5,41 <sup>a</sup>	5,87 <sup>a</sup>	5,68 <sup>b</sup>	5,59 <sup>ab</sup>	5,53 <sup>ab</sup>

Médias seguidas por letras iguais dentro da mesma camada de solo e região não diferem pelo teste de Duncan a 5 %.

Verificou-se, nas duas regiões, aumento no teor de C do solo (0-10 cm) com a manutenção apenas dos resíduos (Quadro 6), com os maiores teores observados na região Oeste. Quando se adicionou  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaSiO}_3$  ocorreu diminuição do C na região Sul, e na região Oeste todas as fontes reduziram o teor de C no solo. Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  mais negativos apontam para maior contribuição do eucalipto na região Oeste em comparação a região Sul. Os valores menos negativos do  $\delta^{13}\text{C}$  (menor contribuição de C derivado dos resíduos de eucalipto) foram observados para o solo que recebeu aplicação de  $\text{CaSiO}_3$ , onde também se observou os menores teores de C (Quadro 6).

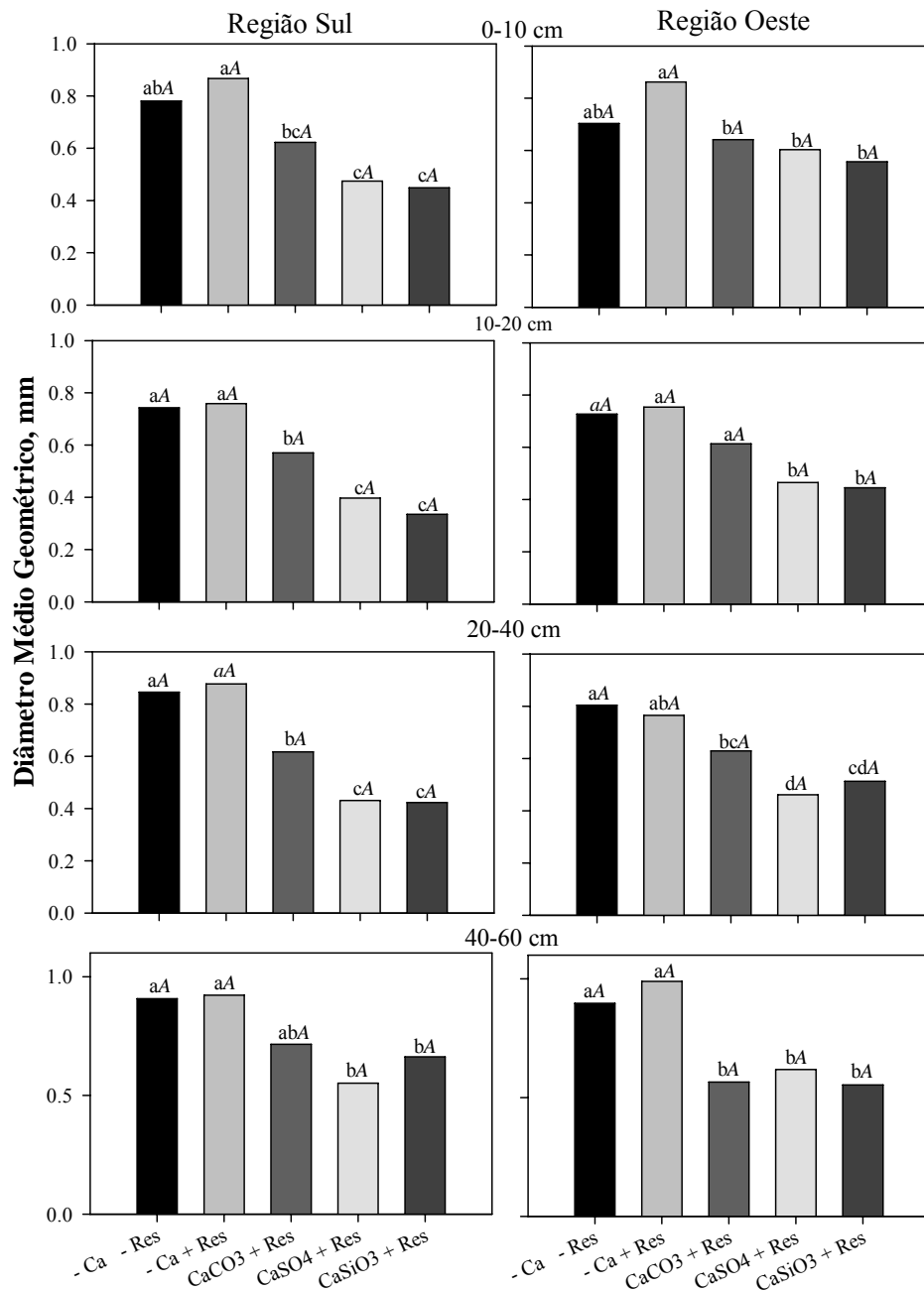
**Quadro 6.** Teores totais de C orgânico e a abundância natural do  $^{13}\text{C}$  ( $\delta^{13}\text{C}$ ) na camada de 0-10 cm do solo após 12 meses, sob influência da combinação de resíduo da colheita de eucalipto e fontes de Ca nas regiões Sul e Oeste

Tratamentos	Região Sul	
	C (g kg <sup>-1</sup> )	$\delta^{13}\text{C}$ V-PDB, ‰
-Ca - Res	17,3	-18,4
-Ca + Res	18,6	-17,7
CaCO <sub>3</sub> + Res	16,4	-18,8
CaSO <sub>4</sub> + Res	22,5	-18,3
CaSiO <sub>3</sub> + Res	13,3	-16,9
Região Oeste		
-Ca - Res	14,0	-23,2
-Ca + Res	25,0	-23,0
CaCO <sub>3</sub> + Res	20,3	-22,7
CaSO <sub>4</sub> + Res	19,3	-20,2
CaSiO <sub>3</sub> + Res	15,1	-18,9

#### *Agregados do solo*

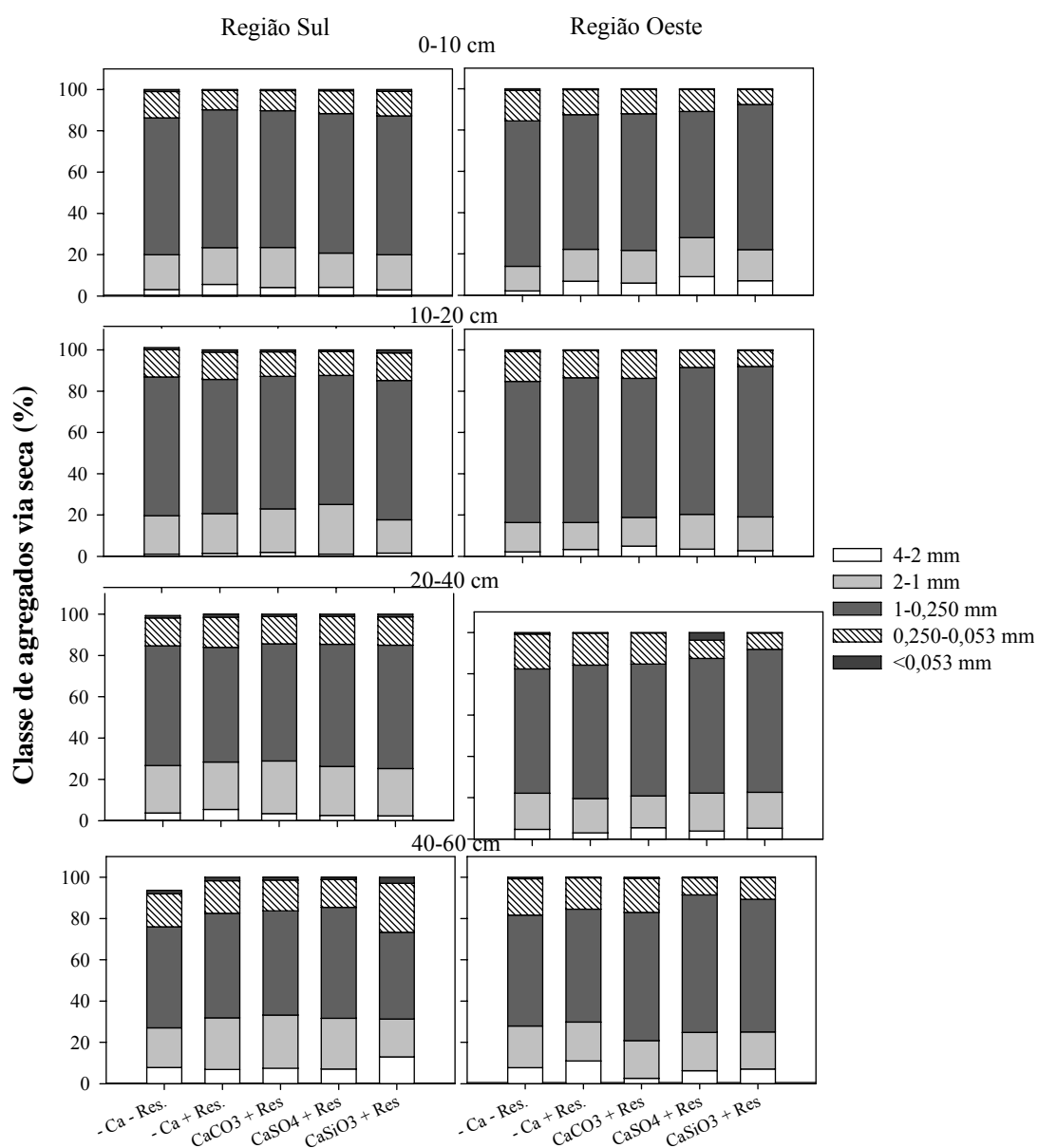
A manutenção do resíduo vegetal de eucalipto na área de plantio após 12 meses contribuiu para aumento de 10 % do diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG) na camada de 0-10 cm na região mais arenosa (Sul), e de 20 % na região menos arenosa (Oeste), em relação ao tratamento sem resíduo (e sem aplicação de Ca) (Figura 5). A presença do resíduo em superfície não provocou alterações no DMG nas camadas mais profundas no perfil dos solos (10-20; 20-40 e 40-60 cm) (Figura 5).

