

I Curso de Uso e Manejo da Irrigação

MAN, E.C.
1986

CNPMS, 10 anos
pesquisando para o produtor
1976 - 86

00989



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS
Sete Lagoas - MG

MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

Evandro Chartuni Mantovani^{1/}

A) Eficiência dos Conjuntos de Mecanização Agrícola

- . Capacidade de trabalho dos conjuntos de Mecanização Agrícola
- . Eficiência de Campo
- . Formato de Campos de cultura
- . Forma dos campos
- . Estudo de movimento e tempo

B) Compactação do solo

- . Porosidade e Densidade do Solo
- . Resistência à Penetração
- . Sintomas Visuais do Efeito da compactação do solo em plantas e no solo
- . Causas da má estrutura do solo
- . Melhorias da estrutura do solo

^{1/} Pesquisador da Área de Mecanização Agrícola, PhD - CNPMS/EMBRAPA.

A) EFICIÊNCIA DOS CONJUNTOS DE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

Capacidade de Trabalho de conjuntos de Mecanização Agrícola

As diversas operações de campo realizadas com máquinas agrícolas devem ser executadas de maneira racional, a fim de facilitar a utilização econômica das máquinas. O rendimento das operações vai depender da capacidade trativa de máquina e da capacidade de ataque do implemento tracionado.

Quando se fala em capacidade de trabalho dos conjuntos de mecanização, tem-se que considerar uma capacidade teórica e outra, efetiva, de execução de serviço.

A capacidade teórica de trabalho de um equipamento agrícola é a área que seria trabalhada, se ele operasse continuamente, no tempo total de serviço, à velocidade média de deslocamento e na largura máxima operacional, ou seja $C = V.L$.

A capacidade efetiva de serviço de campo, ou rendimento de trabalho de um equipamento agrícola, é a área média que é realmente mobilizada pelo conjunto no tempo de trabalho. Esse rendimento efetivo é função da largura utilizada pelo equipamento, da velocidade com que o conjunto se desloca, e do tempo total gasto para a execução do serviço.

Nesse tempo total estão incluídos perdas resultantes de manobras nas extremidades do campo, ajustagens e reparos do equipamento, paradas para as diversas operações destinadas a desembuchar, remover obstáculos, desobstruir ou reabastecer a máquina e a descarregar produtos de colheitas, além de outros imprevistos.

A diferença entre a capacidade teórica e a efetiva de serviço no campo é que, na primeira, considera-se o tempo total de serviço como se fosse contínuo e, na segunda, leva-se em conta um fator de campo, relacionado com as perdas de tempo já mencionadas anteriormente.

Portanto, a capacidade efetiva é uma porcentagem da capacidade teórica, ou seja, é a capacidade teórica multiplicada por este fator de campo (f) $C_e = C_t \times f$.

Para facilidade de cálculo, é comum utilizar-se a expressão:

$$C_e = \frac{V.L.f}{10000}$$

C_e = Capacidade Efetiva (ha/h)

V = Velocidade de Trabalho (m/h)

L = Largura de Trabalho (m)

Eficiência de Campo

Uma maneira adequada de reduzir custos de produção é aumentar a eficiência de campo das operações com máquinas agrícolas. É muito fácil verificar a eficiência de campo de equipamentos, mas primeiro precisa-se aprender como a mesma é determinado.

A Eficiência de Campo ou fator de Campo é determinado em percentagem, dividindo a Capacidade Efetiva de Trabalho pela Capacidade Teórica de Trabalho, como mostra a fórmula abaixo:

$$\text{Eficiência de Campo} = \frac{\text{Capacidade Efetiva de Trabalho}}{\text{Capacidade Teórica de Trabalho}} \times 100$$

Para se determinar a Capacidade Efetiva de Trabalho de uma maneira bem prática, basta verificar o número de hectares trabalhados num determinado período de tempo. Suponhamos que uma colhedeira Automotriz colheu 5 hectares de milho em 2,7 horas.

$$\text{Capacidade Efetiva de Trabalho} = \frac{5 \text{ ha}}{2,7 \text{ h}} = 1,85 \text{ ha/h}$$

Agora pode-se saber a Capacidade Teórica, considerando que esta máquina de colheita desenvolveu uma velocidade de trabalho de 4 km/hr e a plataforma de corte mede 5 m de largura de ataque.

