# EFEITO DO SELAMENTO SUPERFICIAL NA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA DA SUPERFÍCIE DE UM SOLO SOB CERRADO[1]

CÍCERO LOPES DA SILVA[2] e EIYTI KATO[3]

RESUMO - Com o objetivo de quantificar o efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada (Ko) da superfície de um Latossolo Vermelho-Amarelo de cerrado, foram submetidas amostras de solo indeformadas de três diferentes condições de manejo, a saber: solo sob sistema de cultivo tradicional, plantio direto e cerrado virgem, com nove repetições sob chuvas simuladas de energia cinética média de 29 $t.m.ha^{-1}.mm^{-1}$ e tempos de ação das chuvas de zero, 2, 5, 10 e 20 minutos. Posteriormente foram levadas tais amostras ao permeâmetro de carga constante, e, através da equação de Darcy, determinaram-se os valores de Ko para cada condição de manejo, tempo de ação de cada chuva, e repetição. Sugeriu-se um índice f igual à relação de Ko (com os respectivos tempos de chuva)/Ko (sem chuva). Para descrever o comportamento do índice f em relação a cada local amostrado ajustaram-se equações exponenciais negativas e potenciais inversas, usando-se valores de f e as correspondentes EC. Verificou-se que a resistência dos agregados à EC e a conseqüente dificuldade de formação de selamento superficial são muito maiores na área de cerrado virgem do que nas áreas cultivadas. O decréscimo da condutividade hidráulica dos solos pela ação de EC é estabelecido num processo de dois estágios, em que o primeiro estágio é caracterizado por um decréscimo acentuado, e o segundo estágio, por um decréscimo lento.

Termos para indexação: energia cinética das chuvas, equações exponenciais negativas e potenciais inversas.

## EFFECT OF SUPERFICIAL SEALING ON THE SATURATED HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF THE SURFACE OF A SOIL UNDER "CERRADO"

ABSTRACT - Non-disturbed Red-Yellow Latosol samples collected from areas with three different management systems were submitted to five simulated rainfall periods, with an average of kinetic energy of 29 $t.m.ha^{-1}.mm^{-1}$, to quantify their effects on surface soil sealing, measured by the saturated hydraulic conductivity (Ko). The management systems were: traditional system of land preparation, direct drilling and undisturbed cerrado. The rainfall periods tested were: zero, 2, 5, 10 and 20 minutes. The Ko value was determined for all treatments through Darcy's equations using the constant-head method. An index "f" is suggested, which is obtained by the ratio Ko (with the respective rainfall periods)/Ko (without rainfall). In order to describe the behavior of the "f" index for each sampled site, negative exponential equations and inverse potentials were adjusted using f values and their corresponding EC values. The results showed that the resistance of the soil aggregates to the EC and the consequent difficulty of formation of a soil surface seal are higher in an area under undisturbed "cerrado" vegetation than in cultivated areas. The hydraulic conductivity of the soil by the action of EC is established as a two-stage process, where the first stage is characterized by a sharp decrease in conductivity and the second by a slow decrease in conductivity.

Index terms: kinetic energy of rainfall, negative exponential and inverse potentials equations.

## INTRODUÇÃO

São vários os modelos usados na previsão da infiltração da água no solo, desde os eminentemente empíricos até os matemáticos baseados na teoria do movimento da água em meios porosos. Esses últi-

[1] Aceito para publicação em 20 de agosto de 1996.
Extraído da Dissertação de Mestrado do segundo autor.

[2] Eng. Agríc., Dr., Dep. de Engenharia Agronômica, Universidade de Brasília (UnB), Caixa Postal 04508, CEP 70919-970 Brasília, DF.

[3] Eng. Agr., M.Sc., Dep. de Engenharia Agronômica, UnB.

mos, desde que alimentados por parâmetros físico-hídricos do solo representativo da área em estudo, são mais precisos que os modelos empíricos.