A adição de Ca por meio das distintas fontes reduziu o DMG em todas as quatro camadas estudadas, quando comparadas ao tratamento sem suplementação de Ca e em que havia sido adicionado somente resíduo. As reduções foram de aproximadamente 40 e 30 % na camada de 0-10 cm; 42 e 33 % na camada de 10-20 cm; 44 e 33 % na camada 20-40 cm e 30 e 41 % na camada de solo 40-60 cm das regiões Sul e Oeste, respectivamente. Os agregados do solo que receberam CaCO<sub>3</sub> foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) que aqueles dos solos que receberam CaSO<sub>4</sub> e CaSiO<sub>3</sub>, em todas as camadas, com exceção somente das camadas 0-10 e 40-60 cm da região Oeste (Figura 5).



**Figura 5.** Diâmetro Médio Geométrico de agregados de solos das regiões Sul e Oeste, em diferentes profundidades, influenciado pelos tratamentos: CaCO<sub>3</sub> + Res; CaSO<sub>4</sub> + Res; CaSiO<sub>3</sub> + Res; -Ca + Res e -Ca - Res. Letras minúsculas comparam tratamentos na mesma região (Duncan; p < 0,05) e as letras maiúsculas, em itálico, comparam os tratamentos entre regiões (F; p < 0,05).

As duas regiões apresentaram semelhança na distribuição de agregados nas diferentes classes. As classes 2,0-1,0 e 1,0-0,25 mm foram as mais abundantes, contribuindo com e 16,5 e 66,8 %, respectivamente, da massa total de agregados (Figura 6). No entanto, essas classes apresentaram comportamentos diferenciados quanto à estabilidade, a qual variou em função dos tratamentos (Figura 7).



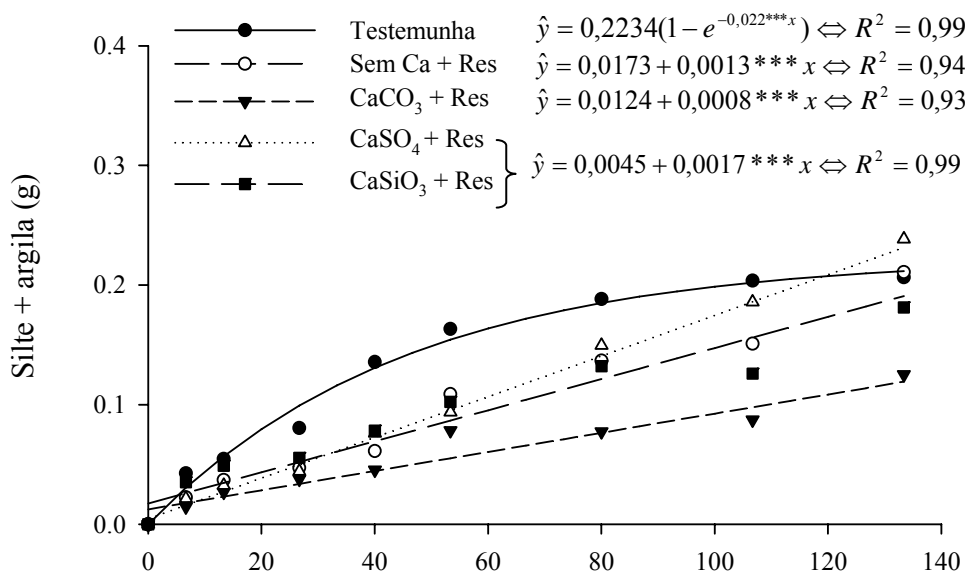
**Figura 6.** Distribuição relativa de agregados de diferentes classes de tamanho em camadas de solo das regiões Sul e Oeste, sob influência do resíduo de eucalipto e fontes de Ca, aos 12 meses após o início do experimento.

A classe de agregados de 2,00-1,00 mm do solo da região Sul (classe textural franco-arenosa) foi mais estável quando se aplicou o  $\text{CaCO}_3$  como fonte de Ca (com manutenção do resíduo), seguido do tratamento sem fonte adicional de Ca, mas com a manutenção do resíduo (Figura 7a). A estabilidade dos agregados dessa classe não diferiu entre os tratamentos com as fontes  $\text{CaSiO}_3$  e  $\text{CaSO}_4$ , mesmo em se tratando de produtos que apresentam comportamento distinto no solo, uma vez que  $\text{CaSiO}_3$  aumenta o pH e  $\text{CaSO}_4$  não. O tratamento sem fonte de Ca e sem resíduo (testemunha) foi o que proporcionou menor estabilidade desses agregados (Figura 7a). Na classe de agregado de 1,00-0,25 mm, os tratamentos  $\text{CaCO}_3$ , com resíduo, sem Ca com resíduo, e sem Ca e sem resíduos proporcionaram maior estabilidade dos agregados e não diferiram entre si. A menor estabilidade dos agregados nessa classe ocorreu quando o solo recebeu aplicação de  $\text{CaSiO}_3$  (Figura 7b).

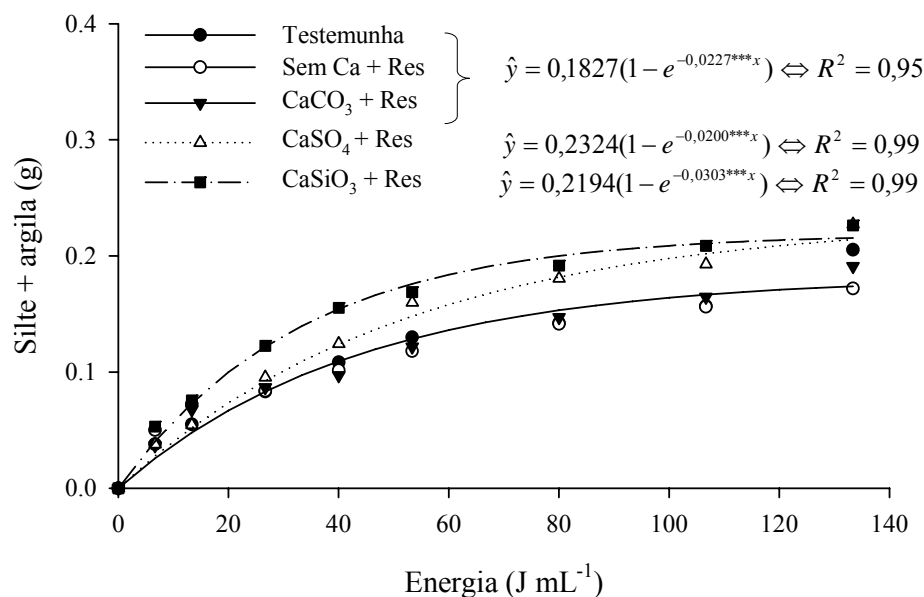
Os agregados da região Oeste apresentaram estabilidade distinta daquela observada para aqueles do solo da região Sul (Figura 8). A maior estabilidade na classe de agregados 2,00-1,00 mm do solo da região Oeste foi propiciada com os tratamentos sem Ca e sem resíduo enquanto os tratamentos sem Ca com resíduo,  $\text{CaCO}_3$  com resíduo,  $\text{CaSO}_4$  com resíduo, e  $\text{CaSiO}_3$  com resíduo resultaram em menor estabilidade dos agregados. Porém, não houve diferença na estabilidade dos agregados entre estes quatro tratamentos como indicado pelo teste de identidade de modelos ( $p < 0,005$ ). Da mesma maneira que a classe anterior, os agregados 1,00-0,25 mm apresentaram maior estabilidade quando não foi aplicado Ca e resíduo (Figura 8b). Nos tratamentos  $\text{CaSO}_4$  com resíduo e  $\text{CaSiO}_3$  com resíduo, observou-se maior diminuição na estabilidade desses agregados.