$$C_{\text{teórica}} = \frac{4000 \text{ m/hr} \times 5,0 \text{ m}}{10000} = 2 \text{ ha/h}$$

$$\text{Fator de Campo} = \frac{1,85 \text{ ha/h}}{2,00 \text{ ha/h}} \times 100 = 80\%$$

Devido às diferenças em tamanho de máquina, velocidade de deslocamento, formato dos campos, etc., é impossível dar números exatos para a eficiência de campo que se pode obter em uma fazenda. Entretanto alguns valores típicos

cos de eficiência de campo são comumente usados para que se possa ter uma idéia da faixa de variação das diferentes operações com máquinas. Após a obtenção da eficiência de campo das operações com máquinas procura-se comparar com os dados da Tabela 1. Caso os valores estejam abaixo da faixa recomendada, procura-se eliminar as causas do baixo rendimento: Melhorando o fator de campo, está-se diminuindo custos/hectares tanto na utilização de máquinas como na mão de obra.

TABELA 1. Valores Típicos de Eficiência de Campo.

Arado	70 a 85%
Grade	70 a 90%
Semeadeira e Adubadeira	70 a 85%
Cultivador	75 a 85%
Colhedeira combinada	60 a 75%
Combinada automotriz	70 a 80%
Colhedeiras de forragens	50 a 75%
Espigadeiras	55 a 70%
Enfardadeiras	65 a 85%
Ceifadeiras	75 a 90%
Ancinhos mecânicos	65 a 90%
Colhedeiras de algodão	60 a 75%

A programação do uso do equipamento agrícola deve ser criteriosamente estudada a fim de que se possa tirar o máximo proveito, com um mínimo de deslocamento sem produzir trabalho. A localização do galpão de máquinas mais próximo do local de trabalho, o modo de divisão dos campos, a boa distribuição, no terreno, dos insumos a serem aplicados, podem proporcionar um maior rendimento.

Para os cálculos de capacidade efetiva são deverá ser computado o tempo de serviço depois que a máquina já estiver no campo; o tempo gasto para regulagem da máquina no galpão, acoplamento ao trator, cuidados periódicos, manutenção e deslocamento até o campo não são incluídos; devem, portanto, ser bem rápidos e os deslocamentos restringidos ao mínimo necessário, para que a máquina entre na sua fase rentável.

Formato de Campos de Cultura

Substancial melhorias podem ser obtidas na eficiência de campo pela análise e variação da maneira de execução das operações de campo. É natural, que a maneira de realizar as operações de campo está intimamente relacionado com o tamanho e a forma do campo, mas algumas considerações do formato do campo podem ser estudadas independentes das configurações do campo.

O objetivo primário é estabelecer uma maneira eficiente para minimizar a quantidade de manobras no campo. O número de viradas no final do campo, distância percorrida na virada e a quantidade de viagens que não são consideradas como trabalho dentro de um campo, são todas usuárias de tempo útil e devem ser eliminados se possível.

Outros objetivos, além da minimização de tempo, modificam a escolha de um formato de um campo. Em campos de irrigação por inundação especialmente, mas como também em outros campos, o formato de aração deve produzir uma superfície em nível para eliminar água empoçada. Utilização frequente de máquina sobre uma determinada área do campo, geralmente nos cantos de um campo, podem causar compactação do solo. Eficientes formatos de plantio devem ser sacrificados ocasionalmente em detrimento de modelos mais eficientes de colheita. Medidas de conservação de solo são provavelmente o modificador mais importante de eficiência de tempo nos modelos de campo.

Várias máquinas preferem modelos rígidos porque elas tem um único lado de orientação, isto é, são comumente ditos de serem mão direita ou esquerda. Arados, segadeiras rebocadas, ancinhos e enleiradeiras e a maioria das colhedadeiras rebocadas requerem uma posição definida de operação com respeito a parte não processada do campo. Implementos de preparo de solo, outros que sejam os arados e a maioria dos implementos automotrizes são mais liberais nos requerimentos de modelos de operação de campo. De fato se todos os implementos fossem automotrizes ou montados na frente do trator os problemas de formato de campo seriam reduzidos consideravelmente - todos, isto é, exceto os arados.

Aração tem os mais difíceis problemas de formato de campo. Comumente os arados jogam para a direita e requerem consecutivas viagens, adjacente na mesma direção ou indesejáveis sulcos mortos ou camalhões vão resultar.