A dificuldade em obter parâmetros físico-hídricos, que são representativos de uma área, está na variabilidade espacial desses parâmetros. A condutividade hidráulica da superfície do solo, além da variabilidade espacial, está sujeita a grandes variações temporais se o solo estiver submetido a condições dinâmicas de formação do selo, ou selamento superficial. Selamento superficial é a formação de uma camada delgada (geralmente de 1 a 3 mm) na superfície do solo e é caracterizada por uma elevada densidade global, pequena porosidade e baixa condutividade hidráulica.

A formação do selamento superficial, sob condições de chuva ou irrigação por aspersão, é causada pela destruição dos macroagregados do solo, pelo impacto das gotas. Outro tipo de formação de selo superficial, segundo Eltz (1993), é causado pela dispersão da argila do solo, quando em contato com água de baixa salinidade. Esse fenômeno é muito mais intenso nas regiões áridas e semi-áridas, onde a sodicidade pode estar presente.

Os solos sob cerrado da parte central do Brasil caracterizam-se, na maioria das vezes, por apresentarem alta capacidade de infiltração e grande macroporosidade, apesar do elevado teor de argila. Mesmo com essas características, a agricultura intensiva sobre esses solos tem exigido um alto grau de terraceamento para protegê-los da erosão; isso indica que as propriedades físico-hídricas, supra citadas, são constantemente alteradas durante os anos.

Vários autores constataram diminuição muito acentuada na capacidade de infiltração de água no solo quando submetido à condição de selamento superficial. Jennings et al. (1988) encontraram uma redução nos valores de condutividade hidráulica de 576 mm/h para 5,4 mm/h, ao submetê-los a chuvas simuladas de energia cinética acumulada, variável de 0 a 436 $J/m^2$.

Chu et al. (1986) afirmaram que a formação de crosta na superfície do solo é fator dominante na determinação da taxa de infiltração. Dessa forma, modelos como o de Green-Ampt, que é usado na previsão da infiltração de água no solo, podem ser modificados, para melhor descrever o processo de infiltração.

Tackett & Pearson (1965) verificaram que a densidade global do solo aumenta com o incremento da precipitação sobre ele. Constataram que o efeito é muito mais eminente nos primeiros incrementos da quantidade de precipitação. A conseqüência do aumento da densidade global é a diminuição da macroporosidade, e com isso, uma diminuição da capacidade de infiltração.

Reichert et al. (1988) verificaram que em condições de formação de selo superficial, a velocidade de infiltração básica foi sensivelmente reduzida durante a chuva, em todos os solos por eles estudados, sendo esse efeito mais pronunciado em solos argilosos com argila expansiva ou com alta dispersão de partículas finas.

Chaves et al. (1993) apresentam um modelo para previsão de infiltração baseado no modelo de Horton, mas que leva em consideração o efeito do selamento superficial. Os autores afirmam que esse modelo apresentou desempenho superior na previsão de infiltração em comparação com o original de Horton.

Edwards & Larson (1969) também apresentaram resultados que mostram a diminuição da condutividade hidráulica saturada do solo em função do tempo em que amostras desses solos foram expostas a chuva simulada. A diminuição da condutividade hidráulica saturada teve comportamento diferenciado em cada tipo de solo analisado, e, segundo os autores, isto se deve à resistência diferenciada dos agregados do solo.

Em face das evidências da redução da infiltração de água no solo em função do selamento superficial, planejou-se um experimento no sentido de quantificar esse efeito na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo de cerrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi realizado na Fazenda Água Limpa, na área experimental do Departamento de Engenharia Agronômica da Universidade de Brasília, Brasília, DF.

O solo predominante da região, Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa e a cobertura vegetal natural da região, são os cerrados.

Foram retiradas amostras de três locais com distintos tipos de manejo, a saber: 1) local que nunca foi cultivado (cerrado virgem); 2) local onde se realizou cultivo tradicional por 19 anos, e 3) local com doze anos de cultivo

tradicional, e nos últimos três anos, plantio direto. Embora as condições de manejo sejam diferentes, em relação à toposseqüência, pode-se afirmar que todas as amostras foram retiradas do terço médio da rampa.

