

# ESTABILIDADE E RESISTÊNCIA DE AGREGADOS DE LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO CULTIVADO COM SUCESSÃO MILHO-ADUBO VERDE<sup>1</sup>

MARX LEANDRO NAVES SILVA<sup>2</sup>, PHILIPPE BLANCANEUX<sup>3</sup>, NILTON CURI, JOSÉ MARIA DE LIMA<sup>4</sup>, JOÃO JOSÉ GRANATE DE SÁ E MELO MARQUES<sup>5</sup> e ARMINDA MOREIRA DE CARVALHO<sup>6</sup>

RESUMO - Os Latossolos do cerrado em seu estado natural caracterizam-se, em geral, pela elevada estabilidade estrutural causada principalmente pela atuação dos óxidos de alumínio e de ferro e matéria orgânica. Entretanto, na região dos Cerrados é bastante freqüente a prática da queima dos restos culturais e do uso excessivo de grades no preparo do solo, especialmente a grade aradora, que pulveriza o solo com o conseqüente enfraquecimento e destruição da estrutura. Objetivou-se com este estudo avaliar a resistência de agregados de Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, fase cerrado, ao impacto de gotas de chuva simulada e o diâmetro médio geométrico dos agregados deste solo sob sistemas de sucessão de diferentes adubos verdes-milho e sob cerrado nativo. As espécies de adubos verdes testadas foram *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan*, *Mucuna aterrima*, *Brachiaria ruziziensis* e *Canavalia ensiformis*, cultivadas na entressafra do milho (cv. Pioneer 3072), durante dois anos. O cerrado nativo apresentou agregados maiores e mais estáveis, sendo necessária maior energia cinética para destruí-los. Nos sistemas de adubos verdes, a braquiária mostrou maior ação agregante que as leguminosas. O método do impacto de gotas de chuva simulada apresentou boa performance, proporcionando maior discriminação entre os tratamentos em relação ao método de estabilidade de agregados.

Termos para indexação: cerrado, matéria orgânica, agregação, energia cinética, adubo verde.

## AGGREGATES STABILITY AND RESISTANCE IN DARK-RED LATOSOL (OXISOL) UNDER CORN-GREEN MANURE SUCCESSION

ABSTRACT - Latosols (oxisols) under *cerrado* vegetation in their natural condition present, in general, high structural stability due mainly to the performance of aluminum and iron oxides and organic matter. In the *Cerrado* region, however, the practice of burning cultural residues and the excessive use of harrow during soil preparation is very common, mainly the plowing harrow, which pulverizes the soil with consequent weakness and destruction of soil structure. This study aimed to evaluate the resistance of aggregates of a *cerrado* phase, clayey texture, Dark-Red Latosol (Oxisol) to simulated raindrop impact as well as the geometrical average diameter of aggregates of this soil under different green manure-corn succession systems and under native *cerrado*. The tested green manure species were *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan*, *Mucuna aterrima*, *Brachiaria ruziziensis* and *Canavalia ensiformis*, cultivated in rotation with corn (cv. Pioneer 3072), during two years. The native *cerrado* presented larger and more stable aggregates, and it was necessary higher kinetic energy for disrupting them. In the green manure systems, brachiaria showed higher aggregation action than the leguminous species. The simulated raindrop impact method presented good performance, leading to better distinction among the treatments in relation to the aggregates stability method.

Index terms: *cerrado* vegetation, organic matter, aggregation, kinetic energy, green manure.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 9 de setembro de 1997.

Trabalho apresentado no XIII Congresso Latino-Americano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, SP, 4 a 8 de agosto de 1996.

<sup>2</sup> Eng. Agr., D.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS), R. Jardim Botânico, 1024, CEP 22460-000 Rio de Janeiro, RJ.

<sup>3</sup> Geól., Ph.D., ORSTOM/Embrapa-CNPS.

<sup>4</sup> Eng. Agr., Ph.D., Dep. Ciência do Solo, UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>5</sup> Eng. Agr., M.Sc., 149-11 Arnold Drive, West Lafayette, IN 47906-3339, USA.

