

# BRAGANTIA

*Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo*

Vol. 25

Campinas, junho de 1966

N.º 11

## CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA DE UM PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DA ES- TAÇÃO EXPERIMENTAL DE MONTE ALEGRE DO SUL (¹)

JOSÉ PEREIRA DE QUEIROZ NETO, J. BERTOLDO DE OLIVEIRA e FRANCISCO GROH-  
MANN, *engenheiros-agrônomos, Seção de Agrogeologia, Instituto Agro-  
nômico*

### SINOPSE

Com a finalidade de definir o estado estrutural de um podzólico vermelho amarelo-orto, bem como a sua variação frente a diferentes formas de uso, foram feitas as análises de amostras de solo das seguintes parcelas da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul: a) cultura de milho durante 15 anos; b) pomar de frutas de clima temperado, em produção; c) eucalipto de 2.º corte.

Procedeu-se à análise granulométrica e às determinações de pH, C e N totais, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> e K<sup>+</sup> trocáveis. Foram determinados o estado de agregação, por peneiragem a seco, e a estabilidade nágua dos agregados.

Os resultados mostraram redução do diâmetro médio geométrico dos agregados da parcela "eucalipto" (2,55 mm) para a "pomar" (2,35 mm) e desta para "milho" (2,25 mm). A redução da estabilidade nágua na parcela cultivada anualmente foi muito sensível: 87% dos agregados de "eucalipto" foram estáveis nágua, ao passo que de "milho" só 31% o foram.

Os autores discutem as causas desse comportamento do solo.

### 1 — INTRODUÇÃO

A importância do estado físico do solo para o desenvolvimento das plantas é um assunto que vem sendo estudado de longa data. O lavrador reconhece empiricamente êsses aspectos e sabe definir, entre outras coisas, os solos de manejo fácil e difícil, bem como o tipo e a época do trabalho a ser feito. A pesquisa procura, através de estudos de laboratório e de campo, encontrar uma forma de medir todos os aspectos que envolvem a definição do estado físico do solo.

(¹) Trabalho apresentado ao II Congresso Latino-Americano e X Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizados em Piracicaba, São Paulo, de 19 a 23 de julho de 1965. Recebido para publicação em 20 de janeiro de 1966.

O exame de campo, de grande importância na definição do estado físico de um solo, ressen-te-se de um grau muito elevado de subjetividade, sendo baseado comumente na descrição da estrutura. Laws e Evans (11) observam que o termo estrutura do solo, tal como normalmente é empregado, é apenas descritivo e não expressa nenhuma medida numérica.

Várias características físicas do solo estão intimamente relacionadas com a estrutura. A transposição do estudo do estado físico do solo para o laboratório, através da aplicação sistemática de métodos rigorosos de análise, representa uma tentativa de medir aquelas características, bem como de expressar numericamente a estrutura. É preciso lembrar, no entanto, que as análises de estrutura efetuadas em laboratório não representam nada mais do que testes, por não conseguirem reproduzir ainda, "in vitro", tôdas as suas condições de evolução e formação.

Desde há muito vem sendo pesquisado o papel exercido pelos vários constituintes do solo na formação dos agregados. Os tipos de ligação entre o húmus, a argila e a areia, o papel dos óxidos de ferro, a importância da matéria orgânica e dos eletrólitos foram estudados por vários autores (1, 2, 10, 16).

As modificações das condições físicas do solo resultam, na maior parte, em mudanças do estado estrutural, tendo vários autores sugerido a introdução de métodos e fórmulas para definir a estabilidade da estrutura (15, 16). Esta é influenciada por vários fatores externos ao solo, que concorrem para a sua degradação ou melhoria: o clima, as culturas, os instrumentos agrícolas, os adubos etc.; êsses aspectos foram objeto de pesquisas detalhadas (1, 3, 4, 5, 6, 11).