As amostras foram retiradas com um amostrador de solos tipo Uhland, na profundidade de 2 cm a 8 cm. Como as amostras foram submetidas a chuvas com cinco tempos diferentes e nove repetições para cada tempo de chuva, o número total de amostras de cada local foi de 45. O amostrador proporcionou amostras de 5,32 cm de diâmetro por 6,00 cm de altura.

Para provocar o selamento superficial, foram usadas chuvas artificiais por meio de um simulador, constituído de uma tubulação de PVC azul, cujo diâmetro interno é de 75 mm, e na qual foram montados nove tubos de elevação de 6,2 m de altura e diâmetro interno de 25 mm. Na extremidade de cada um desses tubos conectou-se um difusor, tipo spray, bocal de 7,2 mm, capaz de fornecer gotas médias de 1,03 mm, trabalhando a uma pressão de 135 kPa, de acordo com as informações de Oliveira et al. (1992).

Como as amostras submetidas a chuvas artificiais foram colocadas em uma bandeja grande (0,60 m x 0,40 m), considerou-se como precipitação média sobre as amostras a média entre os quatro pluviômetros colocados junto à aresta da bandeja, conforme mostra a Fig. 1.

O tempo de exposição e a característica de cada chuva, bem como os respectivos tempos nos quais as amostras de solo foram submetidas, estão representados na Tabela 1. Verifica-se, nessa tabela, que a energia cinética (ec) por milímetro de chuva não varia muito entre um teste e outro, e seu valor médio foi de 29 $t.m.ha^{-1}.mm^{-1}$, apesar de a intensidade média das precipitações ter variado bastante. A pouca variação dos valores de ec deve-se à forma logarítmica da equação usada no cálculo de ec, que

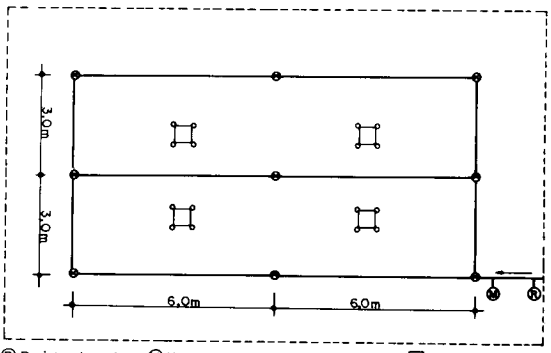


**FIG. 1. Esquema visualizador do simulador de chuvas, mostrando a posição das bandejas onde foram colocadas as amostras de solo.**

faz com que as variações não sigam uma mudança linear, e sim, logarítmica. Porém os valores da energia cinética acumulada (EC) variaram bastante entre um teste e outro, mesmo considerando tempos de chuva iguais; isso deveu-se ao fato de que EC é o produto da multiplicação de ec pela chuva total aplicada, e, como esse parâmetro variou bastante entre os diversos testes, acarretaram-se variações consideráveis nos valores de EC. Por exemplo, 20 minutos de chuva nas amostras de solo do cerrado virgem corresponderam a uma EC aproximadamente igual a 2/3 da EC correspondente ao solo do manejo convencional.

A variação da chuva aplicada aos diversos testes deve-se à ação dos ventos, que ora sopram para Leste, ora para Oeste, fenômeno esse fora de qualquer controle.

Para calcular a energia cinética das chuvas simuladas, usou-se a equação de Wischmeier & Smith (1958), adaptada ao sistema métrico por Bertoni & Lombardi Neto (1990), a qual é apresentada da seguinte forma:

**TABELA 1. Característica das chuvas simuladas nas amostras de solo da área de plantio direto, manejo convencional e cerrado virgem.**

| Área | Tempo | Intensidade | Energia cinética (ec) | Energia cinética acumulada (EC) |
|---|---|---|---|---|
| | (min) | (mm/h) | (t.m/ha.mm) | (t.m/ha) |
| Plantio direto | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | 81 | 29 | 119 |
| | 5 | 102 | 30 | 255 |
| | 10 | 68 | 28 | 322 |
| | 20 | 93 | 30 | 915 |
| Manejo convencional | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 71 | 29 | 67 |
| | 5 | 79 | 29 | 191 |
| | 10 | 78 | 29 | 379 |
| | 20 | 99 | 30 | 990 |
| Cerrado virgem | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 59 | 28 | 54 |
| | 5 | 71 | 29 | 169 |
| | 10 | 98 | 30 | 489 |
| | 20 | 67 | 28 | 637 |

$$ec = 12{,}14 + 8{,}88 \log I \quad (1)$$

em que I é a intensidade da chuva em $mm.h^{-1}$.

Multiplicando-se os valores de ec dados pela equação 1, pela chuva total aplicada, em mm, tem-se a energia cinética acumulada de cada chuva (EC) em $t.m.ha^{-1}$.

Depois de as amostras terem sido submetidas aos diversos tempos de chuva, foram colocadas para saturar, usando-se uma bandeja, na qual as amostras ficaram imersas em água até 2/3 de sua altura por um período mínimo de 24 horas. Em seguida, determinou-se a condutividade hidráulica saturada (Ko) de cada amostra, usando-se um permeâmetro de carga constante, para gerar os dados necessários à aplicação da equação de Darcy.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características físico-hídricas do solo nos locais amostrados podem ser vistas na Tabela 2. Verifica-se que os parâmetros físico-hídricos que influenciam na infiltração, principalmente a macroposidade e a condutividade hidráulica saturada, são bem maiores no local onde ainda prevalece a cobertura natural do solo, isto é, cerrado virgem. Na área de cerrado virgem, Ko é cerca de 20 vezes maior do que na área de plantio direto e três vezes maior do que na área de manejo convencional.

A macroporosidade é fator de extrema importância na condutividade hidráulica saturada, e a redução desta provoca redução nos valores de Ko. Percebe-se que uma pequena diferença entre as macroporosidades das áreas de manejo convencional e plantio direto é acompanhada por uma diferença grande nos valores de Ko, 0,212 cm/min na área de plantio direto, e 1,359 cm/min na área de manejo convencional. Fica evidenciada, dessa forma, a importância da macroporosidade na condutividade hidráulica.

Neste trabalho, encontraram-se valores elevados da macroporosidade e condutividade hidráulica saturada, e baixos valores da densidade global. Isso vem ao encontro das afirmações de Haridasan (1993), que destaca algumas características dos Latossolos sob cerrados, a saber: apesar dos elevados teores de argila desses solos, a densidade global é baixa, em geral menor que 1 $Mg/m^3$; altos valores de capacidade de infiltração de água; e altos valores de macroporosidade. Embora na Tabela 2 se verifique que a densidade global nos solos de manejo convencional e cerrado virgem são menores que a do plantio direto, não se pode afirmar que isto se deva à mudança de local, pois todos os sistemas de manejo estão no terço médio da rampa. Tais diferenças podem ser decorrentes do próprio manejo e das diferentes correções químicas (calagem e adubação) feitas nesse solo.

A influência da EC das chuvas nos solos estudados está apresentada na Tabela 3, sendo que Ko, nesta tabela, refere-se à média das amostras de cada tempo de chuva. O índice f, dado pela relação Ko (com chuva)/Ko (sem chuva) também está expresso nessa tabela. Por exemplo, o valor 0,42 da quarta linha e terceira coluna foi obtido dividindo-se 0,089 por 0,212 e assim sucessivamente. O valor médio da condutividade hidráulica saturada é 0,089 cm/min quando as amostras foram submetidas a uma chuva de EC acumulada de 119 t.m/ha e 0,212 é o valor médio de Ko em cm/min para EC igual a zero.

