

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UM LATOSSOLO AMARELO MUITO ARGILOSO DO ESTADO DO AMAZONAS SOB DIFERENTES MÉTODOS DE PREPARO DO SOLO

José Carlos Corrêa¹

RESUMO: No Estado do Amazonas, principalmente nas áreas próximas a Manaus, o preparo mecanizado dos solos vem sendo realizado de forma indiscriminada. Tal prática, aliada às precipitações intensas que ocorrem em épocas de solo descoberto, é responsável pela destruição da estrutura do solo e formação de camadas compactadas. O trabalho objetivou avaliar o efeito de três métodos de preparo de solo: convencional (aração e gradagem), rotavator (enxada rotativa) e direto (uso de herbicidas para o controle de invasoras, eliminando os preparos mecanizados de solo) sobre as características físicas e físico-hídricas de um Latossolo Amarelo muito argiloso. Os três sistemas de preparo de áreas foram realizados antes do plantio de milho e caupi, em rotação. A adubação e plantio, nos preparos convencional e rotavator, foram realizados com a plantadeira-adubadeira MF-315 (caupi) e MF-401 (milho). No preparo direto, foi utilizada a plantadeira-adubadeira Rotocaster FNI-Howard. Tais implementos foram acoplados ao trator MF-285. Após três anos de cultivo, os métodos de preparo alteraram significativamente a percentagem de macroporos da camada superficial (0-20 cm) do solo, quando comparados com a floresta virgem sem uso. Conseqüentemente, houve redução na velocidade de infiltração básica do solo submetido aos preparos convencional (14,5 cm/hora), rotavator (13,47 cm/hora) e direto (7,27 cm/hora), em relação à floresta virgem, sem uso (65,5 cm/hora).

Termos para indexação: Solo, porosidade, infiltração, condutividade hidráulica.

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF A CLAYEY YELLOW LATOSSOL IN THE STATE OF AMAZONAS UNDER DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS

ABSTRACT: Mechanized soil tillage has been performed indiscriminately in the region of Manaus, State of Amazonas, as a means of overcoming manual labor shortage. Such practices, in conjunction with high rainfall intensity during periods when the soil is bare, are responsible for soil structure degradation and compaction. This study was performed to evaluate the effects of three tillage systems on the physical characteristics of a clayey Yellow Latossol (oxisol). Treatments were: conventional (plowing and disking), rotary hoe, and no till (no mechanical tillage plus weed control by herbicides). Tillage treatments were performed prior to planting corn and cowpeas in rotation. In the conventional and rotary hoe treatments fertilization and planting were performed with MF-315 (cowpeas) and MF-401 (corn) fertilizer-planter implements. A FNI - Howard Rotocaster planter-fertilizer was utilized for the no-till system. A MF-285 tractor was utilized with all implements. Soil macroporosity was altered significantly only in the topsoil layer (0-20 cm). After three years of cultivation, topsoil (0-20 cm) macroporosity was altered significantly by the tillage systems when compared to an unused virgin forest site. Consequently basic soil infiltration velocities were reduced by the treatments of conventional (14.50 cm/h), rotary-hoe (13.47 cm/h) and no-till (7.27 cm/h) preparation relative to the unused virgin forest (62.5 cm/h).

Index terms: Soil, porosity, infiltration, hydraulic conductivity.

¹ Eng. Agr. M.Sc. EMBRAPA-UEPAE Manaus. Caixa Postal 455. CEP 69000. Manaus, AM.

INTRODUÇÃO

O cultivo intensivo do solo e o seu preparo em condições inadequadas alteram suas características físicas em graus variáveis com a sua natureza. Dependendo da intensidade dessas modificações, tais alterações podem produzir condições limitantes ao desenvolvimento dos vegetais, em detrimento da produtividade, além de grandes perdas de solo por erosão hídrica.

No Estado do Amazonas, principalmente nas áreas próximas a Manaus, o preparo mecanizado dos solos, objetivando suprir a escassez de mão-de-obra, vem sendo realizado de forma indiscriminada. Tal prática, aliada às precipitações intensas que ocorrem nessa região, coincidindo com a época do solo descoberto, constituem fatores responsáveis pela destruição da estrutura do solo e formação de camadas compactadas.