Quando as condições da cultura e do solo não são as melhores para as operações com máquinas, a velocidade de deslocamento é diminuída. Matematicamente, esta condição irá melhorar a eficiência de campo, mas isto, logicamente não é a condição desejável de operação para melhor rendimento operacional.

Ex. 1: Seu trator é capaz de tracionar um arado escarificador de 4 m de largura na velocidade de 8 km/h, mas você sempre tem que reduzir para 5,0 km/h para virar no final do campo. Assumir para efeito de cálculo que as únicas perdas são as manobras para virar no final do campo e considerar a velocidade 5,0 km/h durante a virada no final do campo.

1. Qual velocidade irá resultar na maior eficiência de campo?

- a) 8 km/h
- b) 5,0 km/h
- c) a mesma

2. Qual velocidade vai resultar na maior Capacidade Efetiva de Trabalho?

- a) 8 km/h
- b) 5,0 km/h
- c) a mesma.

Ex. 2: Um fabricante lança no mercado um arado de aiveca com opções de 9 a 16 aivecas capaz de cobrir uma área de aração de 3 a 8 metros. Como vantagem do implemento, ele anuncia que este equipamento é capaz de arar 67 hectares em 10 horas. O quadro de Eficiência de Campo, mostra uma faixa de 70 a 85% para aração. Qual a velocidade que o operador deverá desenvolver para obter o resultado do fabricante, para uma eficiência de 70%, 80% e 85%?

<u>Eficiência de Campo</u>	<u>Velocidade de trabalho km/h</u>	<u>Colocar a largura de trabalho do arado usado no cálculo</u>
70%		
80%		
85%		

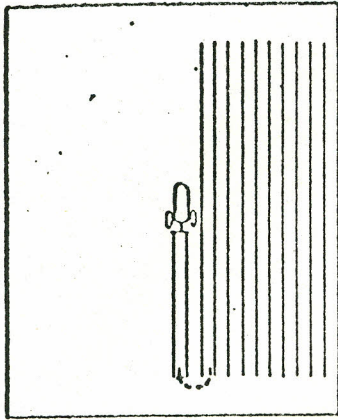
Forma do Campo

Espera-se que a eficiência de campo para áreas de formato irregulares seja significativamente menor do que para áreas retangulares, devido ao excessivo tempo gasto nas viradas. Mesmo se os cantos das áreas irregulares formam ângulos de aproximadamente 90° , a razão entre o tempo de viradas e o tempo de operação será alto. Todos os modos ilustrados na Figura 1 são possíveis para aração de áreas irregulares. O tipo contínuo utilizando um arado reversível tem a maior eficiência para trabalhos em contorno e outras formas irregulares. Se o tipo cabeceira é usado, as cabeceiras de manobras devem ser selecionadas perpendiculares aos camalhões formados, se possível. No tipo circuito, com ângulo de 270° , é quase impossível começar do centro numa área irregular, mas este tipo pode ser usado iniciando-se pelas laterais.

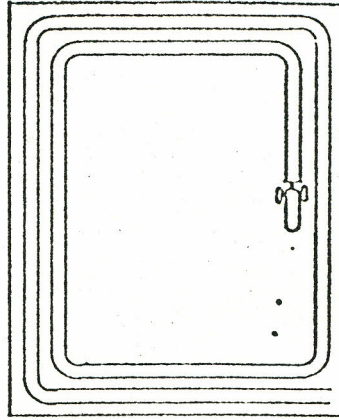
A eficiência no uso do tempo pode melhorar significativamente quando os campos são longos. Num estudo com um cultivador de duas fileiras, na Universidade de Auburn, Alabama, Estado Unidos encontraram-se diferenças significativas na proporção do tempo de virada requerido para áreas irregulares com diferentes comprimentos.

	<u>CAMPO A</u>	<u>CAMPO B</u>
Comprimento da fileira, m	134 - 55	353-333
Tempo de virada, % tempo total	20	3
Capacidade de Campo, ha/h	0,76	1,16

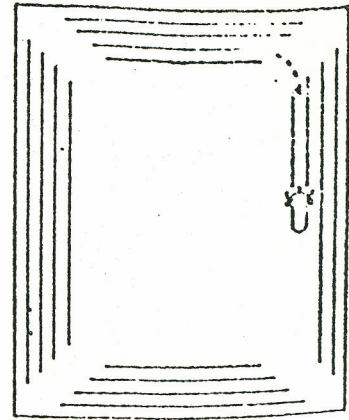
A Capacidade Efetiva de trabalho do cultivador aumentou 50% quando operado em fileiras de comprimento longo.