Na maior parte dos casos, define-se o estado de agregação por peneiragem a sêco, que procura representar a distribuição dos agregados por classes de tamanho, no momento da amostragem no campo, e a estabilidade nágua dos agregados, por ser a água um dos agentes mais importantes na formação e destruição dos agregados (13).

As pesquisas sôbre a estrutura, entre nós, foram iniciadas por Grohmann (7), que aplicou o método de Yoder (16), na determinação da estabilidade nágua dos agregados de dois solos do Estado de São Paulo, sujeitos a tipos de uso diversos. Posteriormente, Grohmann e Conagin (8) aplicaram o método de Russel e Feng (15) para definir a resistência dos agregados à ação da água.

Iniciando pesquisas mais sistemáticas sôbre a estrutura das terras roxas (latossolos roxos), Grohmann e Arruda (9) estudaram a influência do preparo do solo sôbre o estado de agregação.

Posteriormente, Queiroz e Grohmann (13) estudaram a influência de diferentes tipos de adubação sobre o estado de agregação daquele solo.

Prosseguindo esses estudos sobre estrutura, são apresentados neste trabalho os resultados de pesquisa efetuada com um podzólico vermelho amarelo-orto da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul. Sua finalidade principal é definir o estado de agregação, a estabilidade nágua dos agregados, suas variações em parcelas submetidas a usos diferentes, bem como apresentar uma tentativa de interpretação dos fatos registrados.

## 2 — MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram coletadas em três parcelas contíguas, da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, correspondentes, aproximadamente, à profundidade máxima alcançada pelos trabalhos de preparo e cultivo (0 a 25 cm) e ao horizonte A ( $A_1 + A_2$ ). Foram retiradas amostras em duplicata, das seguintes parcelas:

- a) Parcela “milho” — cultivada ininterruptamente durante 15 anos;
- b) Parcela “pomar” — com árvores frutíferas em produção;
- c) Parcela “eucalipto” — com plantas bem desenvolvidas de 2.º corte.

O trabalho mecânico para o preparo do solo, na parcela “milho”, é bastante intenso, e consta de duas arações profundas, gradagens, sulcamentos para o plantio, tratos culturais etc. Na parcela “pomar”, o trabalho mecânico de preparo do solo consta somente de tratos culturais superficiais, com a finalidade de extirpar as ervas daninhas e incorporar a matéria orgânica. A parcela “eucalipto” representa o solo em repouso, o mais próximo possível das condições físicas naturais.

Depois de secas ao ar, as amostras foram passadas em peneira de 7 mm de abertura de malha. Em cada amostra foram efetuadas as seguintes determinações: granulometria, pH, C e N totais,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  e  $K^+$  trocáveis, segundo os métodos em uso na Seção de Agrogeologia (12).

A análise da estrutura foi feita através da determinação do estado de agregação e da estabilidade nágua dos agregados. O estado de agregação foi obtido por peneiragem a seco, num conjunto de peneiras de 4, 2, 1, 0,5, 0,25 e 0,105 mm de aberturas

de malha, obedecendo ao método proposto por Grohmann e Arruda (9). A estabilidade náguia foi estudada na classe de tamanho de agregados de 4-2 mm, segundo o método utilizado por Grohmann (7). As amostras, previamente secas ao ar, foram umedecidas por capilaridade e deixadas em repouso durante 12 horas, antes de se proceder à peneiragem a úmido. Para efeito da análise da estabilidade, somente foram considerados os agregados retidos na peneira de 2 mm, após os tratamentos.

Foram construídos histogramas de distribuição dos agregados por classes de tamanho e curvas cumulativas dessa distribuição, em escala de probabilidade logarítmica, a fim de permitir o cálculo do diâmetro médio geométrico dos agregados, como fôra proposto por Gardner (5).

### 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1 figuram os resultados das determinações físicas e químicas nas amostras das diversas parcelas. Os resultados representam as médias dos dados obtidos nas duas amostragens de cada parcela.