Muitos autores têm estudado o efeito do tráfego de máquinas na degradação de solos sob cultivo. Klingebiel & O'Neal (1952) encontraram alta redução na taxa de infiltração básica de água em solo trabalhado pelas máquinas agrícolas. Flocker et al. (1960), simulando níveis de compactação de solo pelo tráfego de máquinas de colheita em solo úmido, verificaram redução na taxa de infiltração de água, aumento da densidade e formação de torrões no preparo. Segundo Voorhees et al. (1978), o tráfego de máquinas pesadas compactou o solo na zona de passagem das rodas, nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de profundidade, evidenciado pelo aumento da densidade e resistência à penetração.

Dias (1983), estudando o efeito do desmatamento mecanizado nas propriedades físicas do solo investigado, observou que a taxa de infiltração de água das áreas trabalhadas com buldozer foi reduzida significativamente de 60%, quando comparadas com a área de floresta virgem sem uso (200 cm/hora).

Este trabalho objetiva avaliar a influência de diversos sistemas de preparo do so-

lo sobre algumas características físicas (densidade, porosidade total e macro e microporosidade) e físico-hídricas (condutividade hidráulica e infiltração de água) de um Latossolo Amarelo muito argiloso de Manaus, AM.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) — UEPAE de Manaus, situada à margem esquerda da rodovia AM-010 (km 30) que liga a cidade de Manaus ao município de Itacoatiara, entre as coordenadas geográficas de 2°51'07" e 2°54'10" de latitude sul e 57°57'20" e 60°01'20" de longitude WGr.

O solo foi classificado, por Rodrigues et al. (1972), como Latossolo Amarelo muito argiloso, conforme Anexos. Caracteriza-se por ser um solo muito profundo, intensamente intemperizado, bem drenado e de textura muito argilosa. O perfil é bem desenvolvido, apresentando o horizonte A muito delgado e o B latossólico; a sua capacidade de troca de cátions e saturação de bases são muito baixas, o que lhe confere uma baixa fertilidade.

De acordo com o Boletim Agrometeorológico (1983), o clima é do tipo Af, na classificação de Köppen, caracterizado por apresentar temperatura do mês mais frio sempre superior a 18°C e precipitação pluviométrica do mês mais seco superior a 60 mm.

O estudo foi feito em área com topografia uniforme (2% a 3% de declividade), sob condições de floresta. A floresta foi derrubada com "tree pusher", queimada, enleirada, em seguida, arada e gradeada para facilitar a catação manual de tocos.

O experimento foi instalado em maio de 1980 com os seguintes tratamentos: a) Preparo convencional — consistiu de uma aração (arado MF com quatro discos) e uma gradagem (grade MF de 32 discos); b) Preparo rotavator — realizado com uma rotação através de enxada rotativa (ro-

rovator FNI - Howard). A profundidade de aração, gradagem e rotavação foi de aproximadamente 20 cm; c) Preparo direto — eliminaram-se as operações acima descritas e outros métodos convencionais de preparo; as ervas daninhas foram controladas com herbicidas. Os três sistemas de preparo de área foram realizados antes do plantio do milho e do caupi, em rotação anual. A adubação e plantio, no preparo convencional e rotavator, foram realizados com a plantadeira-adubadeira MF-315 (caupi) e MF-401 (milho). No preparo direto, foi utilizada a plantadeira-adubadeira Rotocaster FNI — Howard. Os implementos acima citados foram acoplados ao trator MF 285; e.d) Floresta virgem sem uso — foi utilizada como testemunha.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições, tendo cada parcela a área de 300m² (15m x 20m).

Para avaliar o efeito dos diferentes sistemas de preparo, sobre as propriedades físicas do solo, durante três anos, foram coletadas amostras de solos em triplicata, nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm, em três locais dentro de cada parcela, de forma que cada resultado representou uma média de nove repetições.