Tomando os respectivos valores de EC e f na Tabela 3, foi possível gerar equações exponenciais e potenciais inversas que fornecem o valor de f para qualquer valor de EC. As respectivas equações são da forma:

**TABELA 2. Média das principais características físico-hídricas dos solos, correlacionadas com a infiltração.**

| Área | Densidade global | Porosidade | | | Condutividade hidráulica |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Total | Micro | Macro | |
| | ($Mg/m^3$) | ($cm^3/cm^3$) | ($cm^3/cm^3$) | ($cm^3/cm^3$) | (cm/min) |
| Cerrado virgem | 0,66 | 0,69 | 0,30 | 0,39 | 4,442 |
| Plantio direto | 0,92 | 0,60 | 0,40 | 0,20 | 0,212 |
| Manejo convencional | 0,84 | 0,63 | 0,39 | 0,24 | 1,359 |

$$f = e^{aEC+b} + c \quad (2)$$

em que a, b e c são parâmetros da equação exponencial; e

$$f = \frac{1}{\alpha EC^{\beta}} \quad (3)$$

em que $\alpha$ e $\beta$ são parâmetros da equação potencial inversa.

O parâmetro c na equação exponencial corresponde ao último valor de f. Essa consideração foi por que os valores de Ko correspondentes ao penúltimo e último tempo de chuva não apresentaram diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Essa assertiva leva a entender que a partir daí a condutividade hidráulica saturada não varia mais em função da EC das chuvas, e passa a ser constante, e a curva f, assintótica à abscissa.

Valores dos parâmetros das equações, coeficiente de correlação e nível de EC a partir do qual as equações são válidas, podem ser vistos na Tabela 4.

Quanto às amostras de solo de cerrado virgem, verifica-se que as equações são válidas para EC≥53,6 e 69,3 t.m.ha$^{-1}$, relativamente às amostras sob plantio direto para EC≥18,8 e 15,9 t.m.ha$^{-1}$, e, relativamente às amostras sob manejo convencional, uma EC≥0 e 5,4x10$^{-4}$ t.m.ha$^{-1}$, respectivamente. Quando a EC for abaixo desses valores, nas respectivas equações, considerar-se-á f como sendo igual à unidade.

**TABELA 3. Condutividade hidráulica (Ko), desvio-padrão de Ko (DP) e f nas áreas de plantio direto, manejo convencional e cerrado virgem, em decorrência da variação da energia cinética acumulada das chuvas (EC).**

| Variáveis | EC (t.m/ha) aplicadas na área de plantio direto | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 119 | 255 | 322 | 915 |
| Ko (cm/min) | 0,212a | 0,089b | 0,070b | 0,038c | 0,037c |
| DP (cm/min) | 0,042 | 0,020 | 0,019 | 0,008 | 0,007 |
| f (adimensional) | 1 | 0,42 | 0,33 | 0,18 | 0,17 |
| | EC (t.m/ha) aplicadas na área de manejo convencional | | | | |
| | 0 | 67 | 191 | 379 | 990 |
| Ko (cm/min) | 1,359a | 0,322b | 0,246b | 0,236b | 0,236b |
| DP (cm/min) | 0,762 | 0,109 | 0,112 | 0,079 | 0,097 |
| f (adimensional) | 1 | 0,24 | 0,18 | 0,17 | 0,17 |
| | EC (t.m/ha) aplicadas na área de cerrado virgem | | | | |
| | 0 | 54 | 169 | 489 | 637 |
| Ko (cm/min) | 4,442a | 4,492a | 4,119a | 2,787b | 2,708b |
| DP (cm/min) | 0,756 | 0,755 | 0,726 | 1,243 | 0,680 |
| f (adimensional) | 1 | 1 | 0,92 | 0,62 | 0,60 |

**TABELA 4. Parâmetros das equações exponenciais (EE) e equações potenciais inversas (EPI), coeficientes de correlação das respectivas equações, e níveis de energia cinética acumulada (EC) a partir dos quais as equações são válidas.**

| Parâmetros | Área | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cerrado virgem | | Plantio direto | | Manejo convencional | |
| | EE | EPI | EE | EPI | EE | EPI |
| a | -0,0067 | | -0,0117 | | -0,0222 | |
| b | -0,5644 | | 0,0332 | | -0,5742 | |
| c | 0,6028 | | 0,1700 | | 0,1700 | |
| α | | 0,3899 | | 0,2799 | | 2,6240 |
| β | | 0,2222 | | 0,4607 | | 0,1268 |
| Coeficiente de correlação r | -0,97 | -0,96 | -0,90 | -0,87 | -0,97 | -0,87 |
| Válido para EC ≥ | 53,6 | 69,3 | 18,8 | 15,9 | 0 | $5X10^{-4}$ |