## Região Sul

### Classe 2,00 - 1,00 mm

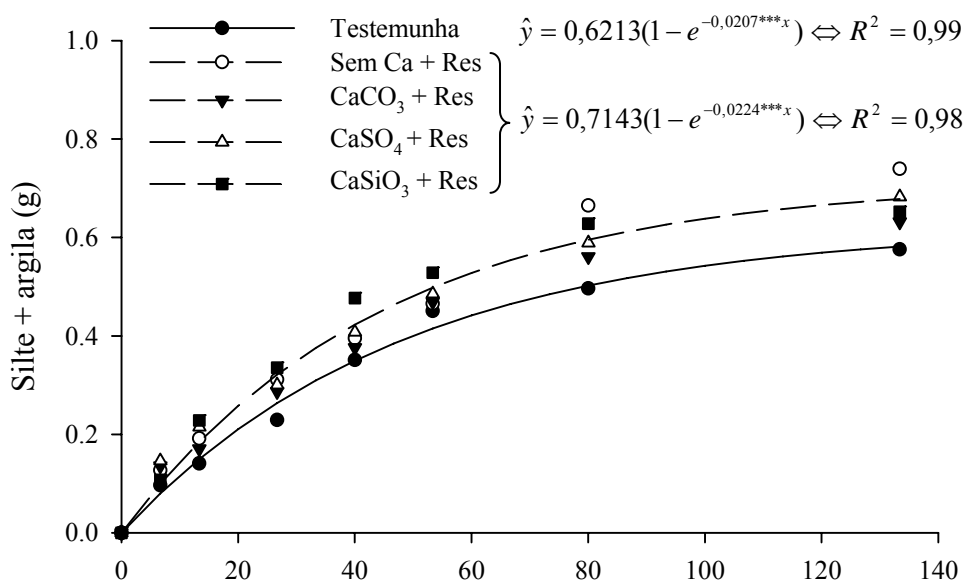


### Classe 1,00 - 0,250 mm

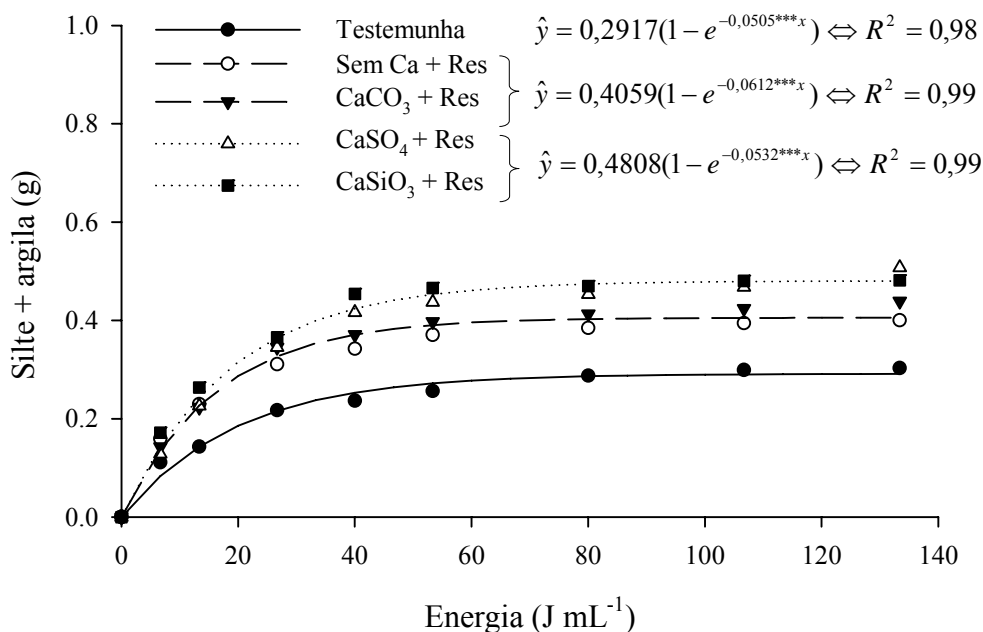


**Figura 7.** Curva de estabilidade de agregados dos solos da região Sul em função de níveis crescentes de energia ( $J mL^{-1}$ ) por sonificação. A quantidade de silte + argila representa a fração liberada pela desestabilização (quebra) dos agregados pela energia de ultrasonificação. Teste de identidade de modelos ( $p < 0,005$ ).

### Classe 2,00-1,00 mm



### Classe 1,00 - 0,250 mm



**Figura 8.** Curva de estabilidade de agregados dos solos da região Oeste em função de níveis crescentes de energia ( $\text{J mL}^{-1}$ ) por sonificação. A quantidade de silte + argila representa a fração liberada pela desestabilização (quebra) dos agregados pela energia de ultrasonificação. Curvas agrupadas pelo teste de identidade de modelos ( $p < 0,005$ ).

Na região Sul, na classe de agregados de 2,00-1,00 mm do solo, a maior quantidade de silte + argila na solução foi observada quando se adicionou CaSO<sub>4</sub>, 0,24 g (definido como 100 %). No solo tratado com CaCO<sub>3</sub> foi necessário um nível de energia de 133,56 J mL<sup>-1</sup> (Quadro 7), 41,3 % maior que o tratamento sem Ca + Res, 49 % maior que os tratamentos com CaSiO<sub>3</sub> e CaSO<sub>4</sub>, e 74,0 % maior que o tratamento sem Ca e sem resíduo (Quadro 7). Nessa classe, o efeito das distintas fontes de Ca foi maior que a do resíduo. Na classe de agregados de 1,00-0,25 mm do solo, a energia necessária para desestabilizar o grupo de tratamento mais estáveis (sem Ca e sem resíduo, sem Ca com resíduo e com CaCO<sub>3</sub> mais resíduo) foi de 43,64 J mL<sup>-1</sup>, 28,5 e 48,6 % maior que a energia para desestabilizar os agregados dos solos que receberam CaSO<sub>4</sub> e CaSiO<sub>3</sub>, respectivamente (Quadro 7).

**Quadro 7.** Energia de ultrasonificação (J mL<sup>-1</sup>) necessária para desestabilizar (quebrar) 50 % dos agregados do solo influenciadas pelo resíduo e distintas fontes de Ca das regiões Sul e Oeste

Tratamentos	Classe de agregados	
	2,00-1,00 mm	1,00-0,250 mm
Energia(J mL <sup>-1</sup> )		
Região Sul		
-Ca -Res	34,69	43,64
-Ca +Res	78,42	43,64
CaCO <sub>3</sub> +Res	133,56	43,64
CaSO <sub>4</sub> +Res	67,5	34,08
CaSiO <sub>3</sub> +Res	67,5	24,463
Região Oeste		
-Ca -Res	45,03	45,65
-Ca +Res	33,46	17,01
CaCO <sub>3</sub> +Res	33,46	17,01
CaSO <sub>4</sub> +Res	33,46	14,85
CaSiO <sub>3</sub> +Res	33,46	14,85



Na região Oeste, o efeito do resíduo foi mais pronunciado que o efeito das fontes de Ca. Na classe de agregado de 2,00-1,00 mm, a maior quantidade de silte + argila dispersada foi de 0,75 g (sem Ca com resíduo). Quando não se adicionou Ca nem resíduo foi necessária energia de 45,03 J mL<sup>-1</sup> para obter 50 % do máximo de silte + argila em suspensão. Essa energia foi 26 % maior que a energia necessária para desestabilizar 50 % dos agregados dos outros tratamentos. Na classe de agregado de 1,00-0,25 mm do solo, a maior energia requerida também foi observada quando não foi adicionado nem Ca nem resíduo, energia correspondente a 45,65 J mL<sup>-1</sup> (Quadro 7).

Nas classes de agregado de 2,00-1,00 e 1,00-0,25 mm do solo foram avaliados os teores de Ca trocável e Ca não trocável. Na região Sul, a contribuição das distintas fontes de Ca para o Ca trocável da classe de agregados de 2,00-1,00 mm do solo foi similar, e a manutenção do resíduo não contribuiu para o seu aumento (Quadro 8). Na classe de agregados de 1,00-0,25 mm do solo não houve diferença no teor de Ca trocável entre os tratamentos.

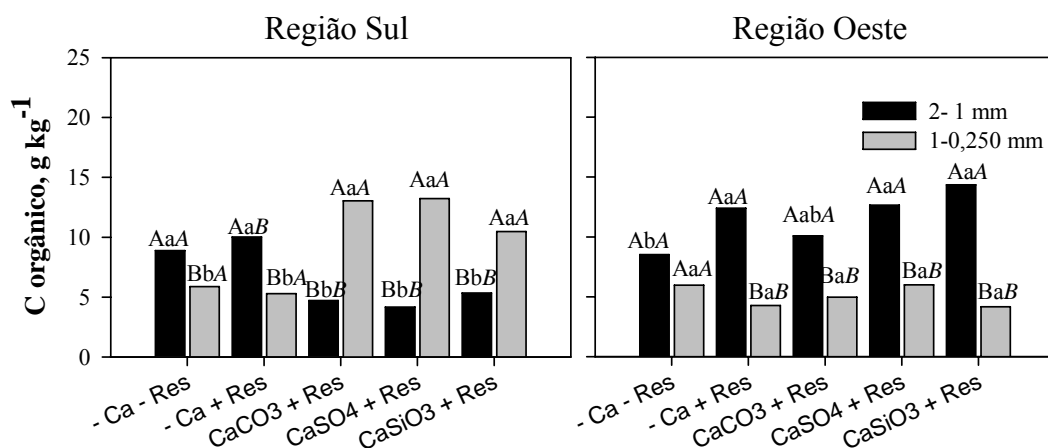
**Quadro 8.** Teores de Ca trocável nas classes de agregados de 2,00-1,00 e 1,00-0,25 mm das regiões de Sul e Oeste, influenciados pelo resíduo e fontes de Ca, após 12 meses

Tratamentos	Classe de agregados	
	2,00-1,00 mm	1,00-0,250 mm
	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	
	Região Sul	
-Ca -Res	1,4 <sup>b</sup>	1,1 <sup>a</sup>
-Ca +Res	1,6 <sup>b</sup>	1,4 <sup>a</sup>
CaCO <sub>3</sub> +Res	2,5 <sup>ab</sup>	2,1 <sup>a</sup>
CaSO <sub>4</sub> +Res	2,6 <sup>ab</sup>	1,6 <sup>a</sup>
CaSiO <sub>3</sub> +Res	3,5 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>
	Região Oeste	
-Ca -Res	0,8 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>
-Ca +Res	0,78 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>
CaCO <sub>3</sub> +Res	0,6 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>
CaSO <sub>4</sub> +Res	0,7 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>
CaSiO <sub>3</sub> +Res	1,0 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>

Médias seguidas por letras iguais dentro de cada classe de agregado e região, não diferem a 5 % pelo teste de Duncan.

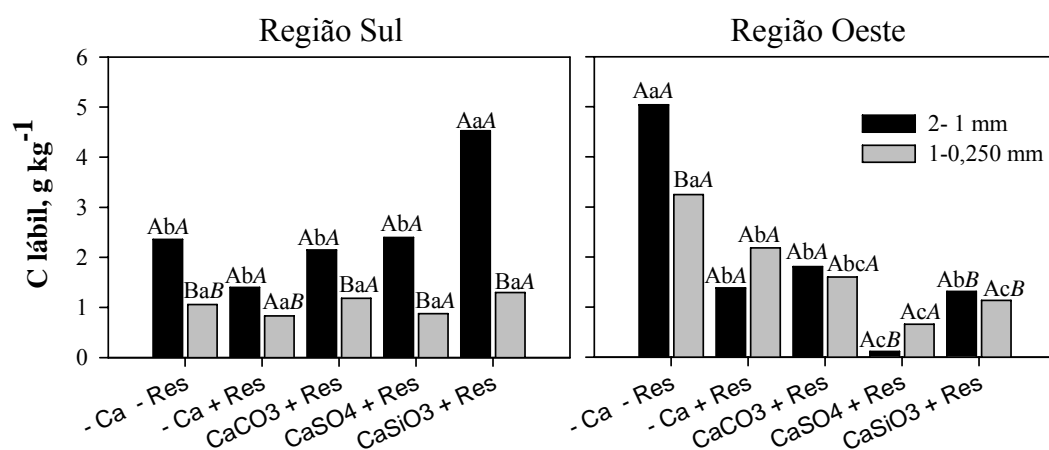
Na região Oeste, embora a manutenção do resíduo sozinho ou em combinação com fontes distintas de Ca mostrassem clara tendência em aumentar o teor de Ca trocável nas classes de agregados de 2,00-1,00 mm (com exceção do  $\text{CaSiO}_3$ ) e de 1,00-0,250 mm, os incrementos não foram estatisticamente significativos ( $p > 0,05$ ), possivelmente devido ao maior coeficiente de variação entre as repetições.