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

As amostras com estrutura deformada e não deformada foram submetidas às seguintes análises:

Densidade real do solo: determinada com balão volumétrico aferido de 50 ml empregando álcool etílico (Oliveira 1960).

Densidade do solo: determinada segundo técnicas descritas por Blake (1965) fundamentada na utilização de cilindros metálicos de volume conhecido para obter amostras de solos com estrutura natural.

Porosidade total: obtida através de densidade real (dr) e da densidade do solo (ds), segundo a seguinte fórmula:

$$P_t = \frac{(\bar{d}_r - d_s)}{d_r} \times 100$$

— Macroporosidade: calculada através da diferença entre a porosidade total e a microporosidade, sendo esta determinada em amostras não deformadas submetidas a tensões de 1/10 atm, através do método da placa porosa descrito por Richards (1954).

— Água disponível: foi obtida alternativamente pela diferença entre os teores de água a 1/3 atm e 1/10 atm como limite superior, e 15 atm, como limite inferior. Os teores de água a 1/3 atm e 1/10 atm foram determinados em amostras não deformadas, enquanto que o teor de água a 15 atm obteve-se em amostras deformadas. Para essas determinações utilizou-se o método do extrator de placa porosa descrito por Richards (1954).

— Condutividade hidráulica do solo (K): determinada através do permeâmetro de carga constante, descrito por Oliveira (1961), utilizando amostras com estrutura natural, coletadas com extrator recomendado por Uhland (1949). Seu cálculo obedece à lei de Darcy, expressa pela seguinte equação:

$$K = \frac{Q \times L}{A \times H \times t}$$

onde: Q = vazão (cm³)

L = comprimento da coluna (cm)

A = secção transversal da área (cm²)

H = carga hidráulica

t = tempo (minutos)

— Infiltração do solo: As medidas de infiltração foram determinadas pelo método de duplo cilindro, descrito por Bertrand (1965), utilizando-se hidrômetro como medidas da água consumida na infiltração, segundo Dias (1983), com três observações por parcela, totalizando nove observações por tratamento.

As taxas de infiltração foram representadas graficamente em escala log. log usando-se a equação do Kostrakov (Philip 1957), através do método da regressão linear que se expressa como: $I = aT^n$.

A capacidade de infiltração do solo foi classificada, conforme O'Neal (1949), em:

muito lenta (0,13 cm/hora), lenta (0,13 - 0,51 cm/hora), moderadamente lenta (0,51 - 2,03 cm/hora), moderada (2,03 - 6,35 cm/hora), moderadamente rápida (6,35 - 12,7 cm/hora), rápida (12,7 - 25,4 cm/hora) e muito rápida (>25,4 cm/hora).

Foram coletadas amostras de solo, antes do teste de infiltração, para determinação da umidade gravimétrica que, posteriormente, foi transformada para percentagem em volume.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados da condutividade hidráulica dos tratamentos (Tabela 1), após três anos, permite verificar que os métodos de preparo alteraram, com diferentes intensidades, esta propriedade físico-hídrica do solo, na profundidade entre 0-20 cm, quando comparados com a floresta virgem sem uso. O preparo direto, entretanto, foi o que mais contribuiu para reduzir a condutividade hidráulica do solo em relação aos demais tratamentos. Os preparos convencional e rotavator, por outro lado, não apresentaram diferenças significativas entre si. Na profundidade entre 20-40cm, a condutividade não foi afetada pelos métodos de preparo do solo.