De acordo com a equação exponencial, verifica-se que no solo sob manejo convencional, para que Ko tenha uma queda de 50%, isto é, f igual a meio, seria necessário uma chuva de EC igual a 24 $t.m.ha^{-1}$, e, numa queda de 75%, uma chuva de EC igual a 87,9 $t.m.ha^{-1}$. No solo sob plantio direto, essas reduções se dariam com os valores de EC iguais a 91,9 e 213 $t.m.ha^{-1}$, respectivamente; isso indica que o solo sob plantio direto é mais resistente à formação do selo superficial, em comparação com o solo sob manejo convencional. No solo sob cerrado virgem, a máxima redução de Ko possível foi de 40%, sendo que para uma redução de 25% no valor de Ko seria necessário uma chuva de EC igual a 201 $t.m.ha^{-1}$, o que mostra que o solo sob cerrado virgem apresenta a maior resistência à formação do selo superficial.

De posse das equações exponenciais e potenciais inversas, em cada local amostrado, respectivamente, confeccionaram-se curvas que mostram a variação de f na dependência de EC. Essas curvas podem ser vistas nas Figs. 2, 3 e 4, e servem para uma melhor visualização de como a energia cinética das chuvas reduz a condutividade hidráulica da superfície do solo, em virtude do selamento superficial. Pelas curvas geradas, verifica-se que a formação do selo superficial pode ser subdividido em dois estágios: o primeiro, que corresponde à queda brusca de f, e é mais acentuado e abrupto; o segundo, em que as curvas já mostram tendência assintótica, é mais suave.

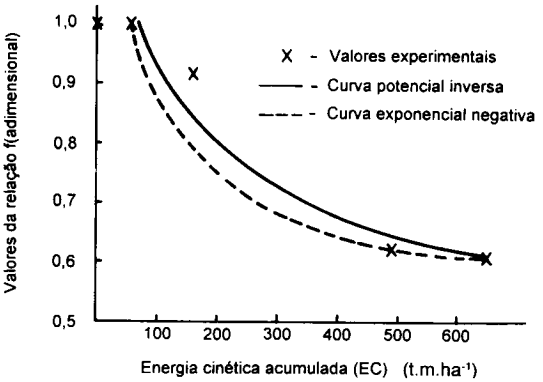


**FIG. 2. Curvas ajustadas das equações exponenciais e potenciais inversas que descrevem os valores de f referentes ao solo da área de cerrado virgem.**

Considerando a curva gerada pela equação exponencial, verifica-se que no solo sob manejo

convencional, no primeiro estágio, f decresceu rapidamente para 0,2, com uma EC correspondente a 130 t.m.ha$^{-1}$, correspondendo a uma taxa de decréscimo em Ko de 8,36x10$^{-3}$ cm/min para cada t.m.ha$^{-1}$ de energia de chuva. No segundo estágio, Ko passou de 0,272 para 0,236 cm/min, num acréscimo de EC de 860 t.m.ha$^{-1}$, correspondendo a uma taxa de decréscimo de 4,19x10$^{-5}$ cm/min nos valores de Ko, para cada t.m.ha$^{-1}$ de energia de chuva. No solo sob plantio direto, no primeiro estágio, f decresceu para 0,21, a uma EC correspondente de 300 t.m.ha$^{-1}$, correspondendo a uma taxa de decréscimo de Ko de 5,58x10$^{-4}$ cm/min por t.m.ha$^{-1}$ de energia de chuva. No segundo estágio, o decréscimo de Ko foi de 1,22x10$^{-5}$ cm/min para cada t.m.ha$^{-1}$ de energia de chuva. No solo sob cerrado virgem, no primeiro estágio, f decresceu para 0,64, a uma EC correspondente de 400 t.m.ha$^{-1}$, correspondendo a uma taxa de decréscimo de Ko de 4,04x10$^{-3}$ cm/min por t.m.ha$^{-1}$ de energia de chuva; e no segundo estágio, a taxa de decréscimo de Ko foi de 7,04x10$^{-4}$ cm/min por t.m.ha$^{-1}$ de energia de chuva.