<sup>6</sup> Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

## INTRODUÇÃO

Os Latossolos sob cerrado em seu estado natural caracterizam-se, em geral, pela elevada estabilidade estrutural devido à atuação dos óxidos (óxidos, oxidróxidos e hidróxidos) de alumínio e de ferro e matéria orgânica, principalmente (Resende et al., 1995). Entretanto, na região dos cerrados, é freqüente a prática da queima dos restos culturais e do uso excessivo de grades no preparo do solo, especialmente a grade aradora, que diminui a estabilidade dos agregados causando sua destruição. A reestruturação do solo fica então sujeita ao tipo de manejo que irá seguir a etapa de preparo do solo.

A adoção de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo e o contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para a manutenção da sua estrutura (Lal & Greenland, 1979). Os sistemas de adubação verde, em sucessão à cultura principal, protegem o solo do impacto direto das gotas de chuva na entressafra e evitam bruscas variações no grau de umidade do solo. O contínuo fornecimento de material orgânico serve como fonte de energia para a atividade microbiana, cujos subprodutos, constituídos de moléculas orgânicas em diversas fases de decomposição, atuam como agentes de estabilização dos agregados (Allison, 1973). Além desses aspectos, destaca-se o efeito físico das raízes sobre a formação, manutenção e tamanho dos agregados do solo.

Goss & Reid (1979) e Reid & Goss (1980) encontraram um aumento na estabilidade de agregados de um solo arenoso após quatro semanas de cultivo com a gramínea Azevém (*Lolium perenne*). Tal efeito foi atribuído à liberação de substâncias orgânicas pelas raízes, que atuam na estabilização de forma direta ou indireta através da atividade microbiana. Tisdall & Oades (1979) sugerem que o aumento da estabilidade de agregados devido à ação das raízes de gramíneas se deve à liberação de polissacarídeos por hifas de micorrizas associadas.

Segundo Carpenedo & Mielniczuk (1990), o sistema de plantio direto propicia maior estabilidade de agregados em relação ao preparo convencional no qual se faz aração e gradagem seguidas de gradagem de nivelamento por ocasião do plantio. Porém, a massa do solo nesses dois sistemas de manejo apresentou-se compactada e com predomínio de microporos, comparativamente a solos sob pastagem, campo e mato nativo, que se mostraram mais porosos e com predomínio de macroporos. Resultados semelhantes, comparando estabilidade de agregados nos sistemas de plantio direto e de preparo com aração, foram encontrados por Beare et al. (1994). Campos et al. (1995), em trabalho semelhante, concluíram que o sistema de plantio direto propicia agregados com diâmetro médio cerca de duas vezes maior do que no sistema de plantio no qual empregou-se aração e gradagem. Essa diferença foi associada ao maior teor de carbono orgânico e maior atividade microbiana no sistema de plantio direto.

Quantificar a agregação e estabilidade dos agregados do solo vem sendo ainda motivo de controvérsias na literatura. Segundo Angulo et al. (1984), para que a estabilidade de agregados determinada em laboratório represente o que ocorre no campo, as forças responsáveis pela desintegração da massa do solo deverão ser semelhantes às que atuam no campo. O método mais utilizado para determinar a estabilidade de agregados é o do peneiramento em água (Yoder, 1936). Os resultados podem ser expressos como frações específicas ou na forma do diâmetro médio geométrico (Kemper & Rosenau, 1986). Outra linha adotada para o estudo da estabilidade dos agregados é a determinação da resistência ao impacto de gotas de chuva simulada, idealizado por McCalla (1944) e utilizado por vários autores (Bruce-Okine & Lal, 1975; Angulo et al., 1984; Farres & Cousen, 1985; Roth & Haas, 1989; Silva et al., 1995).