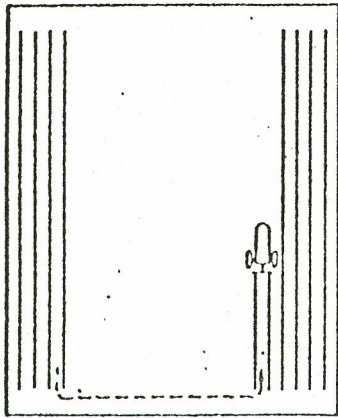
Tipo contínuo, com as viradas nas extremidades.



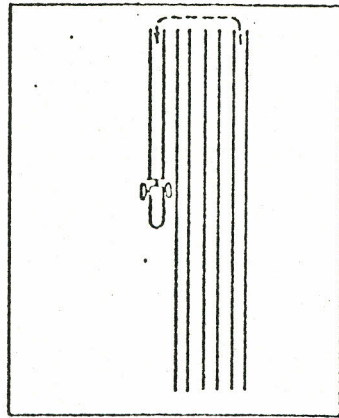
Tipo circuito com as quinas arredondadas.



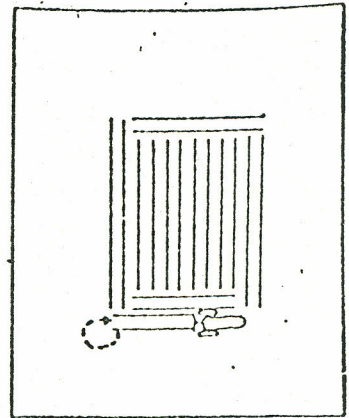
Tipo circuito com as viradas nas diagonais das quinas.



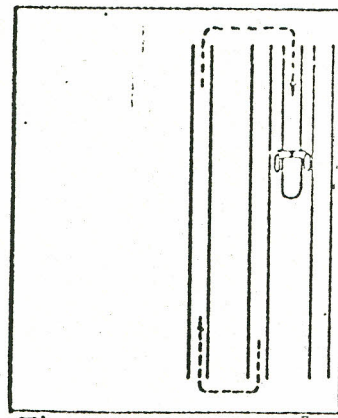
Tipo cabeceira, começando nas laterais.



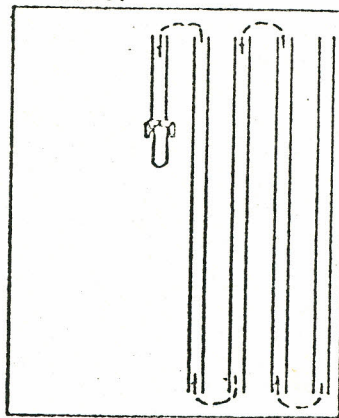
Tipo cabeceira começando no camalhão formado.



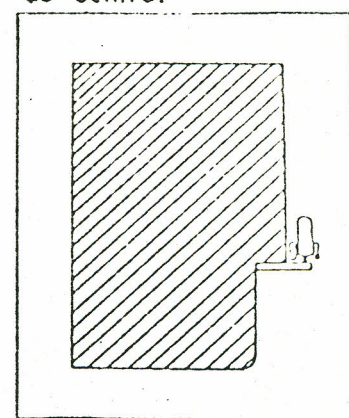
Tipo circuito, viradas de 270°, a partir da lateral ou do centro.



Tipo com sobreposição alternada.



Tipo reto alternado



Tipo circuito com as quinas quadradas.

FIGURA 1. Formatos comuns de trabalho de máquinas em campos retangulares.