Comparando o trabalho ora em voga com os resultados apresentados por Jennings et al. (1988), que também usaram o método do permeâmetro de carga constante para determinar os valores de Ko em amostras de solo destorroadas e submetidas ao efeito do selamento superficial, verifica-se que em ambos os trabalhos o comportamento da formação do selamento superficial é semelhante, isto é, mais intenso nos primeiros minutos de chuva. Neste trabalho, a máxima redução de Ko deu-se nos solos sob os sistemas de manejo convencional e plantio direto, sendo Ko reduzido de 5,88 vezes quando submetido a uma EC de 915 e 990 t.m.ha$^{-1}$ nos referidos solos, respectivamente. No trabalho de Jennings et al. (1988), os autores encontraram uma redução de até 106 vezes, quando submetido a uma EC de 436 t.m.ha$^{-1}$. Em ambos os trabalhos, as comparações foram feitas tendo como referência amostras de um mesmo solo, não submetidas às chuvas simuladas.

Na Tabela 5, são apresentados os teores de matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO) e alumínio ($Al^{+3}$) dos solos das áreas estudadas. Vê-se que o teor de MO e de $Al^{+3}$ são maiores no solo da área de cerrado virgem do que nos outros solos, e isso pode ser a razão da maior resistência à formação do selo superficial, no solo da área de cerrado virgem, pois tanto a MO como o $Al^{+3}$ agem como agentes cimentantes dos agregados, dificultando a sua quebra e a conseqüente formação do selamento superficial.

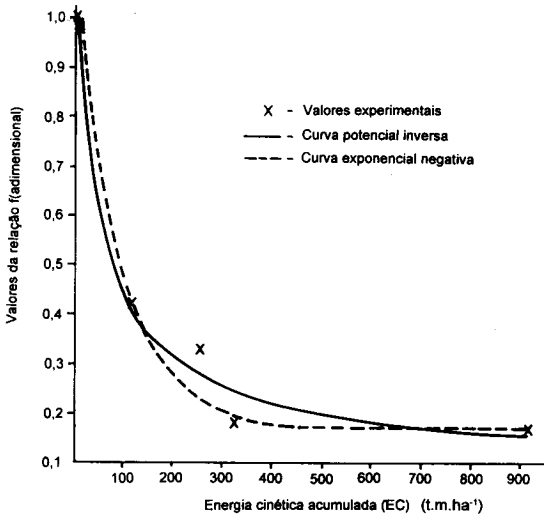


**FIG. 3. Curvas ajustadas para as equações exponenciais e potenciais inversas que descrevem os valores de f referentes ao solo da área de plantio direto.**

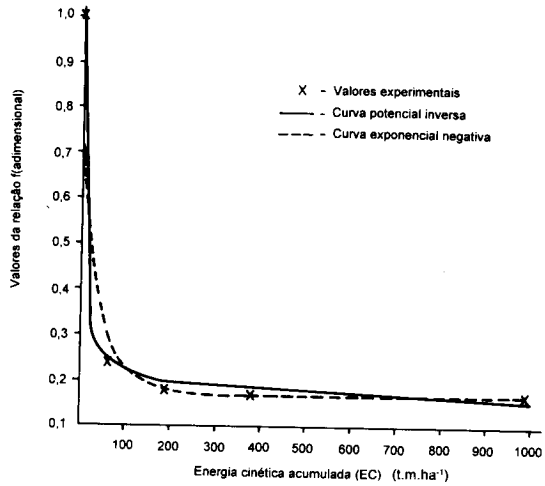


**FIG. 4. Curvas ajustadas para as equações exponenciais e potenciais inversas que descrevem os valores de f referentes ao solo da área de manejo convencional.**