Angulo et al. (1984) encontraram coeficiente de correlação de 0,91 ( $P < 0,01$ ) entre a resistência dos agregados ao impacto das gotas de chuva simulada e a estabilidade dos agregados em água. Roth & Haas (1989) encontraram valores de correlação de 0,97 ( $P < 0,05$ ) entre os mesmos parâmetros citados anteriormente. Esses autores observaram ainda correlação positiva de 0,94 ( $P < 0,05$ ) entre matéria orgânica e estabilidade de agregados. Com relação às frações presentes na matéria orgânica, os coeficientes de correlação apresentaram valores de 0,80, 0,81 e 0,93 ( $P < 0,05$ ), respectivamente, para ácidos húmicos, fúlvicos e huminas. Campos et al. (1995) também verificaram coeficiente de correlação positivo de 0,85 ( $P < 0,05$ ) entre matéria orgânica e diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG).

Embora muitos estudos tenham mostrado a eficiência das culturas e da matéria orgânica na manutenção da estrutura do solo, pouco se tem mostrado com relação à sucessão de culturas ou ao emprego de adubos verdes nesse sentido. Portanto, objetivou-se com este estudo, avaliar em um Latossolo Vermelho-Escuro a resistência de agregados ao impacto de gotas de chuva simulada; o diâmetro médio geométrico dos agregados deste solo sob sistemas de sucessão milho-adubo verde e sob cerrado nativo; e comparar estes métodos de resistência de agregados.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação Experimental Filostro M. Carneiro, da EMGOPA, em Senador Canedo, no município de Goiânia, GO. Segundo Köppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical estacional de savana. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, A moderado, textura argilosa, fase cerrado tropical subcaducifólio, relevo suave ondulado.

Para caracterização do solo, os teores de gibbsita e caulinita foram quantificados na fração argila desferificada através da análise térmica diferencial; e os de óxidos ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) do ataque sulfúrico, na terra fina, segundo Vettori (1969) e Embrapa (1979). A análise granulométrica do solo foi realizada pelo método da pipeta, segundo Day (1965). Os resultados desta caracterização são apresentados na Tabela 1. Determinaram-se também os teores de carbono (C) orgânico [matéria orgânica (MO) = C x 1,72] nos agregados, segundo Vettori (1969) e Embrapa (1979), e a taxa de decomposição para as espécies de adubos verdes por meio do método do "litter bag" (média de 5 repetições), segundo Santos & Whilford (1981).

**TABELA 1. Características mineralógicas, químicas e físicas de Latossolo Vermelho-Escuro do município de Goiânia, GO<sup>1</sup>.**

Ct	Gb	Ataque sulfúrico			Ki	Kr	Textura			
		$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$			A	S	AF	AG
		----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----					----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----			
10	240	95	241	108	0,70	0,50	540	100	310	50

<sup>1</sup> Ct: caulinita; Gb: gibbsita; Ki: relação molecular  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ ; Kr: relação molecular  $\text{SiO}_2 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ ; A: argila; S: silte; AF: areia fina; AG: areia grossa.

Os sistemas de manejo constituíram-se de espécies de adubos verdes, cultivadas na entressafra do milho (cv. Pioneer 3072), durante dois anos. Os adubos verdes, CJ - *Crotalaria juncea* (crotalária), G - *Cajanus cajan* (guandu), MP - *Mucuna aterrima* (mucuna-preta), BA - *Brachiaria ruzizensis* (braquiária), FP - *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco), foram roçados na plena floração e incorporados ao solo, durante o preparo para semeadura do milho, a uma profundidade média de 20 cm. O cerrado nativo (CN) foi incluído para comparação. A área experimental, outrora coberta por CN, foi desmatada cerca de 10 anos antes da implantação do experimento, cultivada com milho no sistema convencional, ou seja, uma aração e duas gradagens, uma após a aração e outra por ocasião do plantio.