A análise granulométrica revelou grande homogeneidade dos solos das diferentes parcelas, havendo somente certa variação das porcentagens de areia grossa, mais elevada na parcela "eucalipto". Esse teor mais alto de areia grossa foi compensado, no entanto, por menor quantidade de areia fina.

Quanto aos outros elementos, verificou-se que a parcela "milho" apresentou os teores mais baixos, à exceção do  $\text{Ca}^{++}$  trocável, cujo valor foi intermediário entre os das outras parcelas. As parcelas "pomar" e "eucalipto" apresentaram teores de carbono total bastante próximos; "pomar", além disso, mostrou-se mais rica em N total e  $\text{Ca}^{++}$  trocável e mais pobre em  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{K}^+$  trocáveis do que "eucalipto". A variação da soma de bases trocáveis das três parcelas não foi muito grande, situando-se "pomar" em primeiro lugar, seguida de "eucalipto" e "milho".

No quadro 2 figuram os resultados da análise de agregados.

É possível observar que a parcela "eucalipto" contém maior quantidade de agregados grosseiros ( $> 2,00$  mm), enquanto que "milho" apresenta as porcentagens mais baixas, situando-se "pomar" em posição intermediária. As diferenças, no entanto, não são muito grandes, atingindo um valor total inferior a 10%. Essa variação da quantidade de agregados grosseiros acha-se bem caracterizada pelo diâmetro médio geométrico dos agregados, que diminui sucessivamente de "eucalipto" (2,55 mm) para "pomar" (2,35 mm) e "milho" (2,25 mm).

QUADRO 1. — Características analíticas das amostras de solo massapé (Podzólico Vermelho Amarelo-Orto) sob diferentes formas de uso

Culturas existentes no solo	Análise granulométrica				pH	C total	N total	Bases trocáveis em 100 g de T.F.S.A. (1)			S
	Argila	Limo	Areia fina	Areia grossa				Ca ++	Mg ++	K +	
Milho .....	%	%	%	%		%	%	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg
	28,0	23,5	41,5	7,9	5,45	1,52	0,14	2,35	0,49	0,09	2,93
Pomar .....	23,4	24,1	44,3	8,2	5,30	2,55	0,18	3,11	0,77	0,13	4,01
Eucalipto .....	25,8	25,5	35,0	13,7	5,45	2,42	0,15	2,09	1,07	0,24	3,40

(1) Terra fina seca ao ar, partículas menores que 2 mm.

QUADRO 2. — Distribuição em classes de tamanho e estabilidade náguas dos agregados de solo massapé (Podzólico Vermelho Amarelo-Orto), sob diferentes formas de uso

Culturas existentes no solo	Classes de tamanho dos agregados, em milímetros					Diâmetro médio geométrico dos agregados <i>mm</i>	Estabilidade náguas da classe 4-2 <i>mm</i>			
	7-4 %	4-2 %	2-1 %	1-0,5 %	0,5-0,25 %		0,25-0,105 %	< 0,105 %	> 2,00 <i>mm</i> %	< 2,00 <i>mm</i> %
Milho .....	27,1	28,1	16,9	9,2	5,9	4,1	8,7	31,6	68,4	
Pomar .....	24,1	35,2	16,6	7,7	5,2	3,8	7,4	81,6	18,4	
Eucalipto .....	28,5	34,5	14,9	8,0	5,3	2,8	6,0	87,3	12,7	

As figuras 1 e 2, onde se acham representadas, respectivamente, as curvas de distribuição dos agregados por classes de tamanho e a distribuição cumulativa, em escalas de probabilidade logarítmica, permitem visualizar êsses aspectos.

No quadro 2 figuram, ainda, os resultados da análise da estabilidade nágua dos agregados. Essa análise foi efetuada somente na classe de tamanho de 4-2 mm, já que anteriormente foi verificado que, para êsse tipo de solo, as classes de tamanho 7-4, 4-2 e 2-1 mm apresentavam o mesmo comportamento (14).