Estudo de Movimento e Tempo

O estudo de Movimento e Tempo quando aplicado para máquinas agrícolas, é usado para estabelecer a capacidade típica de trabalho para várias máquinas, sob variadas condições. Muito frequentemente, este tipo de estudo permite detectar fontes de desperdício de tempo útil. O estudo dividirá uma determinada operação em eventos separados como mostra o exemplo 3, para as operações de plantio, em dois campos diferentes:

Ex. 3:

Evento	Porcentagem do Tempo Total	
	<u>Campo A</u>	<u>Campo B</u>
Abastecimento de semente, fertilizante, etc.	3,3	3,3
Viradas no final do campo	9,3	9,3
Ajustes, paradas, limpeza, etc.	8,7	21,0
Plantio	<u>78,7</u>	<u>66,4</u>
	100,0	100,0
Capacidade de Plantio, ha/h	1,2	0,87
Horas para plantar 25 ha	33	39

Nota-se que a plantadeira no Campo B demorou 6 horas a mais para plantar 25 hectares, adicionando pelo menos 20% aos custos, se forem incluídos perdas na produtividade devido ao fator de demora nas operações de campo.

Efeito do Tamanho do Campo

O efeito do tamanho do campo pode ser mais bem ilustrado pelo exemplo abaixo:

Ex. 4:

Plantadeira A trabalha a 6,4 km/h e tem 5 m de largura

Plantadeira B trabalha a 9,6 km/h e também tem 5 m de largura

Podem ser observadas suas respectivas capacidades de trabalho em dois

diferentes campos, de 200 m e 667 m de comprimento.

	PLANTADEIRA A	PLANTADEIRA B
Velocidade de trabalho, km/h	6,4	9,6
Capacidade Teórica de Trabalho, ha/h	2,9	4,36
Tempo para viradas, segundos	20	20
<u>No Campo de 200 m de comprimento</u>		
Tempo para percorrer 200 m, minutos	1,7	1,1
Eficiência de Campo, %	83,5%	77,0%
Capacidade Efetiva de Trabalho, ha/h	2,4	3,36
<u>No Campo de 667 m de comprimento</u>		
Tempo para percorrer 667 m, minutos	5,7	3,8
Eficiência de Campo, %	94%	92%
Capacidade Efetiva de Trabalho, ha/h	2,72	4,04

Ex. 5: Os dados a seguir são baseados em observações da operação de um pulverizador com um tanque cheio de solução. O pulverizador proporciona uma largura de pulverização de 11 m.

20,6 min	Encher tanque	3,70	Pulverização
1,3	Percursos galpão-campo	2,65	Checagem do bico
7,63	Pulverização	3,88	Pulverização
,12	Virada	0,11	Virada
7,77	Pulverização	7,62	Pulverização
,11	Virada	,11	Virada
7,47	Pulverização	7,58	Pulverização
,11	Virada	0,14	Virada
7,56	Pulverização	7,49	Pulverização
,12	Virada	2,10	Retorno ao galpão
1,21	Reparo do bico		

a) Qual a percentagem de tempo perdida nas viradas, paradas, reparos, enchimento do tanque e pulverização?

- b) Uma verificação de campo mostrou que o pulverizador estava aplicando 30 m em 12 segundos. Qual a velocidade de trabalho? Qual o comprimento do campo?
- c) Qual é a Capacidade Teórica de Trabalho? Capacidade Efetiva de Trabalho? Eficiência de Campo?

PRÁTICA DE ESTUDO DE MOVIMENTO E TEMPO

FAZENDA _____

LOCAL _____

CULTURA _____

DATA: _____

EQUIPAMENTO

. Colhedeira Automotriz: Marca e Modelo _____

Plataforma de corte: Largura _____ m

Capacidade do tanque: _____ sacos x 60 = _____ kg

Potência: _____ HP

. Transporte:

1. Caminhão: Marca e Modelo _____

Capacidade _____ Sacos x 60 = _____ kg _____ m³

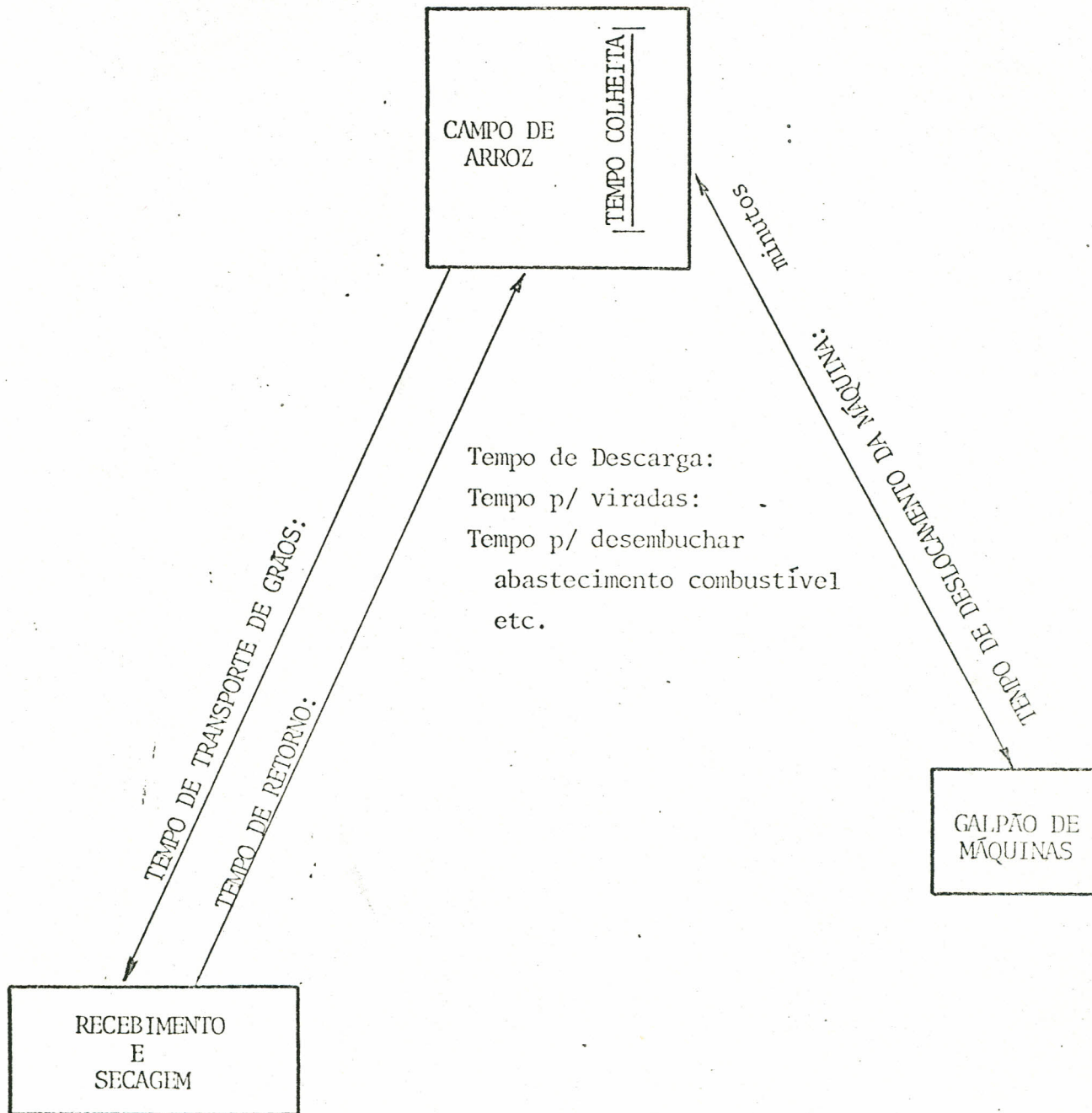
2. Caminhão: Marca e Modelo _____

Capacidade _____ Sacos x 60 = _____ kg _____ m³

3.

4.

ESQUEMA DO SISTEMA DE COLHEITA



SECADOR

Capacidade: _____ t/h
_____ t/h

Teor de Umidade _____ %
Teor de Umidade _____ %

- TEMPO PARA COMPLETAR UM CICLO

INÍCIO:

GALPÃO DE MÁQUINAS - CAMPO =

COLHEITA:

PARADA:

VIRADA:

COLHEITA:

VIRADA:

DESCARGA DA COLHEDEIRA:

ANÁLISE DA COLHEITA DE ARROZ PELO USO
DO ESTUDO DE MOVIMENTO E TEMPO

1. Qual é taxa máxima de colheita? _____ t/h
Qual é taxa média de colheita, sem as paradas? _____ t/h
2. Qual é a velocidade média do caminhão sem carga trafegando do secador ao campo? _____ km/h
3. Qual é a velocidade média do caminhão com carga trafegando do campo para o secador? _____ km/h
4. Qual é a taxa média de descarga? _____ t/h
5. Para uma distância de 1/4, 1/2, 1 e 2 km de um campo de 40 hectares, sintetize estudos de tempo para um transporte com capacidade de 5 t.
6. Quantos caminhões serão necessários para eliminar tempo de espera com uma distância para descarga de 0,5 km? _____
Quantos caminhões com uma distância de descarga de:
 - 1 km _____
 - 2 km _____
7. Quantas toneladas de grãos serão transportadas pelos 2 caminhões em 10 horas de colheita/dia de um campo de 40 ha localizado a 1 km do local de descarga? _____

8. No item 7, qual é o fator limitante; colheita, transporte ou descarga?

9. O que é necessário para levá-lo até a capacidade do próximo fator limitante?

B) COMPACTAÇÃO DO SOLO

O volume total de um solo é constituído do volume das partículas minerais do solo e do volume de poros entre as partículas. O volume de um poro é ocupado com água e/ou ar. O solo está compactado quando a proporção do volume total de poros para o volume total do solo é inadequada para o máximo desenvolvimento de uma cultura ou manejo eficiente do campo.

A compactação do solo pode ser considerada em relação à porosidade e densidade do solo e à resistência à penetração.

Porosidade e Densidade do Solo

Poros maiores geralmente são ocupados por ar, e poros menores por água. O melhor método direto para determinar a compactação do solo é o da densidade global do solo. Densidade global é o peso de solo seco, por unidade de volume total do solo, expressa em gramas por centímetros cúbicos.

A porosidade de um solo é a razão do volume total de poros para o volume total de solo, e é usualmente expressa em percentagem. Porosidade pode ser determinada, uma vez que a densidade aparente é conhecida, usando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Porosidade} = 1 - \frac{DG}{DP}$$

$$\text{Densidade global} = \frac{M}{V}$$

DG = Densidade Aparente (g.cm^{-3})

DP = Densidade de Partícula (g.cm^{-3})

M = Massa de solo seco a 105°C , g

V = Volume da amostra, cm^3

Para a maioria dos solos, a densidade de partícula tem um valor variando de 2,55 a 2,70 g/cc e quando informações mais específicas não são conhecidas ou disponíveis, pode-se assumir 2,65 g/cc.

Porosidade é o termo de maior significado para se usar na discussão de compactação do solo por causa da descrição direta da proporção de volume do solo disponível para raízes das plantas e a água e ar que elas requerem.

Resistência à Penetração

A resistência do solo à penetração de um cone penetrômetro é, como a taxa de infiltração de água, um indicador secundário de compactação do solo e não é medição física direta de qualquer condição específica do solo. A semelhança da infiltração do solo, é afetada por muitos outros fatores além da compactação do solo. O mais importante destes fatores é o teor de umidade do solo; densidade global não pode ser acuradamente inferida pela leitura de penetrômetro se os teores de umidade não são conhecidos. Resistência à penetração é altamente afetado pela textura do solo, Figura 2. A utilidade das medidas de cone penetrômetro na medição de compactação é limitada às medidas comparativas feitas no mesmo solo no mesmo teor de umidade. Resistência à penetração pode ser medida facilmente em várias profundidades mas, se as medidas são para ser comparadas, o teor de umidade terá que ser o mesmo em todos os níveis. Quando o solo alcança o teor de umidade da capacidade de campo, há considerável variabilidade na relação entre resistência à penetração e a densidade aparente, Figura 3.