Os teores de C total e de C lábil também foram determinados nas duas classes de agregados mais representativas. A adição de fontes de Ca aumentou o teor de C total nos agregados de 1,00-0,25 mm, mas reduziu nas classes de 2,00-1,00 mm do solo da região Sul ( $p < 0,05$ ) (Figura 9). Na região Oeste, para a classe de 2,00-1,00 mm, o teor de C foi maior nos tratamentos que houve a manutenção do resíduo e que se adicionou  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{CaSiO}_3$ . O tratamento com adição de  $\text{CaCO}_3$  desfavoreceu a manutenção do C e não diferiu do tratamento em que se retirou o resíduo e não se aplicou fonte adicional de Ca. Não houve diferença no teor de C entre os tratamentos na classe de agregado do solo de 1,00-0,25 mm (Figura 9).



**Figura 9.** Teores de C orgânico ( $\text{g kg}^{-1}$  de agregado) total em agregados do solo das classes de 2,00-1,00 e 1,00-0,25 mm, da camada 0-10 cm, no solo das regiões Sul e Oeste, sob influência do resíduo de eucalipto e fontes de Ca, aos 12 meses após o início do experimento. Médias com letras maiúsculas iguais comparam classe de agregados dentro de cada região e tratamento; médias seguidas por letras minúsculas comparam tratamentos dentro de classe de agregado e região; médias com letras maiúsculas iguais, em itálico, comparam regiões dentro de tratamento e classe de agregado, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5 %.

A variação do teor de C lábil na região Sul, para a classe de agregados 2,00-1,00 mm, foi de 1,4 a 4,53 g kg<sup>-1</sup>. Foi observado maior teor no solo tratado com CaSiO<sub>3</sub> com resíduo (4,53 g kg<sup>-1</sup> de agregados), enquanto que entre os demais tratamentos não houve diferença significativa (p<0,05) (Figura 10). Na classe de agregados de 1,00-0,25 mm, a magnitude do C lábil foi significativamente menor que na classe de 2,00-1,00 mm. Na classe de menor tamanho foi observada baixa variação (0,83 a 1,30 g kg<sup>-1</sup>) e os teores de C lábil não diferiram entre si (p<0,05).



**Figura 10.** Teores de C lábil em agregados do solo das classes de 2,00-1,00 e 1,00-0,250 mm, da camada 0-10 cm de solo das regiões Sul e Oeste, sob influência do resíduo de eucalipto e fontes de Ca, aos 12 meses após o início do experimento. Médias com letras maiúsculas comparam classes de agregados dentro de cada região e tratamento; médias com letras minúsculas comparam tratamentos dentro de classe de agregado e região; médias com letras maiúsculas, em itálico, comparam regiões dentro de tratamento e classes de agregado, iguais entre si pelo teste de Duncan a 5 %.

Observou-se que na região Oeste o teor de C lábil nas duas classes de agregados foi maior no solo sem fonte de Ca e com remoção de resíduo. O maior valor de C lábil entre os tratamentos com adição de Ca foi encontrado no tratamento CaCO<sub>3</sub> com resíduo na classe de agregados de 1,00-0,25 mm do solo (Figura 10).

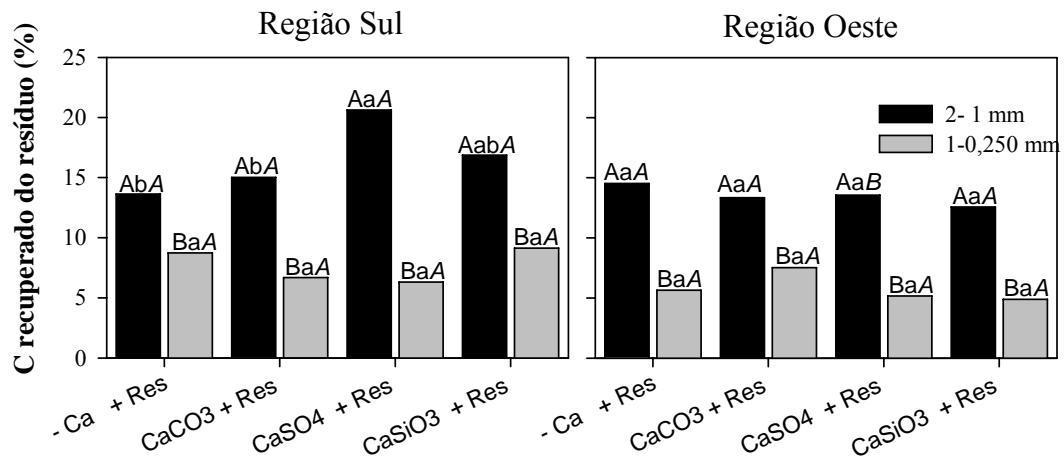
As classes de agregados de solo tamanho entre 2,00-1,00 e 1,00-0,250 mm, da camada 0-10 cm, no tratamento sem Ca sem resíduo da região Sul, apresentaram os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  mais negativos, -14,45 e -15,47 ‰, respectivamente (Quadro 9). Nos agregados dos outros tratamentos os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  variaram de -19,43 a -21,47 ‰. Na região Oeste os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  eram

mais negativos, mas não houve grande variação entre tratamentos (-20,34 a -23,94 ‰) (Quadro 9).

**Quadro 9.** Variação na abundância natural do  $\delta^{13}\text{C}$  das classes de agregado 2,00-1,00 e 1,00-0,25 mm do solo, na camada de 0-10 cm, sob influência do resíduo de eucalipto e distintas fontes de Ca após 12 meses

Tratamentos	Classe de agregados	
	2,00-1,00 mm	1,00-0,250 mm
	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	
	Região Sul	
-Ca -Res	-14,45	-15,47
-Ca +Res	-20,97	-19,43
CaCO <sub>3</sub> +Res	-21,47	-20,89
CaSO <sub>4</sub> +Res	-19,96	-20,21
CaSiO <sub>3</sub> +Res	-19,67	-19,61
	Região Oeste	
-Ca -Res	-21,36	-23,94
-Ca +Res	-21,70	-21,13
CaCO <sub>3</sub> +Res	-21,11	-20,34
CaSO <sub>4</sub> +Res	-22,26	-22,18
CaSiO <sub>3</sub> +Res	-22,56	-21,50

A maior recuperação de C oriundo do resíduo da colheita de eucalipto na região Sul foi na classe de agregado 2,00-1,00 mm. A maior recuperação ocorreu nos tratamentos com CaSO<sub>4</sub> e com CaSiO<sub>3</sub>. Na classe 1,00- 0,25 mm não houve diferença entre os tratamentos quanto à contribuição do C do resíduo. Na região Oeste a contribuição do C derivado do resíduo de eucalipto na classe 2,00-1,00 mm de agregado do solo foi maior que na classe 1,00-0,25 mm, não havendo diferenças entres os tratamentos (Figura 11).



**Figura 11.** Carbono derivado do resíduo de eucalipto para o C na classe de agregados do solo de 2,00-1,00 e 1,00-0,250 mm, da camada 0-10 cm de solo das regiões Sul e Oeste sob influência de fontes de Ca, aos 12 meses após o início do experimento. Médias com letras maiúsculas comparam classe de agregados dentro de cada região e tratamento; médias com letras minúsculas comparam tratamentos dentro de classe de agregados e região; médias com letras maiúsculas, em *itálico*, comparam regiões dentro de tratamento e classe de agregados, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5 %.

## DISCUSSÃO

Os menores estoques de Ca observados nos resíduos de eucalipto após 12 meses foram detectados quando se aplicou  $\text{CaSO}_4$  em comparação ao  $\text{CaCO}_3$  e ao  $\text{CaSiO}_3$  podem ser atribuídos à maior solubilidade do  $\text{CaSO}_4$  (Figura 2). No entanto, a maior contribuição observada para o Ca trocável no solo foi para  $\text{CaCO}_3$  e não para o  $\text{CaSO}_4$  (Figura 3). O Ca do  $\text{CaSO}_4$  parece estar sendo levado para as camadas inferiores e, possivelmente, além da maior profundidade avaliada no presente estudo. Wadt & Wadt (1999), estudando a movimentação de cátions alcalinos e alcalino terrosos em colunas com amostras de Latossolo do município de Pirai (RJ), sob dois tipos de vegetação (floresta secundária e pastagem *Paspalum notatum L.*), submetidas a sete aplicações de água destilada, durante sete semanas consecutivas, constataram que, quando  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaSO}_4$  foram aplicados, em amostras de solo sob floresta a lixiviação foi de 23,9 e 219,1  $\text{mmol}_c$  de Ca, respectivamente, e nas amostras oriundas de solo sob pastagem, 31,4 e 225,2  $\text{mmol}_c$  de Ca, respectivamente.

Adicionalmente, o transporte de um material particulado a partir da superfície mais arenosa, e sua retenção em camadas mais profundas e mais argilosas também pode ter ocorrido. O incremento de Ca não trocável em profundidade parece suportar tais hipóteses. A movimentação de Ca oriunda de  $\text{CaCO}_3$ , na forma particulada, quando da sua aplicação em superfície, foi observada em solo de área de plantio direto acondicionados em coluna (Amaral et al., 2004). Em ambas as situações (plantio direto e povoamento de eucalipto), a ausência de preparo intensivo do solo mantém a continuidade de bioporos, favorecendo o transporte de material particulado com a água de percolação.

O maior teor de Ca trocável na região Oeste quando se aplicou  $\text{CaCO}_3$  pode ser devido, possivelmente, ao equilíbrio químico do  $\text{CaSiO}_3$ . Apesar da solubilização mais rápida do  $\text{CaSiO}_3$  provocar incremento inicial nos valores de pH e da concentração de bases em solução (Figueiredo, 2006), esse aumento inicial levaria a decréscimos posteriores na sua dissolução, visto que a solubilidade desse material em solução aquosa diminui com a elevação do pH e da concentração de Ca na solução (Kato & Owa, 1996). Assim, o  $\text{CaCO}_3$  contribuiria mais para o Ca trocável, seguido pelo  $\text{CaSiO}_3$  e; por fim, pelo  $\text{CaSO}_4$ .