As maiores condutividades exibidas pelos preparos convencional e rotavator, na profundidade entre 0-20 cm, foram devidas à mais intensa mobilização do solo, durante o preparo de área, deixando-o mais solto; enquanto que para o preparo direto,

TABELA 1. Valores médios de condutividade hidráulica do Latossolo Amarelo muito argiloso sob diferentes métodos de preparo de área.

| Tratamentos | Condutividade hidráulica | | | |
|-----------------|--------------------------|--------------------|-----------|-------|
| | 0-20 | 20-40 | \bar{x} | 0-40 |
| | cm/hora | | | cm |
| Convencional | 34,3 ^a | 8,38 ^a | 21,34 | 13,51 |
| Direto | 16,44 ^b | 7,30 ^a | 11,87 | 10,10 |
| Rotavator | 30,14 ^a | 9,86 ^a | 20,00 | 14,87 |
| Floresta virgem | 49,86 ^c | 10,37 ^a | 30,11 | 17,17 |
| \bar{x} | 32,69 | 8,98 | | |

Valores com a mesma letra, em cada profundidade não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

devido ao tráfego da maquinaria agrícola sem uma ação destinada a soltar e granular o solo, registrou-se redução nas suas propriedades transmissoras de água.

A condutividade hidráulica está intimamente associada com o volume de poros, especialmente os chamados macroporos ou poros não capilares, responsáveis pela drenagem, percolação e aeração do solo. Na Tabela 2, observa-se, que o solo submetido aos três métodos de preparo, quando comparados com o da floresta virgem, aumentaram significativamente a densidade na profundidade compreendida entre 0-20 cm, reduzindo, conseqüentemente, o volume de macroporos. O preparo direto, entretanto, foi o que mais contribuiu para essa redução.

A quantidade de água disponível do solo pode ser analisada nas diferentes profundidades, considerando-se os percentuais retidos às tensões de 1/3 e 1/10 atm, alternativamente, como limite superior da faixa de água disponível, e de 15 atm como limite inferior. Observa-se (Tabela 2) que o aumento da densidade do solo, na profundidade compreendida entre 0-20 cm, produzido pelo preparo direto, proporcionou uma maior quantidade de água disponível no solo (Tabela 3), respectivamente a tensões de 1/3 atm e 1/10 atm. A floresta virgem, por possuir, nesta profundidade, valores de densidade do solo (0,93 g.cm⁻³) significativamente inferiores, é que apresenta menor quantidade de água disponível. Petersen et al. (1968) encontraram estreita correlação entre a densidade do solo e o teor de água a 1/3 atm. Hill & Sumner (1967), estudando solos de Natal (USA), verificaram que o incremento da densidade do solo aumentou a quantidade de água retida, a um potencial matricial constante em solos arenosos, e uma diminuição em solos franco arenosos e franco argilo arenosos, a baixas tensões. Consideraram que os efeitos da densidade sobre as características hídricas devem-se à diferença na geometria e distribuição dos poros.

A taxa final de infiltração é a caracte-

TABELA 2. Valores médios de densidade do solo, macro e microporosidade do Latossolo Amarelo muito argiloso sob diferentes métodos de preparo de área.

| Tratamentos | Dens. do solo (g.cm^{-3}) | | | Macroporosidade (%) | | | Microporosidade (%) | | |
|-----------------|--------------------------------------|-------------------|-----------|---------------------|-------------------|-----------|---------------------|-------------------|-----------|
| | 0-20 | 20-40 | \bar{x} | 0-20 | 20-40 | \bar{x} | 0-20 | 20-40 | \bar{x} |
| | cm | | | cm | | | cm | | |
| Convencional | 1,03 ^a | 1,14 ^a | 1,08 | 18,8 ^a | 8,2 ^a | 13,5 | 38,0 ^a | 46,0 ^a | 42,0 |
| Direto | 1,17 ^b | 1,13 ^a | 1,15 | 9,4 ^b | 10,0 ^a | 9,7 | 43,0 ^b | 45,0 ^a | 44,0 |
| Rotavator | 1,01 ^a | 1,14 ^a | 1,07 | 17,7 ^a | 8,5 ^a | 13,1 | 39,0 ^a | 46,2 ^a | 42,6 |
| Floresta virgem | 0,93 ^c | 1,12 ^a | 1,02 | 25,4 ^c | 10,0 ^a | 17,7 | 34,0 ^c | 45,2 ^a | 39,6 |
| \bar{x} | 1,03 | 1,13 | | 17,8 | 9,2 | | 38,5 | 45,6 | |