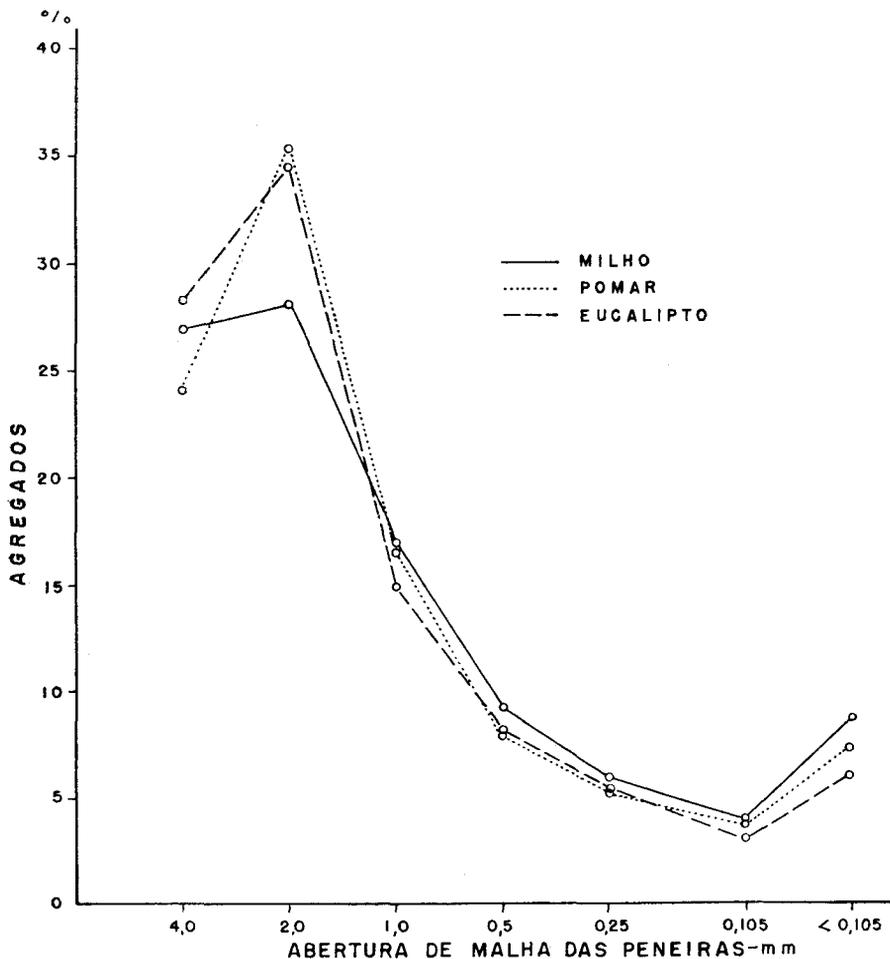


FIGURA 1. — Curvas de distribuição de agregados, em classes de tamanho, das amostras de solo Podzólico vermelho amarelo-orto, da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul.