De fato, os maiores valores de pH foram observados nos solos tratados com os sais com reação alcalina (Quadro 5).

O efeito nos valores de pH das duas fontes de reação alcalina no solo não relacionou-se com o DMG, apesar de resultar em elevação do pH. Menor DMG foi encontrado quando foi aplicado  $\text{CaSO}_4$  na região Sul. Por outro lado, o maior DMG foi observado quando se utilizou a fonte de  $\text{CaCO}_3$ . Isto pode estar relacionado com o maior teor de Ca trocável (Figura 3), em comparação ao  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{CaSiO}_3$  nas duas regiões.

O decréscimo do DMG com a aplicação de sais de  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaSiO}_3$  ocorreu, possivelmente, devido às alterações na composição química da solução do solo. A redução do DMG com a calagem foi observada por outros autores (Costa et al., 2004). Alterações no pH, na força iônica da solução e nos tipos de íons presentes, influenciariam significativamente a dispersão ou a floculação dos colóides, interferindo, por consequência, na agregação das partículas do solo (Costa et al., 2004; Maria et al., 2007; Seta & Karathanasis, 1997).

O aumento observado no DMG na camada superficial com a adição de resíduos da colheita do eucalipto pode ser devido à contribuição dos compostos orgânicos, com efeito direto pela formação de agregados maiores, em razão da associação da MOS e minerais, e a contribuição indireta via aporte de compostos sintetizados por organismos do solo, que possivelmente tiveram sua atividade favorecida pela adição de resíduos (Moreira & Siqueira, 2006). A decomposição de resíduos de eucalipto, os quais contêm compostos recalcitrantes, requer a atuação de fungos heterotróficos, cujo micélio pode contribuir para a estabilização de agregados, especialmente aqueles de maior tamanho, particularmente em sistemas em que há menor preparo do solo, como nos sistemas de cultivo mais conservacionistas (Oades & Waters, 1991, Six et al., 2002) e, possivelmente, em solos sob eucalipto sob cultivo mínimo.

A calagem não interferiu no diâmetro médio dos agregados avaliado por Albuquerque et al. (2003), o que foi atribuído pelos autores ao efeito benéfico da matéria orgânica sobre os atributos físico-mecânicos do solo e da ação indireta da calagem sobre a agregação, pelo estímulo à atividade biológica do solo. Similarmente, na região Oeste do presente estudo, onde houve a rotação mais longa de eucalipto e a textura do solo é mais argilosa, o solo apresentou os

maiores teores totais de carbono orgânico (Quadro 6), e isso pode ter amenizado a redução do DMG, quando utilizou-se saís de Ca (Figura 5), em comparação quando somente o resíduo foi utilizado. Maria et al. (2007) constataram efeito benéfico da MOS na agregação do solo, pois encontraram relação positiva e linear entre o teor MOS e o diâmetro médio ponderado ( $DMP = 0,0657 \text{ MOS} + 0,445$ ,  $r^2=0,468^*$ ).

A distinta distribuição de C orgânico total oriundo do resíduo vegetal no solo entre as classes de agregados nas diferentes regiões do presente estudo (Figura 9) foi observada também por outros autores. Six et al. (2000) observaram distribuição distinta de C nas classes de agregados  $> 2 \text{ mm}$  e entre  $2,00-0,25 \text{ mm}$  entre solos de diferentes locais e sob vegetação nativa, plantio convencional e plantio direto. Angers et al. (1996), avaliando a contribuição da MO recém depositada na estabilidade do agregado em água, observaram que o teor de C nas classes não seguiu nenhuma tendência em relação ao tamanho dos agregados.

Observou-se maior contribuição do C lábil nos solos da região Sul na presença do Ca, o que pode ser devido à diferença do índice de pluviosidade entre essa região e a região Oeste, influenciando na taxa de decomposição dos diferentes componentes do resíduo (folha, galho e casca). Na região Sul, que possui maior pluviosidade, pode ter ocorrido um efeito *priming* em estágios iniciais de decomposição de resíduo (rápida decomposição das folhas, principalmente), antes da época avaliada (12 meses), em razão do estímulo à biota do solo pelo suprimento de Ca e, ou, outros nutrientes, resultando na maior degradação da MOS do solo. Fontaine et al. (2004), ao incubarem celulose com e sem solução nutritiva ao solo, demonstraram que a perda de C de solo é aumentada quando a disponibilidade de nutrientes foi limitante. No entanto, observou-se a recuperação do C lábil, fração mais dinâmica da MOS, possivelmente por meio da contribuição de C de resíduos mais recalcitrantes como casca, cuja taxa de decomposição é maior na região Sul, com  $t_{0,5}$  de 391 dias. Por outro lado, na região Oeste, onde os processos de decomposição são ligeiramente mais lentos, esses materiais mais recalcitrantes como a casca ( $t_{0,5}= 530$  dias) ainda não estão contribuindo substancialmente para o C lábil (Quadro 4). Portanto, na região Oeste a incorporação de C de compostos mais recalcitrantes estaria sendo iniciado mais tardiamente. Fontaine et al. (2007), ao avaliarem a estabilidade de C da camada de solo mais profunda (0,6 a 0,8 m),



observaram que a adição de C fresco na forma de celulose estimulou a atividade microbiana e, conseqüentemente, a decomposição do C desse solo estabilizado há 226 anos.

De fato, na região Sul foi onde observou-se maior proporção de C derivado do resíduo de eucalipto. Além disso, o  $\delta^{13}\text{C}$  (-20 ‰) dos tratamentos com Ca foram mais negativos que o  $\delta^{13}\text{C}$  (-14 ‰) do solo sem Ca e sem resíduo. Valores de  $\delta^{13}\text{C}$  por volta de -20 ‰ indicam a preservação ainda de C oriundo da antiga pastagem que precedeu o eucalipto na MOS. A presença de Ca no solo franco arenoso pode estar favorecendo a estabilização do C do resíduo de eucalipto para as menores classes de macroagregado. Ou seja, de alguma forma a presença do Ca está estabilizando o C do resíduo aportado ao solo. Munner & Oades (1989a) observaram que a decomposição da  $^{14}\text{C}$  glucose quando incubada ao solo com fontes de Ca foi reduzida em 4 % na presença de  $\text{CaCO}_3$  e 14 % na presença de  $\text{CaSO}_4$ . Na região Oeste, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  dos agregados do solo com o tratamento sem fontes de Ca e com resíduo mais negativo (-21 ‰), podem ser devido à rotação anterior mais longa que na região Sul.

Além de alterações nos teores totais de C, as mudanças no tipo de uso do solo alteram a qualidade da MOS (Mendonça, et al., 1991; Pegoraro, 2007). Pegoraro (2007) verificou que nos solos cultivados com eucalipto houve maior contribuição direta de componentes de origem vegetal para a MOS que aqueles de origem microbiana, em comparação aos solos sob mata nativa, acácia e pastagem. Mais recentemente, trabalhos realizados com o uso de RMN de  $^{13}\text{C}$  por Soares (2009), apontam para aumento na contribuição de compostos alifáticos, atribuído à estruturas do tipo lipídeos e ácidos graxos, em estrutura de ácidos húmicos, em áreas cultivadas com eucalipto quando comparada com pastagem plantada com *Brachiaria sp.* Assim, a manutenção dos resíduos de eucalipto poderia originar MOS com característica mais hidrofóbica, contribuindo para a maior estabilidade dos macroagregados de 2,00-1,00 mm.

Na classe de agregados 1,00-0,25 mm houve a mesma tendência de comportamento na estabilidade da maior classe de agregado para a região Sul entre os tratamentos com adição de Ca. Os tratamentos sem adição de resíduo e fonte adicional de Ca foram agrupados entre os tratamentos com agregados mais estáveis, mesmo apresentando um  $\delta^{13}\text{C}$  (-15,47 ‰) menos negativo.

Para a região Oeste também verificou-se a mesma tendência da região Sul entre os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  mais negativos e a ordem de estabilidade nas duas classes de agregados (Quadro 9, Figura 8). Esses dados reforçam a hipótese de que o C dessa região está estabilizado há mais tempo quando comparado àquele da região Sul, com menor incorporação do C derivado do resíduo. Como a estabilidade dos macroagregados requer contínua incorporação de compostos orgânicos, especialmente em solos com menores teores de óxidos de Fe e de Al (agentes cimentantes), a baixa incorporação de C de eucalipto nesses macroagregados reflete a menor taxa de decomposição dos resíduos em função da menor precipitação na região, pois os teores de C da classe 1,00-2,00 mm não diferem entre si, e na classe 2,00-1,00 mm o tratamento sem resíduo e fonte de Ca não difere do tratamento apenas do  $\text{CaCO}_3 + \text{Res}$ . Além disso, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  são bastante negativos para todos os tratamentos. O que reafirma essa suposição, ainda, é o fato de esta área possuir tempo de rotação superior ao da região Sul, ou seja, houve maior tempo para substituição de C. Além disso, o maior teor de argila ligeiramente superior possivelmente aumenta a proteção coloidal da MOS.

A efetividade da estabilidade dos agregados parecer estar ligada à presença de pontes de Ca com a MOS. Na região Sul, presume-se a possível dominância do complexo orgânico, pois não houve diferenças entre os teores de Ca trocáveis.

## CONCLUSÕES

A fonte de Ca que resulta em mais rápida transferência do Ca para o solo, após 12 meses, é o  $\text{CaSO}_4$ .

A aplicação de Ca como carbonato, silicato e sulfato favoreceu a movimentação de Ca para camadas de solo mais profundas.

A manutenção do resíduo de eucalipto na área contribui para aumentar o diâmetro médio geométrico dos agregados do solo da camada de 0-10 cm na região Sul e Oeste.

A adição de Ca por meio das distintas fontes reduz o diâmetro médio geométrico dos agregados em todo o perfil do solo, mas esse efeito dependente da fonte.

Ao contrário da região Oeste (com menor precipitação e com solos ligeiramente mais argilosos), na região Sul a presença de Ca aumenta a estabilidade dos agregados.