Agregados com diâmetro de 4,76 - 7,93 mm foram obtidos mediante peneiramento de material indeformado, amostrado na camada superficial do solo (0 - 20 cm), seguindo recomendações de Kemper & Rosenau (1986). A estabilidade de agregados foi determinada pelo peneiramento em água, após pré-umedecimento lento dos agregados, por capilaridade (média de 3 repetições). O DMG foi calculado segundo Kemper & Rosenau (1986). O método para medir a resistência dos agregados ao impacto das gotas de chuva simulada (média de 5 repetições) baseou-se em trabalho de Bruce-Okine & Lal (1975), com modificações propostas por Silva et al. (1995). A Fig. 1 mostra o desenho esquemático do simulador de gotas de chuva utilizado. Agregados com diâmetro semelhante aos utilizados no teste de estabilidade (60 agregados/amostra) foram colocados num suporte com abertura de 4 mm sob o gotejador, com frequência constante ( $91 \pm 5$  gotas por minuto), até que fossem destruídos; assim considerados quando passaram pela abertura do suporte. Foi registrado o número de gotas necessárias para destruir os agregados. Os agregados não destruídos após cinco minutos de exposição foram classificados como resistentes. Após o teste, calculou-se a energia cinética total necessária para a destruição dos agregados multiplicando-se a energia cinética gerada por uma gota pelo número de gotas necessárias para destruir os agregados. Para o cálculo da energia cinética, foram utilizadas as seguintes equações (Laws, 1941):

$$V = (G C^{-1})^{0,5} \tanh [T (G C)^{0,5}] \quad e$$

$$T = \{\text{arccosh} [\exp(Z C)]\} (G C)^{-0,5}$$

onde:

V é a velocidade terminal da gota ( $\text{m s}^{-1}$ ),

Z é a altura de queda (1,72 m),

G = 9,81  $\text{m s}^{-2}$ ,

T é o tempo de queda (s),

C é o coeficiente que expressa a ação do atrito da gota com o ar ( $\text{m}^{-1}$ ). Este coeficiente pode ser determinado segundo Hills (1988), citado por Silva et al. (1995), pela seguinte equação:

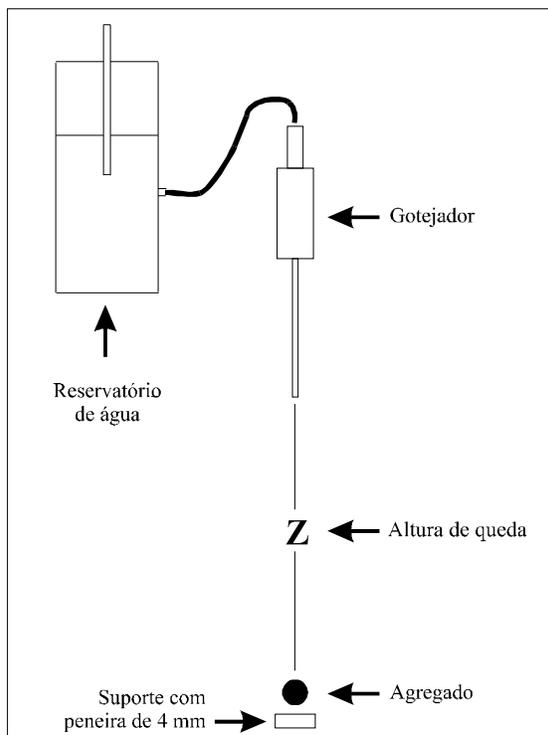
$$C = (0,804 - 0,264 D + 0,066 D^2 - 0,004 D^3) (1,109 D)^{-1}$$

onde:

D é o diâmetro da gota (4,17 mm).

A energia cinética foi calculada pela seguinte equação:

$$EC = 0,5 M V^2$$



**FIG. 1. Desenho esquemático do simulador de gotas de chuva utilizado na determinação da resistência dos agregados.**

onde:

EC é a energia cinética total da gota de chuva (J) e

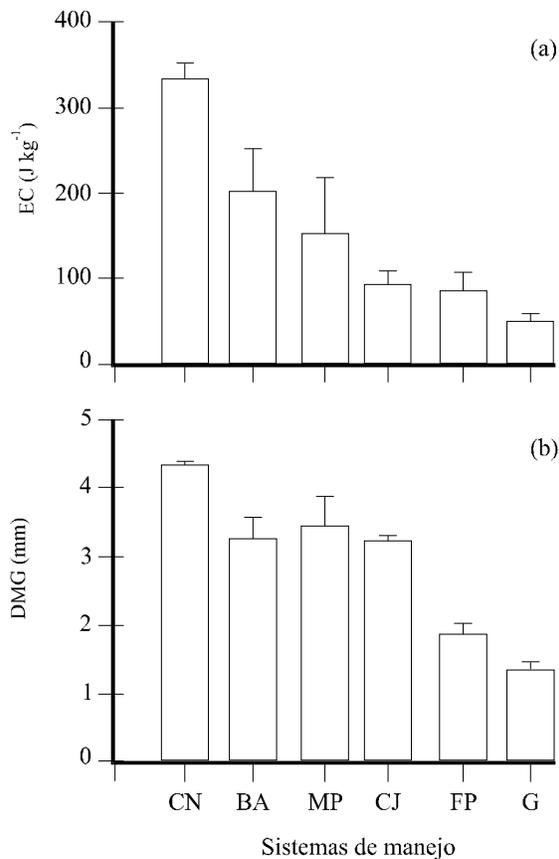
M é a massa da gota de chuva (kg).

O resultado final é expresso em  $J\ kg^{-1}$  de agregado.

Os dados de EC e DMG foram submetidos à análise de variância. Os tratamentos foram comparados por contrastes ortogonais e testados pelo teste de Scheffé, a 5% de probabilidade. Em seguida, estabeleceram-se correlações de Pearson entre matéria orgânica e EC total das gotas de chuva simulada necessária para destruir os agregados e entre matéria orgânica e o DMG. Essas correlações foram testadas quanto à sua significância pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Fig. 2 observam-se os resultados da EC necessária para destruir os agregados, e do DMG para os diversos tratamentos estudados. Os agregados foram mais sensíveis ao método do impacto das gotas do que ao do peneiramento em água, visto que aquele proporcionou maior discriminação entre os diversos tratamentos. Resultados semelhantes foram encontrados por Angulo et al. (1984). A correlação entre os métodos DMG e EC foi positiva ( $r = 0,84$ ) e significativa. Tais resultados corroboram aqueles encontrados por Angulo et al. (1984) e Roth & Haas (1989), indicando a possibilidade de adoção do método do impacto de gotas em estudos desta natureza.



**FIG. 2. Energia cinética (EC) necessária para destruir agregados (a) e diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados (b) para os sistemas de manejo estudados (CN = cerrado nativo, BA = braquiária, MP = mucuna-preta, CJ = braquiária, FP = feijão-de-porco, G = guandu).**

Os valores do DMG (Fig. 2) apresentaram uma variação de 4,38 mm a 1,40 mm, respectivamente, nos tratamentos CN e G, tendo as leguminosas arbustivas (CJ e G), as leguminosas decumbentes (MP e FP) e a gramínea (BA) apresentado valores médios em torno de 2,35 mm, 2,70 mm e 3,30 mm, respectivamente. Campos et al. (1995), comparando o DMG em sistemas de plantio direto e convencional (escarificação e uma gradagem antes das culturas de inverno e uma aração e duas gradagens antes das culturas de verão), em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, de Cruz Alta (RS), encontraram valores médios de DMG em torno de 2,15 mm e 1,10 mm, respectivamente, nos sistemas de plantio direto e convencional. Esses valores estão bem abaixo dos encontrados no presente estudo, o que se deve, provavelmente, às características mineralógicas do solo em questão (Tabela 1), com predomínio de gibbsita, que favorece maior agregação, em consonância com os resultados obtidos por Ferreira (1988).

O CN propiciou agregados mais resistentes e maior DMG em relação aos adubos verdes estudados (Fig. 2), com diferença significativa ( $P < 0,05$ ). Tais resultados estão de acordo com os encontrados por Roth & Haas (1989) e Carpenedo & Mielniczuk (1990), que constataram maior agregação nos sistemas em equilíbrio com maiores teores de matéria orgânica (Tabela 2) e uma boa diversidade e atividade microbiana na massa do solo. Entretanto, apesar da ausência de informações sobre a estrutura do solo no período anterior ao do presente experimento, os resultados aqui obtidos não descartam a possibilidade de os adubos verdes estarem atuando na inversão do quadro de outrora, no qual, segundo o histórico, o sistema de preparo era feito com aração e gradagens pesadas, ocasionando a destruição da estrutura. Essas observações podem ser

confirmadas por meio da similaridade de tendência dos resultados de DMG observados por Campos et al. (1995) e dos resultados observados no presente estudo.