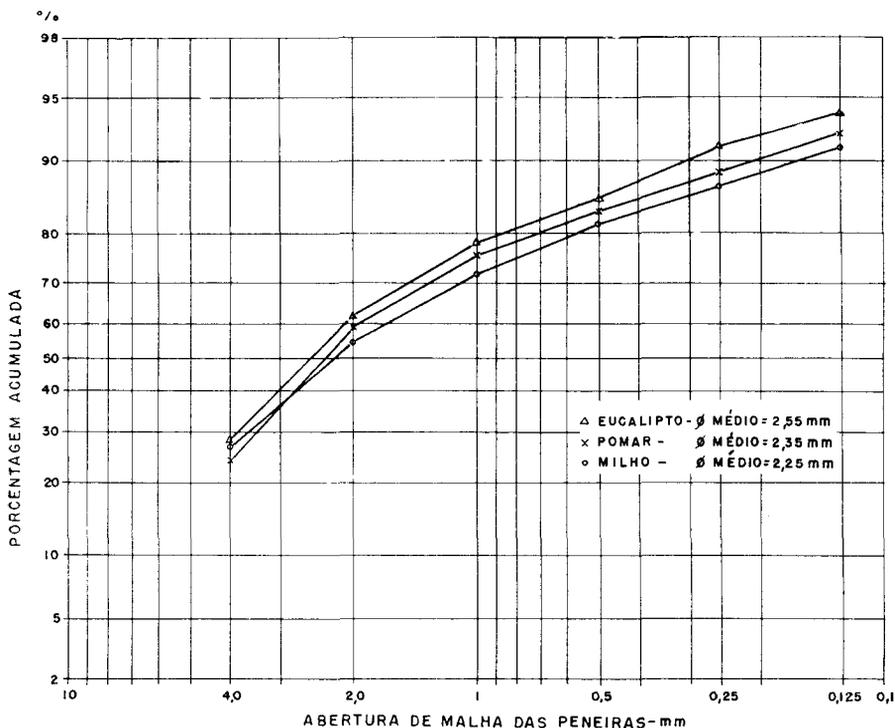


FIGURA 2. — Distribuição acumulada das classes de tamanho dos agregados de amostras do solo Podzólico vermelho amarelo-orto, da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul.

Observa-se que a parcela “eucalipto” apresentou a maior estabilidade nágua de agregados, seguida de perto pela parcela “pomar”. A parcela “milho”, por outro lado, mostrou redução considerável da estabilidade nágua, com quebra de cerca de 50% dos agregados maiores do que 2,00 mm em relação às outras duas.

O conjunto desses resultados indica que a utilização intensiva do solo promove uma alteração da estrutura que, sob certos aspectos, é considerável, confirmando o que já fôra observado anteriormente pelos autores (7, 8, 9, 13). A estabilidade nágua dos agregados é a característica que reflete mais intensamente essa alteração. A analogia dos resultados obtidos neste trabalho com os apresentados por Grohmann (7) é notável: o solo podzólico vermelho amarelo-orto (massapê) sob pastagem apresentou mais de 80% de agregados estáveis nágua, tal como sob “eucalipto”, ao passo que o cultivado anualmente só apresentou, segundo aquele autor, pouco, mais de 35%.

O estado de agregação da parcela "milho", muito próximo do da parcela "eucalipto", indica possuírem êsses solos um notável poder de reagregação, mesmo quando intensamente cultivados. Pode-se supor que, chegada a época das chuvas, o solo tornar-se-ia mais macio, com agregados menores; o trabalho agrícola, feito nessa época, poderia concorrer para acentuar êsse aspecto, mas não de maneira definitiva, como deixa entrever a grande capacidade de reagregação. Uma vez perdida a umidade, ocorreria novamente a cimentação dos agregados menores em elementos maiores, voltando o solo a apresentar, a seco, um estado de agregação semelhante ao primitivo e muito próximo do apresentado por um solo não cultivado. A parcela mais intensamente cultivada ("milho") apresentaria, assim, uma variação sazonal das condições estruturais, em função da flutuação do teor de umidade durante o ano, fenômeno êsse já observado por outros autores, em outros solos. A degradação da estrutura, nesse caso, teria caráter temporário, e a alternância de umedecimento e secagem, que, segundo Laws e Evans (11), é essencial para a formação de agregados, concorreria para manter quase inalterado o estado de agregação a seco.

Não possuem ainda os autores elementos que permitam ajuizar da influência dessas variações da estrutura sobre o desenvolvimento das plantas.

Comparando os resultados dos quadros 1 e 2, é possível destacar alguns fatos relacionados a êsses problemas.

As amostras "pomar" e "eucalipto", com teores de carbono mais elevados, possuem maior quantidade de agregados grosseiros e maior estabilidade nágua, enquanto que "milho", com teores mais baixos de carbono, apresenta menos agregados grosseiros e menor estabilidade nágua. A matéria orgânica teria dois efeitos sobre a estrutura: aumento de porcentagem de agregados grosseiros e de estabilidade nágua, como, aliás, já fôra observado por vários autores (1, 2, 4, 10, 13).