A aplicação de Ca como  $\text{CaSO}_4$  ou  $\text{CaSiO}_3$  aumenta a estabilização do C derivado do resíduo da colheita de eucalipto na classe de agregado 2,00-1,00 mm na região. Na região Oeste a contribuição do C derivado do resíduo de eucalipto é maior na classe de 2,00-1,00 mm em relação a classe 1,00-0,250mm, e não há diferença entre os tratamentos.

## LITERATURA CITADA

- ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - Anuário Estatístico da ABRAF: Ano Base 2008/ ABRAF. Brasília, 2009. 120p.
- ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; MAFRA, A.L. & FONTANA, E.C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. R. Bras. Ci. Solo, 27:799-806, 2003.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R. & BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 28:359-367, 2004.
- ANGERS D.A. & GIROUX M. Recently deposited organic matter in soil water-stable aggregates. Soil Sci. Soc. Am. J., 60:1547-1551, 1996.
- BARRETO, R.C.; MADARI, B.E.; MADDOCK, J.E.L.; MACHADO, P.L.O.A. TORRES, E.; FRANCHINI, J. & COSTA, A. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO<sub>2</sub> in the surface layer of a rhodic ferralsol in southern Brazil. J. R. Agr., Ecosyst. Environ., 132:243-251, 2009.
- BARROS, N.F. & COMERFORD, N.B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (eds.). Tópicos em ciência do solo, SBCS, v. II, p. 487-592, 2002.
- BLAIR, G.J., LEFROY, R.D.B. & LISLE, L. Soil carbon fractions, based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. Aust. J. Agric. Res., 46:1459-1466, 1995.
- CASTRO FILHO C.; MUZILLI O. & PODANOSCHI 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 R. Bras. Ci. Solo, 22:527-538, 1998.
- COSTA F.S.; BAYER C.; ALBUQUERQUE J.A. & FONTOURA, S.M.V. Aumento de matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto. Ci. Rural, 34:587- 589, 2004.
- DUFRANC, G.; DECHEN, S.C.F.; FREITAS, S.S. & CAMARGO, O.A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois Latossolos em plantio direto no estado de São Paulo. R. Bras. Ci. Solo, 28:505- 517, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

- FELLER, C. & BEARE, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*, 79: 69 -116, 1997.
- FIGUEIREDO, G. C. Movimentação de cálcio de diferentes fontes adicionadas em colunas de dois latossolos. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006. 60p.
- FONTAINE, S.; BARDOUX, G.; ABBADIE, L. & MARIOTTI, A. Carbon input to soil may decrease soil carbon content. *Ecol. Letters*, 7: 314–320, 2004.
- FONTENELE, W.; SALVIANO; A.A.C. & MOUSINHO; F.E.P. Atributos físicos de um Latossolo Amarelo sob sistemas de manejo no cerrado piauiense. *Rev. Ciênc. Agron.*, 40:194-202, 2009.
- FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES - FUNARBE. SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Universidade Federal de Viçosa - ([www.ufv.br/saeg](http://www.ufv.br/saeg)), Viçosa - MG, 2007.
- HATTORI, T. Soil aggregates in microhabitats of microorganisms. *Rep. Inst. Agric. Res. Tohoku Univ.*, 37:23-36, 1988.
- KATO, N. & OWA, N. Dissolution of slag in water and calcium chloride solution: Effects of solution pH and calcium concentration on solubilities of slags. *Japan J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 67:626-632, 1996.
- KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison: ASA, 1965. p.499-510.
- LEITE, H.G. & OLIVEIRA, F.T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 7/8:1-23, 2002.
- LIMA, A.M.N.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; MENDONÇA, E.S.; SMYTH, T.J.; MOREIRA, M.S. & LEITE, F.P. Soil organic carbon dynamics following afforestation of degraded pastures with eucalyptus in southeastern Brazil. *For. Ecol. Manag.*, 235:219–231, 2006.
- LINQUIST, B.A.; SINGLETON, P.W.; YOST, R.S. & CASSMAN, K.G. Aggregate size effects on the sorption and release of phosphorus in an Ultisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:160-166, 1997.
- MARIA, I.C.; KOCSSI, M.A. & DECHEN, S.C.F. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. *Bragantia*, 66:291-298, 2007.
- MENDONÇA, E.S.; MOURA FILHO, W. & COSTA, L.M. Organic matter and chemical characteristics of aggregates from a Red-Yellow Latosol under Nature Forest, Rubber plant, and Grass in Brazil. In: WILSON, W.S. ed. *Advances in soil organic matter research: The impact on Agriculture and the environment*, 1991. 400p.

- MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2.ed. Lavras, 2006. 729p.
- MUNEER, M. & OADES, J.M. The role of Ca-Organic interactions in soil aggregate stability. II. Field studies with  $^{14}\text{C}$ -labelled Straw,  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Aust. J. Soil Res., 27:401-409, 1989b.
- MUNEER, M. & OADES, J.M. The role of Ca-Organic interactions in soil aggregate stability. I. Laboratory studies with  $^{14}\text{C}$ -glucose,  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Aust. J. Soil Res., 27:389-99, 1989a.
- OADES, J. M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. Geoderma, 56: 377- 400, 1993.
- OADES, J.M.; WATERS, A.G. Aggregate hierarchy in soils. Aust. J. Soil Res., 29:815-828, 1991.
- PEGORARO, R.F. Sequestro de carbono e alterações bioquímicas da matéria orgânica de solos cultivados com eucalipto. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2007. 140 p. Tese de Doutorado.
- PROVE, B.G.; LOCH, R.J.; FOLEY, J.L.; ANDERSON, V.J. & YOUNGER, D.R. Improvements in aggregation and infiltration characteristics of a krasnozem under maize with direct drill and stubble retention. Aust. J. Soil Res., 28:577-590, 1990.
- SÁ, M.A.C.; LAGE, G. & LIMA, J. M. Calibração da potência emitida pelo sonificador para uso em análises de solo. Lavras, Editora da UFLA, 2001 17 p. (Boletim Agropecuário, 41).
- SÁ, M.A.C.; LIMA, J.M.; LAGE, G. Procedimento-padrão para medida da potência liberada pelo aparelho de ultra-som. Comun. Ci. Agrotec., 24:300-306, 2000.
- SETA, A.K. & KARATHANASIS, A.D. Water dispersible colloids and factors influencing their dispersibility from soil aggregates. Geoderma, 74:255-266, 1997.
- SEXSTONE, A.J.; REVSBECH, N.P.; PARKIN, T.B. & TIEDJE, J.M. Direct measurement of oxygen profiles and denitrification rates in soil aggregates. Soil Sci. Soc. Am. J., 49:645- 651, 1985.
- SHANG, C. & TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical Oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. Soil Sci., 162: 795-807, 1997.

- SILVA, E.F. Frações da matéria orgânica e decomposição de resíduos da colheita de eucalipto em solos de tabuleiros costeiros da Bahia. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2008. 124p.
- SILVA, I.R. & MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. eds. Fertilidade do solo. Viçosa - MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.
- SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S. & DENEK, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Till. Res.*, 79:7-3, 2004.
- SIX, J.; CONANT, R.T.; PAUL, E.A. & PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant Soil*, 241:155–176, 2002.
- SOARES, E.M.B. Frações da matéria orgânica e composição molecular de substâncias húmicas de solos sob o cultivo de eucalipto em biomas distintos. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009. 104p.
- SUTTON, R. & SPOSITO, G. Molecular simulation of humic substance–Ca-montmorillonite complexes. *Geo. Cosm. Acta*, 70:3566- 3581, 2006.
- RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). *R. Bras. Ci. Solo*, 29:297-300, 2005
- TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 33:141-163, 1982.
- TISDALL, J.M. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. *Plant Soil*, 159:115-121, 1994.
- WADT, P.G. S. E WADT, L.H. de O. Movimentação de cátions em amostras de um Latossolo vermelho-amarelo incubadas com duas fontes de cálcio. *Sci. Agric.*, 56: 1157-1164, 1999.
- WANG, X.; YOST, R.S. & LINQUIST, B.A. Soil aggregate size affects phosphorus desorption from highly weathered soils and plant growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65:139-146, 2001.
- WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S. & NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos *Pesq. Agropec. Bras.*, 40:487-494, 2005
- XU, X. & NIEBER, J.L. Compaction effect on the gas diffusion coefficient in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1743-1750, 1992.

## APÉNDICE



**Quadro 1.** Análises de variâncias do diâmetro médio geométrico (DMG) nos solos das regiões Sul e Oeste, em diferentes profundidades, sob influencia do resíduo de eucalipto e fontes de cálcio aos 12 meses, após o início do experimento

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		----- Profundidades (cm) -----			
		0-10	10-20	20-40	40-60
Bloco	4	0.03814	0.02837	0.04696	0.09280
Região (R)	1	0.01500	0.02005	0.00022	0.00911
Resíduo (a)	4	0.02543	0.00890	0.01046	0.01940
Tratamento (T)	4	0.22178*	0.28366*	0.33649*	0.31060*
R*T	4	0.01774 <sup>ns</sup>	0.00674 <sup>ns</sup>	0.01454 <sup>ns</sup>	0.02495 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	32	0.01426	0.01344	0.01486	0.02891
CV(%)		18.2	20.0	19.1	23.0
R/T=1	1	0.01478 <sup>ns</sup>	0.00062 <sup>ns</sup>	0.00436 <sup>ns</sup>	0.00025 <sup>ns</sup>
R/T=2	1	0.00006 <sup>ns</sup>	0.00006 <sup>ns</sup>	0.03116 <sup>ns</sup>	0.01154 <sup>ns</sup>
R/T=3	1	0.00090 <sup>ns</sup>	0.00471 <sup>ns</sup>	0.00036 <sup>ns</sup>	0.05637 <sup>ns</sup>
R/T=4	1	0.04137 <sup>ns</sup>	0.01155 <sup>ns</sup>	0.00238 <sup>ns</sup>	0.01101 <sup>ns</sup>
R/T=5	1	0.02886 <sup>ns</sup>	0.03006 <sup>ns</sup>	0.02012 <sup>ns</sup>	0.02975 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)calc.		0.0165 <sup>ns</sup>	0.0125	0.0138	0.027
T/R=1	4	0.16933	0.18762	0.23763	0.12799
T/R=2	4	0.07019	0.10278	0.11340	0.20756
Resíduo (b)	32	0.01426	0.01344	0.01486	0.02891

ns e \*: não significativo, significativo a 5 % pelo Teste F, respectivamente.