Valores com a mesma letra em cada profundidade não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

rística mais sensível para detectar as modificações introduzidas pelo preparo de solo. Os resultados obtidos na caracterização das propriedades físicas do solo submetido aos métodos de preparo convencional, direto e rotavator (Tabela 1 e Tabela 2) demonstram, mais uma vez, que as variações na velocidade de infiltração estão direta e indiretamente relacionadas com parâmetros, tais como: densidade do solo, macro e microporosidade, e condutividade hidráulica, já discutidos anteriormente. A velocidade de infiltração é maior quando a macroporosidade e a condutividade hidráulica são maiores. A velocidade de infiltração diminui com a compactação do solo através do aumento de sua densidade e microporosidade. Outro fator que pode afetar a velocidade de infiltração é a umidade do solo, antes da determinação da capacidade de infiltração. No momento dos testes de infiltração, a umidade dos solos (Tabela 3), nas profun-

didades de 0-20 cm e 20-40 cm, das áreas submetidas aos métodos de preparo, apresentavam valores próximos à capacidade de campo (1/3 atm).

As infiltrações básicas foram afetadas pelos três métodos de preparo de área convencional (14,95 cm/hora), direto (7,27 cm/hora) e rotavator (13,47 cm/hora), quando comparados com o de floresta virgem sem uso (62,51 cm/hora). Entretanto, o preparo direto foi o que mais afetou a velocidade de infiltração. Conforme classificação da capacidade de infiltração de O'Neal (1949), o solo sob floresta virgem sem uso apresentou uma capacidade de infiltração muito rápida; os preparos convencional e rotavator apresentaram capacidade de infiltração rápida, enquanto no preparo direto, a infiltração foi reduzida para moderadamente rápida.

A Fig. 1 mostra as infiltrações instantânea e acumulada, correspondentes aos

TABELA 3. Percentagem (volume) de água disponível no Latossolo amarelo muito argiloso sob diferentes métodos de preparo de área e de água atual no solo antes dos testes de infiltração.

| Prof. (cm) | Umidade (% volume) | | | | | | | |
|-----------------|--------------------|---------|--------|-----------------|---------|---------------------|--------------------|-------|
| | Tensões | | | Água disponível | | Antes (Infiltração) | Após (Infiltração) | |
| | 1/10 atm | 1/3 atm | 15 atm | 1/10 atm | 1/3 atm | | | |
| Convencional | 0 - 20 | 40,74 | 38,10 | 27,35 | 13,39 | 10,75 | 37,33 | 52,63 |
| | 20 - 40 | 44,97 | 43,28 | 31,64 | 13,33 | 11,64 | 42,94 | 57,28 |
| Direto | 0 - 20 | 45,47 | 42,50 | 28,00 | 17,47 | 14,50 | 46,01 | 56,03 |
| | 20 - 40 | 44,70 | 42,40 | 31,53 | 13,11 | 10,87 | 43,27 | 54,28 |
| Rotavator | 0 - 20 | 40,87 | 37,68 | 26,75 | 14,12 | 10,93 | 36,50 | 53,36 |
| | 20 - 40 | 46,35 | 41,79 | 31,62 | 14,73 | 10,17 | 43,66 | 53,78 |
| Floresta virgem | 0 - 20 | 40,87 | 36,00 | 28,00 | 12,87 | 8,00 | 33,87 | 44,57 |
| | 20 - 40 | 50,65 | 42,00 | 33,40 | 17,25 | 8,60 | 39,91 | 48,54 |

solos sob diferentes métodos de preparo. Observa-se que a penetração da água, tanto no início quanto no final do teste de infiltração, foi maior no solo sob floresta virgem sem uso, ao passo que a menor infiltração correspondeu ao solo submetido ao cultivo direto. Os preparos convencional e rotavator apresentaram valores de infiltração intermediários e muito próximos um do outro. Nessas condições, após a quase saturação do solo, uma chuva com intensidade de 14,95 cm/hora produziria escoamento superficial na área preparada pelo método convencional, e de apenas 7,27 cm/hora na área com o preparo direto. Já para a área de floresta virgem, o escoamento superficial só ocorreria se a intensidade da chuva fosse superior a 62,51

cm/hora. Esses valores são bastante superestimados se considerarmos que a infiltração real da chuva pode ser até oito vezes menor que a infiltração medida pelo método do duplo cilindro. Isto se deve à ocorrência de selamento superficial durante a chuva e à diferença de carga hidráulica na