A parcela "pomar" apresenta estabilidade nágua um pouco menor do que "eucalipto", apesar de conter mais carbono total. A diferença entre ambas será encontrada sobretudo nos níveis de cálcio trocável, mais alto na "pomar". A parcela "milho", por outro lado, de estabilidade nágua nitidamente inferior, apresenta uma porcentagem de carbono total bem mais baixa do que "eucalipto" e um teor de cálcio pouco maior.

A ação dos eletrólitos sobre a estrutura ainda é assunto pouco esclarecido. Algumas pesquisas parecem indicar que a presença de cálcio trocável não afetaria diretamente a agregação ou estabilização dos agregados, por não ser êsse elemento um agente cimentante, mas poderia ter uma ação indireta por condicionar o tipo e a evolução da matéria orgânica (1). Segundo outros auto-

res, a aplicação de calcário exerceria uma ação depressiva não só sobre a agregação, mas também sobre a estabilidade nágua, mesmo quando acompanhada da aplicação de estêrco (2, 13).

Os resultados apresentados neste trabalho, apesar de pouco numerosos, parecem confirmar algumas dessas hipóteses. As parcelas mais ricas em carbono — “pomar” e “eucalipto” — são as que apresentam maior quantidade de agregados grosseiros. Os teores mais elevados de cálcio trocável exerceriam, nesse caso, uma ação depressiva sobre o estado de agregação, diminuindo ligeiramente a porcentagem de agregados maiores do que 2 mm da parcela “pomar” em relação à “eucalipto”, apesar de conter, aquela, maior quantidade de matéria orgânica. Na parcela “milho” é possível que a diminuição dos agregados grosseiros seja devida, pelo menos em pequena parte, ao teor de cálcio trocável, mais elevado do que em “eucalipto”. O único elemento cimentante cujos teores não apresentam variação de uma amostra à outra é a argila, que provavelmente seria a responsável pela notável reagregação desse solo, quando sêco.

A estabilidade nágua, por outro lado, estaria mais intimamente relacionada à matéria orgânica, pois a diminuição da porcentagem de carbono coincide com um aumento considerável da instabilidade dos agregados. A existência de teores mais elevados de cálcio trocável nas amostras mais ricas em matéria orgânica, tal como ocorre na parcela “pomar”, indicaria exercer aquêle elemento uma ação depressiva sobre a estabilidade nágua dos agregados. A influência da argila na estabilidade dos agregados não fica bem esclarecida, parecendo êsse elemento exercer um papel secundário, no fenômeno. Koth e Page (10), por exemplo, verificaram experimentalmente que o sistema caulinita-húmus não formaria agregados estáveis, devido à pequena superfície ativa desse tipo de argila, que, aliás, é o principal componente mineralógico dos solos estudados neste trabalho. É possível que o teor de eletrólitos interfira no comportamento da argila, quando esta não se encontra protegida por uma quantidade mínima de matéria orgânica.

#### 4 — CONCLUSÕES

Os resultados da análise da estrutura de um podzólico vermelho amarelo-orto, da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, submetido a diferentes tipos de uso, permitiu verificar a influência exercida pelo cultivo intensivo sobre o estado de agregação e a estabilidade nágua dos agregados: há uma diminuição ligeira da quantidade de agregados grosseiros, e um aumento considerável da instabilidade.

Procurando as causas que determinariam as diferenças encontradas, os resultados levaram a admitir que:

— A matéria orgânica tem uma ação muito nítida sobre a quantidade de agregados grosseiros e estabilidade nágua dos agregados, que aumentam com a elevação dos teores de carbono.

— A argila seria a principal responsável pela manutenção de um estado de agregação elevado, sobretudo nas parcelas cultivadas com maior intensidade e com menor porcentagem de matéria orgânica. O papel da argila na estabilidade nágua não ficou bem esclarecido, parecendo, todavia, ser secundário.