**Quadro 2.** Análise de variância do carbono orgânico total em agregados das classes de 2,00-1,00 e 1,00-0,250 mm, da profundidade 0-10 cm, nos solos das regiões Sul e Oeste, sob influencia do resíduo de eucalipto e fontes de cálcio aos 12 meses, após o início do experimento

Fontes de Variação	GL	QM
Região	1	0.2903773
Bloco	4	1.532505
Erro(a)	4	6.418011
Trat	4	5.125302*
Trat*região	4	2.880201 <sup>ns</sup>
Erro(b)	32	4.988523
Agrega	1	69.90242*
Agrega*trat	4	50.05763*
Agrega*região	1	535.1187*
Agrega*trat*região	4	68.16513*
Resíduo	40	4.212382
CV(%)		25.489

ns e \*: não significativo, significativo a 5 % pelo Teste F, respectivamente

**Quadro 3.** Análise de variância do carbono lábil em agregados das classes de 2,00-1,00 e 1,00-0,250 mm, da camada 0-10 cm, nos solos das regiões Sul e Oeste, sob influencia do resíduo de eucalipto e fontes de cálcio aos 12 meses, após o início do experimento

Fontes de Variação	GL	QM
Região	1	3.89E-02
Bloco	4	0.4634056
Erro(a)	4	0.5504372
Trat	4	10.45993*
Trat*região	4	13.47738*
Erro(b)	32	0.5175977
Agrega	1	17.70294
Agrega*trat	4	2.936438*
Agrega*região	1	11.39759*
Agrega*trat*região	4	2.245835*
Resíduo	40	0.5301078
CV(%)		39.83

ns e \*: não significativo, significativo a 5 % pelo Teste F, respectivamente.

**Quadro 4.** Análises de variâncias dos teores de Ca trocável nos solos das regiões Sul e Oeste, em diferentes profundidades, sob influencia do resíduo de eucalipto e fontes de cálcio aos 12 meses, após o início do experimento

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		----- Profundidades (cm) -----			
		10-20	20-40	40-60	60-100
Região	1	196.195*	194.929*	141.336*	91.5643*
Bloco	4	7.42E-02	0.2616 <sup>ns</sup>	3.54231	0.68859 <sup>ns</sup>
Erro(a)	4	1.22957	0.92867	3.10266	0.80402
Trat	4	20.5152*	11.3412 <sup>ns</sup>	5.87847*	1.3394 <sup>ns</sup>
Trat*região	4	5.66497 <sup>ns</sup>	8.83473 <sup>ns</sup>	4.2404 <sup>ns</sup>	1.03867 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	1.36007	1.25125	1.81537	0.67294
CV(%)		31.048	37.768	51.415	36.326

ns e \*: não significativo, significativo a 5 % pelo Teste F, respectivamente.

**Quadro. 5** Análises de variâncias dos teores de Ca não trocável nos solos das regiões Sul e Oeste, em diferentes profundidades, sob influencia do resíduo de eucalipto e fontes de cálcio aos 12 meses, após o início do experimento.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		----- Profundidades (cm) -----			
		10-20	20-40	40-60	60-100
Região	1	64.78*	20.12*	13.49*	10.80*
Bloco	4	1.96	0.71	0.55	0.35
Erro(a)	4	1.75	0.61	0.22	0.28
Trat	4	0.94 <sup>ns</sup>	0.57 <sup>**</sup>	0.48 <sup>ns</sup>	0.57 <sup>ns</sup>
Trat*região	4	1.23 <sup>ns</sup>	0.39 <sup>ns</sup>	0.36 <sup>ns</sup>	0.45 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	0.61	0.17	0.43	0.26
CV(%)		53.097	41.894	63.792	53.755

ns e \*: não significativo, significativo a 5 % pelo Teste F, respectivamente.

**Quadro 6.** Análises de variâncias de carbono recuperado nos solos das regiões Sul e Oeste, em diferentes profundidades, sob influencia do resíduo de eucalipto e fontes de cálcio aos 12 meses, após o início do experimento

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Profundidades (cm)-----	
		10-20	20-40
Bloco	4	8.835	2.32
Região (R )	1	122.057	1035.63
Resíduo (a)	4	34.858	2.68
Tratamento (T)	3	2.531	19.98
R*T	3	20.344	11.33
Resíduo (b)	24	12.507	10.81
Peneira (P)	1	1291.058 <sup>*</sup>	320.45 <sup>*</sup>
R*P	1	6.549 <sup>ns</sup>	207.80 <sup>*</sup>
T*P	3	21.333 <sup>ns</sup>	30.49 <sup>ns</sup>
R*T*P	3	21.025 <sup>ns</sup>	19.80 <sup>ns</sup>
Resíduo (c)	32	16.443	6.91
CV(%)		38.100	64.0
R/T=2 e P=1	1	1.700 <sup>ns</sup>	388.288 <sup>**</sup>
R/T=2 e P=2	1	23.29 <sup>ns</sup>	89.748 <sup>**</sup>
R/T=3 e P=1	1	6.294 <sup>ns</sup>	387.329 <sup>**</sup>
R/T=3 e P=2	1	1.755 <sup>ns</sup>	12.309 <sup>ns</sup>
R/T=4 e P=1	1	124.673 <sup>*</sup>	279.577 <sup>*</sup>
R/T=4 e P=2	1	3.394 <sup>ns</sup>	14.723 <sup>ns</sup>
R/T=5 e P=1	1	47.235 <sup>ns</sup>	95.865 <sup>*</sup>
R/T=5 e P=2	1	44.366 <sup>s</sup>	68.983 <sup>*</sup>
Resíduo	32	16.443	6.91
T/R=1 e P=1	3	45.116 <sup>ns</sup>	50.373 <sup>*</sup>
T/R=1 e P=2	3	9.904 <sup>ns</sup>	28.797 <sup>*</sup>
T/R=2 e P=1	3	3.202 <sup>ns</sup>	0.373 <sup>ns</sup>
T/R=2 e P=2	3	7.010 <sup>ns</sup>	2.057 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	16.443	6.910
P/R=1 e T=2	1	56.350 <sup>*</sup>	123.992 <sup>*</sup>
P/R=1 e T=3	1	162.801 <sup>*</sup>	351.805 <sup>*</sup>
P/R=1 e T=4	1	492.479 <sup>*</sup>	190.715 <sup>*</sup>
P/R=1 e T=5	1	143.422 <sup>*</sup>	4.003 <sup>ns</sup>
P/R=2 e T=2	1	185.974 <sup>*</sup>	0.817 <sup>ns</sup>
P/R=2 e T=3	1	79.667 <sup>*</sup>	6.678 <sup>ns</sup>
P/R=2 e T=4	1	165.59 <sup>*</sup>	0.858 <sup>ns</sup>
P/R=2 e T=5	1	138.389 <sup>*</sup>	0.266 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	12.507	10.81

ns e \*: não significativo, significativo a 5 % pelo Teste F, respectivamente.

**Quadro 7.** Análises de variâncias dos valores de pH nos solos das regiões Sul e Oeste, em diferentes profundidades, sob influencia do resíduo de eucalipto e fontes de cálcio aos 12 meses, após o início do experimento

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		Profundidade (cm)			
		0-10	10-20	20-40	40-60
Bloco	4	0.10116	0.03342	0.16502	0.23601
Região (R)	1	0.61538	0.59405	0.00015	0.03026
Resíduo (a)	4	0.02851	0.03844	0.12067	0.16455
Tratamento (T)	4	2.59298*	2.06717*	1.29113*	0.94653*
R*T	4	0.35766*	0.34230*	0.17463 <sup>ns</sup>	0.13687
Resíduo (b)	32	0.08743	0.11719	0.17250	0.22339
CV(%)		5.7	6.6	7.8	9.0
R/T=1	1	0.00576 <sup>ns</sup>	0.00529 <sup>ns</sup>	0.06241 <sup>ns</sup>	0.00289 <sup>ns</sup>
R/T=2	1	0.01444 <sup>ns</sup>	0.00144 <sup>ns</sup>	0.09409 <sup>ns</sup>	0.00001 <sup>ns</sup>
R/T=3	1	1.26736 <sup>ns</sup>	1.19025 <sup>ns</sup>	0.38416 <sup>ns</sup>	0.39601 <sup>ns</sup>
R/T=4	1	0.12996 <sup>ns</sup>	0.09025 <sup>ns</sup>	0.08911 <sup>ns</sup>	0.14161 <sup>ns</sup>
R/T=5	1	0.62850 <sup>ns</sup>	0.67600 <sup>ns</sup>	0.06889 <sup>ns</sup>	0.03721 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)calc.		0.07560	0.1014	0.1621	0.2116
T/R=1	4	0.52258 <sup>ns</sup>	0.37847 <sup>ns</sup>	0.29702 <sup>ns</sup>	0.18897 <sup>ns</sup>
T/R=2	4	2.42805 <sup>ns</sup>	2.03100 <sup>ns</sup>	1.16874 <sup>ns</sup>	0.89443 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	32	0.08743	0.11719	0.17250	0.22339
QMRc		0.07560	0.1014	0.1621	0.2116
GLRc		35.54000	35.55	35.49	35.3

ns e \*: não significativo, significativo a 5 % pelo Teste F, respectivamente.

**Quadro 8.** Análise de variância das curvas de dispersão de agregados das classes de 2,00-1,00 e 1,00-0,250 mm, da profundidade 0-10 cm, nos solos das regiões Sul e Oeste, sob influencia do resíduo de eucalipto e fontes de cálcio aos 12 meses, após o início do experimento

Fontes de Variação	GL	Oeste 1,0	GL	Sul1	Oeste0,25	Sul 0,25
Bloco	4	0.03668	4	0.00161	0.03076	0.00595
Fonte (F)	4	0.01700	4	0.00865	0.02777	0.00309
Resíduo (a)	16	0.01738	16	0.00053	0.00780	0.00097
Energia (E)	7	1.28995*	8	0.08364*	0.45654*	0.09289*
F*E	28	0.01552 <sup>ns</sup>	32	0.00873*	0.03971*	0.00618*
Resíduo (b)	140	0.01123	160	0.00067	0.00342	0.00062
CV (%)		31.0		29.6	19.7	22.4

ns e \*: não significativo, significativo a 5 % pelo Teste F, respectivamente.