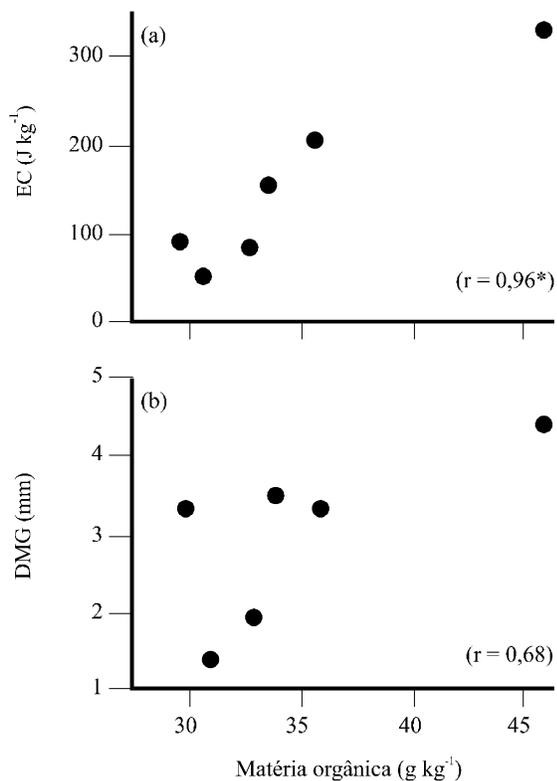
Entre os adubos verdes, nos métodos de impacto de gotas de chuva simulada e da estabilidade de agregados (Fig. 2), o tratamento com a BA propiciou maior resistência e maiores agregados do que as leguminosas, sendo tal diferença significativa ( $P < 0,05$ ). Por sua vez, não houve diferença significativa entre as leguminosas arbustivas (CJ e G) e decumbentes (MP e FP). A taxa de decomposição (Tabela 2) da BA foi significativamente maior do que a das leguminosas. Estas apresentam partes mais resistentes à decomposição (lignificadas) em relação à gramínea, o que altera o processo de humificação e polimerização da matéria orgânica. Esse aspecto se reflete na distribuição das frações húmicas e de outros compostos no solo, diferenciando as plantas entre si quanto à atuação sobre a estrutura do solo. Além disso, o sistema radicular das gramíneas apresentou-se mais extenso e ramificado. Alia-se a isso a liberação de exsudatos radiculares, que, em última análise, conferem às gramíneas a qualidade de excelentes estruturadoras do solo (Allison, 1973; Goss & Reid, 1979; Reid & Goss, 1980).

**TABELA 2. Teores de matéria orgânica dos diversos tratamentos e taxa de decomposição dos adubos verdes.**

Tratamento	Matéria orgânica	Taxa de decomposição dos adubos verdes
	---(g kg <sup>-1</sup> )---	------(%)-----
Cerrado nativo	46	-
Braquiária	36	78,9
Mucuna-preta	34	65,6
Feijão-de-porco	33	69,2
Guandu	31	61,3
Crotalária	30	65,6

Na Fig. 3 observa-se a correlação do teor de MO com a EC necessária para destruir os agregados; os maiores teores de MO possibilitam maior resistência ao impacto de gotas de chuva; quanto à estabilidade de agregados, a correlação com a matéria orgânica não foi significativa. Roth & Haas (1989) e Campos et al. (1995) encontraram coeficientes de correlação positivos entre matéria orgânica e DMG, respectivamente, de 0,94 e 0,85 ( $P < 0,05$ ). Resultados semelhantes foram encontrados por Carpenedo & Mielniczuk (1990) quanto à correlação entre matéria orgânica e diâmetro médio ponderado (DMP). Os autores encontraram correlação significativa apenas em uma das duas localidades estudadas e atribuíram a variação do DMP, para um mesmo teor de MO, a diferenças no tipo de MO, mecanismos diferentes de formação dos agregados e oscilações de temperatura e umidade no campo.