— O cálcio trocável exerceria uma ação depressiva, tanto sobre a quantidade de agregados grosseiros como sobre a estabilidade nágua, mas essas influências não seriam excessivamente grandes dentro do quadro estudado.

— Êsses solos, quando intensamente cultivados e com baixos teores de matéria orgânica, sofreriam uma variação sazonal das condições de estrutura, em função da flutuação do teor de umidade durante o ano.

#### CHARACTERISTICS OF THE STRUCTURAL CONDITIONS OF A RED-YELLOW PODZOLIC SOIL AT THE EXPERIMENTAL STATION OF "MONTE ALEGRE DO SUL"

##### SUMMARY

Analyses of soil samples from different cropping systems were made to define the structural state of a red-yellow podzolic soil at the Experimental Station of "Monte Alegre do Sul".

Soils from the following plots under different cropping systems were studied: a. — corn crops during 15 years, b. — fruit crops and c. — forest with Eucalyptus.

Mechanical analyses and determinations of pH, total N and C, and exchangeable Ca, Mg and K were made.

The aggregate distribution was run by dry sieving and the stability was made by wet sieving.

The results showed a decrease of the mean geometric diameter of the aggregates from the forest plot (2.55 mm) to the fruit plot (2.35 mm) and to the corn plot (2.25 mm).

The decrease of the water stability of the aggregates on the yearly cultivated plot was remarkable: 87% of the aggregate from the forest plot were water stable, while the aggregates from the corn plots only were 31% stable.

The reason of this behavior of the soil is discussed.

## LITERATURA CITADA

1. BAVER, L. D. Soil physics. 3.<sup>a</sup> ed. New York, John Wiley & Sons, 1956. 489p.
2. BROWNING, G. M. & MILAM, F. M. Effect of different types of organic materials and lime on soil aggregation. *Soil Sci.* 57:91-196. 1944.
3. COLE, R. C. Soil macrostructure as affected by cultural treatments. *Hilgardia* 12:429-472. 1939.
4. COMBEAU, A. & MONNIER, G. Méthode d'étude de la stabilité structurale. Application aux sols tropicaux. *Sols Africains* VI:[5]-32. 1961.
5. GARDNER, W. R. Representation of soil aggregate-size distribution by a logarithmic-normal distribution. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 20:151-153. 1956.
6. GISH, R. E. & BROWNING, G. M. Factors affecting the stability of soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 13:51-55. 1948.
7. GROHMANN, F. Análise de agregados de solos. *Bragantia* 19:[201]-213. 1960.
8. ———, & ARRUDA, H. V. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da terra-roxa-legítima. *Bragantia* 20:[1203]-1209. 1961.
9. ———, & CONAGIN, A. Técnica para o estudo da estabilidade de agregados do solo. *Bragantia* 19:[329]-343. 1960.
10. KOTH, E. M. & PAGE, J. B. Aggregate formation in soils with special reference to cementing substances. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 11:27-34. 1946.
11. LAWS, W. D. & EVANS, D. D. The effect of longtime cultivation on some physical properties of two rendzine soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 14:15-19. 1949.
12. PAIVA, J. E. (neto), NASCIMENTO, A. C., KÜPPER, A. (e outros). Solos da Bacia Paraná-Uruguay. São Paulo, Comissão Interestatal da Bacia Paraná-Uruguay. 1961. 168p.
13. QUEIROZ, J. P. (neto) & GROHMANN, F. Estado de agregação da terra-roxa (série Chapadão) num ensaio de adubação de milho. *Bragantia* 22:[635]-646. 1963.
14. ———, ———, & OLIVEIRA, J. B. Características analíticas dos agregados dos solos terra-roxa (série Chapadão) e podzólico vermelho amarelo-orto. (No prélo).
15. RUSSELL, M. B. & FENG, C. L. Characterization of the stability of soil aggregates. *Soil Sci.* 63:299-304. 1947.
16. YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *J. Am. Soc. Agron.* 28:337-351. 1936.