**Quadro. 9** Análises de variâncias dos teores de Ca trocável nos solos das regiões Sul e Oeste, em diferentes profundidades, sob influencia do resíduo de eucalipto e fontes de cálcio aos 12 meses, após o início do experimento

Fonte de Variação	GL	0-10 cm	10-20 m	20-40 cm	40-60 cm
Bloco	4	2.5820	1.7992	0.8214	3.1067
Região (R )	1	175.1704	93.0161	15.4859	0.8922
Resíduo (A)	4	5.1003	7.5504	4.3064	2.6349
Tratamentos (T)	4	6.8380	6.4418	11.7894	14.7094
R*T	4	7.4515	2.0909	5.2041	4.4106
Resíduo (B)	32	3.8645	1.9505	1.7150	3.7353
Peneira (P)	4	21.1881*	24.2146*	10.6482*	9.1583*
R*P	4	26.6420*	11.9332*	4.2693*	9.4105*
T*P	16	0.8955 <sup>ns</sup>	2.3483*	0.4752 <sup>ns</sup>	1.3254*
R*T*P	16	1.6571*	1.4928*	1.2018*	1.7418*
Resíduo (C)	160	0.7792	0.5870	0.4945	0.5468
CV (%)		39.4250	40.4790	42.0490	39.4430
R/T=1 e P=1	1	2.1589 <sup>ns</sup>	0.7412 <sup>ns</sup>	2.7397 <sup>ns</sup>	2.7963 <sup>ns</sup>
R/T=1 e P=2	1	1.0216 <sup>ns</sup>	1.9950 <sup>ns</sup>	1.1574 <sup>ns</sup>	1.8989 <sup>ns</sup>
R/T=1 e P=3	1	0.2143 <sup>ns</sup>	0.0059 <sup>ns</sup>	0.4171 <sup>ns</sup>	0.3195 <sup>ns</sup>
R/T=1 e P=4	1	3.1650 <sup>ns</sup>	4.2912 <sup>ns</sup>	1.9619 <sup>ns</sup>	3.3738 <sup>ns</sup>
R/T=1 e P=5	1	7.1519 <sup>ns</sup>	4.0690 <sup>ns</sup>	1.8277 <sup>ns</sup>	1.7487 <sup>ns</sup>
Cont...					
R/T=2 e P=1	1	9.0783 <sup>ns</sup>	5.0148 <sup>ns</sup>	2.1570 <sup>ns</sup>	3.2593 <sup>ns</sup>
R/T=2 e P=2	1	1.8836 <sup>ns</sup>	2.0343 <sup>ns</sup>	1.7080 <sup>ns</sup>	2.5813 <sup>ns</sup>
R/T=2 e P=3	1	2.7494 <sup>ns</sup>	0.1171 <sup>ns</sup>	0.0379 <sup>ns</sup>	0.6200 <sup>ns</sup>
R/T=2 e P=4	1	0.2078 <sup>ns</sup>	0.3812 <sup>ns</sup>	0.1287 <sup>ns</sup>	0.6682 <sup>ns</sup>
R/T=2 e P=5	1	7.9103 <sup>ns</sup>	4.8555 <sup>ns</sup>	5.1619 <sup>ns</sup>	0.1358 <sup>ns</sup>
R/T=3 e P=1	1	30.3988 <sup>ns</sup>	12.4568 <sup>ns</sup>	0.4280 <sup>ns</sup>	0.1067 <sup>ns</sup>
R/T=3 e P=2	1	9.2282 <sup>ns</sup>	5.4339 <sup>ns</sup>	0.9560 <sup>ns</sup>	0.1839 <sup>ns</sup>
R/T=3 e P=3	1	0.6544 <sup>ns</sup>	0.0261 <sup>ns</sup>	20.0732 <sup>ns</sup>	10.1687 <sup>ns</sup>
R/T=3 e P=4	1	6.1192 <sup>ns</sup>	0.5579 <sup>ns</sup>	1.8447 <sup>ns</sup>	5.1782 <sup>ns</sup>
R/T=3 e P=5	1	57.6396 <sup>ns</sup>	15.1869 <sup>ns</sup>	1.2412 <sup>ns</sup>	2.1428 <sup>ns</sup>
R/T=4 e P=1	1	18.0402 <sup>ns</sup>	14.0357 <sup>ns</sup>	2.4422 <sup>ns</sup>	3.9435 <sup>ns</sup>
R/T=4 e P=2	1	8.8696 <sup>ns</sup>	1.8885 <sup>ns</sup>	1.7772 <sup>ns</sup>	3.3498 <sup>ns</sup>
R/T=4 e P=3	1	2.3504 <sup>ns</sup>	0.1170 <sup>ns</sup>	0.3218 <sup>ns</sup>	11.1730 <sup>ns</sup>
R/T=4 e P=4	1	7.0776 <sup>ns</sup>	4.0173 <sup>ns</sup>	4.3352 <sup>ns</sup>	2.2527 <sup>ns</sup>
R/T=4 e P=5	1	77.7427 <sup>ns</sup>	29.8621 <sup>ns</sup>	4.4406 <sup>ns</sup>	1.7014 <sup>ns</sup>
R/T=5 e P=1	1	20.4626 <sup>ns</sup>	45.4367 <sup>ns</sup>	12.7549 <sup>ns</sup>	4.8106 <sup>ns</sup>
R/T=5 e P=2	1	15.8128 <sup>ns</sup>	6.3886 <sup>ns</sup>	4.6177 <sup>ns</sup>	0.0000 <sup>ns</sup>
R/T=5 e P=3	1	0.1121 <sup>ns</sup>	0.0011 <sup>ns</sup>	0.0100 <sup>ns</sup>	7.8821 <sup>ns</sup>
R/T=5 e P=4	1	1.4356 <sup>ns</sup>	0.0291 <sup>ns</sup>	0.0004 <sup>ns</sup>	12.2260 <sup>ns</sup>
R/T=5 e P=5	1	46.5723 <sup>ns</sup>	14.0556 <sup>ns</sup>	0.0675 <sup>ns</sup>	1.5232 <sup>ns</sup>
Resíduo	160	0.7792	0.587	0.4945	0.5468
T/ R= 1 e P= 1	4	2.3353*	5.4898*	1.1731*	0.9692 <sup>ns</sup>
T/ R= 1 e P= 2	4	3.5338*	1.2087 <sup>ns</sup>	0.3072 <sup>ns</sup>	0.0988 <sup>ns</sup>
T/ R= 1 e P= 3	4	0.6840 <sup>ns</sup>	0.2472 <sup>ns</sup>	0.1207 <sup>ns</sup>	0.1207 <sup>ns</sup>

T/ R= 1 e P= 4	4	2.5933 <sup>*</sup>	0.8539 <sup>ns</sup>	0.4982 <sup>ns</sup>	0.7341 <sup>ns</sup>
T/ R= 1 e P= 5	4	9.4552 <sup>*</sup>	7.8874 <sup>*</sup>	2.6152 <sup>*</sup>	1.8731 <sup>*</sup>
T/ R= 2 e P= 1	4	0.5201 <sup>ns</sup>	2.2429 <sup>*</sup>	1.5619 <sup>*</sup>	1.5294 <sup>*</sup>
T/ R= 2 e P= 2	4	0.1135 <sup>ns</sup>	0.2886 <sup>ns</sup>	2.2914 <sup>*</sup>	2.2598 <sup>*</sup>
T/ R= 2 e P= 3	4	2.5523 <sup>*</sup>	0.2104 <sup>ns</sup>	9.0645 <sup>*</sup>	10.3983 <sup>*</sup>
T/ R= 2 e P= 4	4	1.4299 <sup>ns</sup>	1.8213 <sup>*</sup>	3.2044 <sup>*</sup>	11.8899 <sup>*</sup>
T/ R= 2 e P= 5	4	1.2821 <sup>ns</sup>	3.6470 <sup>*</sup>	2.8647 <sup>*</sup>	1.5151 <sup>*</sup>
Resíduo	160	0.7792	0.587	0.4945	0.5468
P/ R=1 e T=1	4	4.6807 <sup>ns</sup>	3.8459 <sup>ns</sup>	0.8646 <sup>ns</sup>	0.6969 <sup>ns</sup>
P/ R=1 e T=2	4	5.0241 <sup>ns</sup>	2.8168 <sup>ns</sup>	1.2916 <sup>ns</sup>	0.3755 <sup>ns</sup>
P/ R=1 e T=3	4	10.0512 <sup>ns</sup>	12.0695 <sup>*</sup>	4.2493 <sup>ns</sup>	3.0039 <sup>ns</sup>
P/ R=1 e T=4	4	19.5831 <sup>*</sup>	10.3841 <sup>*</sup>	3.3935 <sup>ns</sup>	1.4586 <sup>ns</sup>
P/ R=1 e T=5	4	9.1355 <sup>ns</sup>	9.5473 <sup>*</sup>	1.2841 <sup>ns</sup>	1.1617 <sup>ns</sup>
P/ R=2 e T=1	4	1.2266 <sup>ns</sup>	2.9446 <sup>ns</sup>	0.4987 <sup>ns</sup>	0.7952 <sup>ns</sup>
P/ R=2 e T=2	4	2.3637 <sup>ns</sup>	1.7293 <sup>ns</sup>	0.8522 <sup>ns</sup>	2.9817 <sup>ns</sup>
P/ R=2 e T=3	4	1.1251 <sup>ns</sup>	5.2808 <sup>ns</sup>	4.1513 <sup>ns</sup>	4.0129 <sup>ns</sup>
P/ R=2 e T=4	4	3.2076 <sup>ns</sup>	0.9295 <sup>ns</sup>	1.6491 <sup>ns</sup>	9.3174 <sup>ns</sup>
P/ R=2 e T=5	4	1.6426 <sup>ns</sup>	1.9645 <sup>ns</sup>	3.3909 <sup>ns</sup>	7.0333 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	3.8647	1.9505	1.715	3.7353

ns e \*: não significativo, significativo a 5 % pelo Teste F, respectivamente.