TABELA 4. Valores de infiltração básica e acumulada de um Latossolo Amarelo muito argiloso sob diferentes sistemas de preparo de área.

| Tratamentos | Infiltração | |
|-----------------|------------------|-------------------|
| | Básica -cm/h- | Acumulada — cm |
| Convencional | 14,95 | 22,57 |
| Direto | 7,27 | 11,58 |
| Rotavator | 13,47 | 33,17 |
| Floresta virgem | 62,51 | 56,38 |

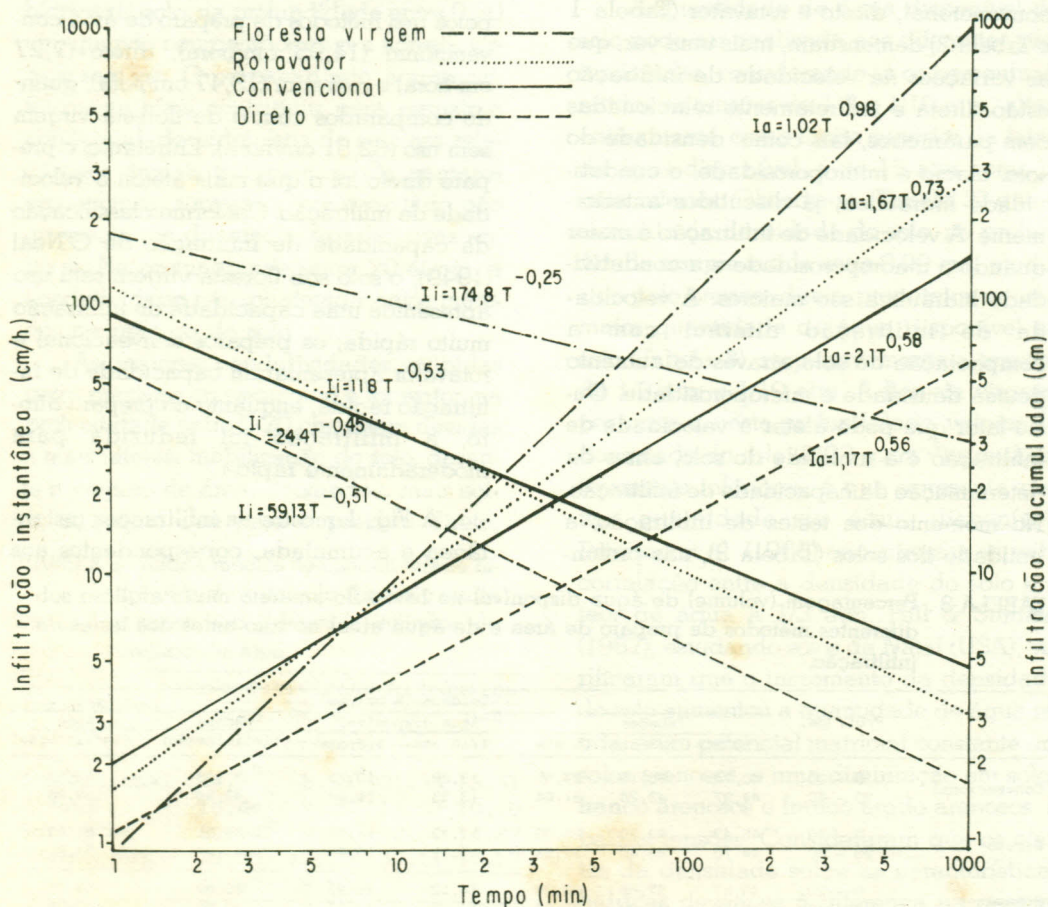


FIG. 1. Infiltração instantânea e acumulada do solo Latossolo Amarelo muito argiloso sob métodos de preparo convencional, direto e rotavator.

superfície do solo (Musgrave & Holtan 1964). É perfeitamente válido prever, com base nos resultados dos testes efetuados, que a grande maioria das chuvas que ocorrem na região em estudo causa escorrimento superficial e danos por erosão em solos cultivados.