O método de energia cinética necessária para destruir os agregados parece reproduzir melhor as forças de campo responsáveis pela desintegração da estrutura do solo. Esse resultado corrobora as observações de Angulo et al. (1984). Outro aspecto a ressaltar é a profundidade de amostragem empregada neste estudo (0 - 20 cm), que pode ter diluído o efeito dos tratamentos. Na maioria dos estudos consultados as amostras foram coletadas no máximo a 10 cm de profundidade.



**FIG. 3. Relação entre o teor de matéria orgânica (MO) e energia cinética (EC) necessária para destruir agregados (a) e o diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados (b).**

### CONCLUSÕES

1. O cerrado nativo apresenta agregados maiores e mais estáveis, sendo necessária maior energia cinética para destruí-los.
2. Nos sistemas de adubos verdes, a gramínea mostra maior ação agregante que as leguminosas.
3. O método do impacto de gotas de chuva simulada apresenta boa performance e proporciona maior discriminação entre os tratamentos em relação ao método de estabilidade de agregados.

### AGRADECIMENTOS

Ao pesquisador João Roberto Correia (Embrapa-CPAC), que participou na condução do experimento, e à Emgopa, pela cessão da área experimental.

### REFERÊNCIAS

- ALLISON, F.E. **Soil organic matter and its role in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1973. p.315-345.
- ANGULO, R.J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M.L.P. Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.7-12, 1984.

- BEARE, M.H.; HENDRIX, P.F.; COLEMAN, D.C. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional and no-tillage soils. **Soil Science Society of America. Journal**, v.58, p.777-786, 1994.
- BRUCE-OKINE, E.; LAL, R. Soil erodibility as determined by raindrop technique. **Soil Science**, Baltimore, v.119, n.2, p.149-157, 1975.
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.121-126, 1995.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.99-105, 1990.
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: ASA, 1965. v.1, p.545-566.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises do solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979. n.p.
- FARRES, P.J.; COUSEN, S.M. An improved method of aggregate stability measurement. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.10, p.321-329, 1985.
- FERREIRA, M.M. **Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos brasileiros**. Viçosa: UFV, 1988. 79p. Tese de Doutorado.
- GOSS, M.J.; REID, J.B. Influence of perennial ryegrass roots on aggregate stability. **Agricultural Research Council Letcombe Laboratory Annual Report**, p.24-25, 1979.
- KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. Part 1, p.425-442. (Agronomy, 9).
- LAL, R.; GREENLAND, B.J. **Soil physical properties and crop production in tropics**. Chichester: John Willey, 1979. p.7-85.
- LAWS, J.O. Measurement of fall-velocity of water-drops and raindrops. **Transactions of the American Geophysical Union**, v.22, p.709-721, 1941.
- McCALLA, T.M. Water-drop method of determining stability of soil structure. **Soil Science**, Baltimore, v.68, p.117-121, 1944.
- REID, J.B.; GOSS, M.J. Changes in the aggregate stability of a sandy loam effected by growing roots of perennial ryegrass (*Lolium perenne*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.31, p.325-328, 1980.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. de; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1995. 304p.
- ROTH, C.; HAAS, U. **O efeito das interações físico-químicas do solo na agregação de um Latossolo Roxo**. Berlin: Technische Universität Berlin, 1989. 20p. Relatório final.
- SANTOS, P.F.; WHILFORD, W.G. The effects of microarthropods on litter decomposition in a Chihuazhuan ecosystem. **Ecology**, v.62, p.654-669, 1981.
- SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MARQUES, J.J.G.S.M.; LIMA, L.A.; FERREIRA, M.M.; LIMA, J.M. Resistência ao salpico provocado por impacto de gotas de chuva simulada em latossolos e sua relação com características químicas e mineralógicas. **Ciência e Prática**, Lavras, v.19, n.2, p.182-188, 1995.
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. **Australian Journal of Soil Research**, v.17, p.429-441, 1979.
- VETTORI, L. **Métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7).
- 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 Agronomy**, Madison, v.28, n.5, p.337-251, 1936.