**TABELA 5. Quantidades de matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO) e alumínio ($Al^{+3}$), nos solos estudados.**

| Área | MO | CO | $Al^{+3}$ |
|---|---|---|---|
| | (%) | (%) | (meq/100 g de solo) |
| Cerrado virgem | 4,90 | 2,84 | 0,54 |
| Manejo convencional | 2,94 | 1,71 | 0,05 |
| Plantio direto | 3,58 | 2,08 | 0,00 |

Alguns autores, entre eles Chaves et al. (1993), têm demonstrado que os modelos usados para prever a infiltração de água no solo apresentam melhores resultados quando são modificados para levar em consideração a formação do selo superficial. No presente trabalho, sugere-se que nos modelos embasados fisicamente, se substitua, quando se referir a camadas da superfície do solo, o parâmetro condutividade hidráulica saturada (Ko), pela condutividade hidráulica saturada e corrigida em função do selamento superficial (Ko*), como sendo:

$$Ko^*=Ko.f \qquad (4)$$

Porém, acredita-se que o parâmetro Ko* não seja bem adaptado aos modelos empíricos de previsão da infiltração, dada a dificuldade de ajustá-los, em função também da energia cinética das chuvas.

## CONCLUSÕES

1. A resistência dos agregados à EC e a conseqüente dificuldade de formação de selamento superficial é muito maior na área de cerrado virgem do que nas áreas cultivadas.

2. A área onde se adota o manejo convencional é mais sucetível ao selamento superficial do que a área onde é adotado o plantio direto.

3. A influência do selamento superficial na condutividade hidráulica do solo é descrita por meio de equações exponenciais negativas e potenciais inversas, com ligeira vantagem para as primeiras.

4. O decréscimo da condutividade hidráulica dos solos pela ação da energia acumulada das chuvas é estabelecido num processo de dois estágios: o primeiro, caracterizado por um decréscimo acentuado, e o segundo, caracterizado por um decréscimo lento.

## REFERÊNCIAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3.ed. São Paulo: Icone, 1990. 355p.

CHAVES, H.M.L.; ORLOWISK, W.E.; ROLOFF, G. Previsão da infiltração sob condições dinâmicas de selamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.141-147, 1993.

CHU, S.T.; ONSTAD, C.A.; RAWLS, W.J. Field evaluation of layered Green-Ampt model for transient crust conditions. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.29, n.5, p.1268-1272, 1986.

EDWARDS,W.M.; LARSON, W.E. Infiltration of water into soils as influenced by surface seal development. **Transactions of the ASAE**, v.12, n.4, p.463-465, 1969.

ELTZ, F.L.F. **Surface roughness changes as affected by tillage and rainfall erosivity.** Purdue: Purdue University, 1993. 195p. Tese de Doutorado.

HARIDASAN, M. Solos do Distrito Federal. In: PINTO, M.N. (Org.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. 2 ed. Brasília: Universidade de Brasília, 1993. p.321-344.

JENNINGS, G.O.; JARRET, A.R.; HOOVER, J.R. Evaluating the effect of puddling on infiltration using the Green and Ampt equation. **Transactions of the ASAE**, v.31, n.3, p.761-768, 1988.

OLIVEIRA, R.A. de; RAMOS, M.M.; SOARES, A.A.; DENÍCULI, W. Distribuição de gotas, por tamanho, de um aspersor fixo. **Engenharia na Agricultura; Série Irrigação e Drenagem**, Viçosa, v.1, n.12, p.1-13, out. 1992.

REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; CABEDA, M.S.V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.289-298, 1988.

TACKETT, J.D.; PEARSON, R.W. Some characteristics of soil crusts formed by simulated rainfall. **Soil Science**, v.99, n.6, p.407-413, 1965.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions, American Geophysical. Union**, Washington, v.39, n.2, p.285--291, 1958.