CONCLUSÕES

Os métodos de preparo de solo (convencional, direto e rotavator) provocaram, durante três anos de cultivo, efeitos significativamente diferentes sobre os parâmetros físicos e físico-hídricos, particularmente à profundidade compreendida de 0-20 cm.

A modificação da porosidade do solo à profundidade de 0-20 cm, provocada principalmente pelo método de preparo direto, devido à influência das pressões (peso do trator e implementos) e ao impacto das gotas de chuvas, afetou a permeabilidade do solo e poderá, com o passar dos anos, reduzir sensivelmente esse parâmetro se não houver uma ação mecânica destinada a soltar e granular o solo.

A excelente estabilidade dos agregados desse solo tem sido a propriedade mais importante na resistência a ação desagregante dos implementos agrícolas utilizados nos preparos de solo convencional (arado e grade) e rotavator (enxada rotativa).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTRAND, A.R. Rates of water intake in the field. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L. E. & CLARK, F. E. eds. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v. 1, p. 197-209. (ASA. Agronomy, 9).
- BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E., eds. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.1, p. 374-7. (ASA. Agronomy, 9).
- BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO. EMBRAPA-UEPAE de Manaus. 1983. p. 2.
- DIAS, A.C.P. Effects of selected land clearing methods on the physical properties of an oxisol in the Brazilian Amazon. Manaus, University of Reading, 1983. 187p. Tese Doutorado.
- FLOCKER, W.J.; TIMM, H. & VOMOCIL, J.A. Effect of soil compaction on tomato and potato yields. **Agron. J.**, 52:345-8, 1960.
- HILL, J.N.S. & SUMNER, M.E. Effects of bulk density on moisture characteristics of soil. **Soil Sci.**, 103(4): 234-8, 1967.
- KLINGEBIEL, A.A. & O'NEAL, A.M. Structure and its influence on tilth of soils. **Soil Sci Soc. Am. Proc.**, 16(1):77-80, 1952.
- MUSGRAVE, O.W. & HOLTAN, H.N. Infiltration. In: CHOW, V.T. ed. **Handbook of applied hydrology**. New York, McGraw-Hill, 1964. p. 1-12.
- OLIVEIRA, L.B. de. Estudo do sistema solo-água-planta em solos do nordeste. Recife, IPEANE, 1960. p.30-2. (IPEANE. Boletim Técnico,14).
- OLIVEIRA, L.B. de. Coeficiente de permeabilidade de dois tipos de solo aluvial da Estação Experimental de Curado. Recife, IPEANE, 1961. 35p. (IPEANE. Boletim Técnico, 16).
- O'NEAL, M.A. Soil characteristics significant in evaluating permeability. **Soil Sci.**, 67(5): 17-21, 1949.
- PETERSEN, G.W.; CUNNINGHAM, R.L. & MATELSKI, R. P. Moisture characteristics of Pennsylvania soils. I. Moisture retention as related to texture. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 32(2): 271-5, 1968.
- PHILIP, J.R. The theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equations. **Soil Sci**, 84(3):257-64, 1957.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soil**. Washington, USDA, 1954. (USDA. Agriculture handbook, 60).
- RODRIGUES, T.E.; REIS, R.S.; MORIKAWA, I.K.; FALESI, I.C. & SILVA, B.N.R. da. **Levantamento detalhado dos solos do IPEAAOc**. Manaus, IPEAAOc, 1972. 63p. (IPEAAOc. Boletim Técnico, 3).
- UHLAND, R.E. Physical properties of soils as modified by crops and management. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**,14(1): 51-5, 1949.
- VOORHEES, W.B.; SENST, C.G. & NELSON, W.W. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the Northern corn belt. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 42(2):344-9, 1978.