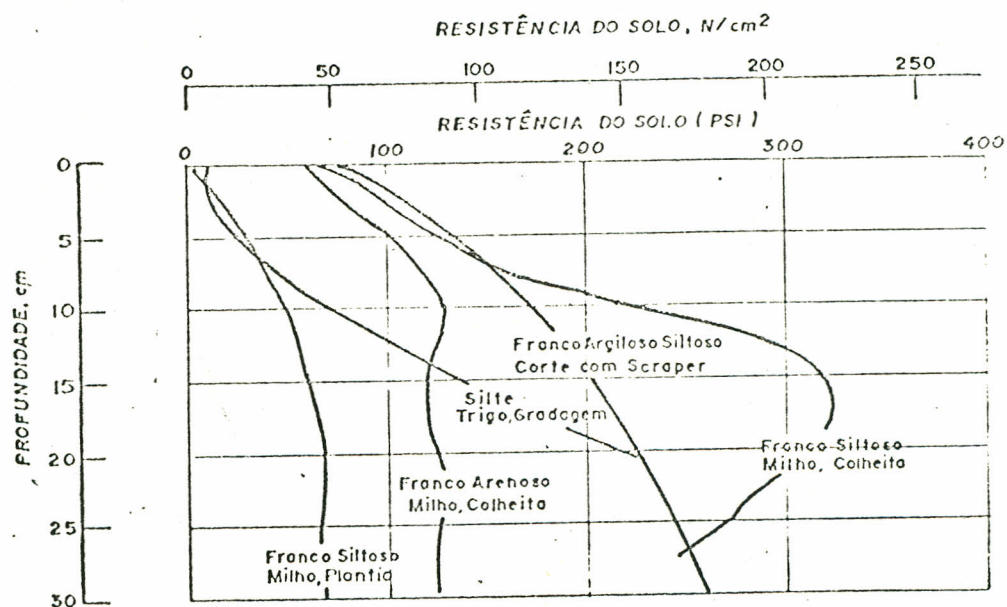


FIGURA 2. Curvas típicas de resistência do solo.
(Fonte: Liljedahl, J. et alli)

Apesar de muitas limitações, resistência à penetração é frequentemente usada para indicação comparativa de compactação, por causa da facilidade e rapidez, no qual numerosas medidas podem ser feitas. Os resultados são geralmente expressos em termos de força por unidade de área do cone na ponta do penetrômetro, kg/cm².

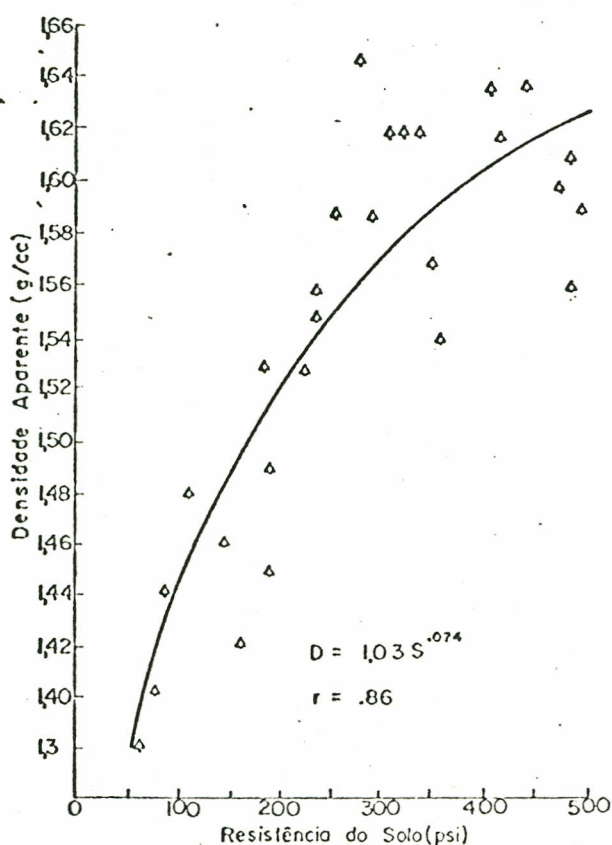


FIGURA 3. Relação entre resistência do solo e densidade do solo para um solo no teor de umidade de capacidade de campo.

(Fonte: Chancellor, J.)

A relação entre resistência do solo e densidade aparente varia de solo para solo e, para um determinado solo, com o teor de umidade. Mesmo quando o mesmo solo, no mesmo teor de umidade, é usado, a relação das leituras de cone penetrômetro e densidade aparente do solo podem ser diferentes entre um solo compactado em condições de laboratório quando comparado com um solo compactado em condições de campo.

Sintomas visuais do efeito da compactação do solo em plantas e no solo

Sintomas visuais em plantas

Os sintomas mais frequentemente notados nas plantas quando há uma estrutura do solo são:

1. Demora na emergência de plântulas
2. Plantas mais baixas que o normal
3. Folhas com coloração não característica
4. Sistema radicular superficial
5. Raízes mal formadas.

Sintomas visuais no solo

Há cinco sintomas, fáceis de ser observados, de má estrutura do solo.

1. Crosta no solo
2. Zona compactada de subsuperfície
3. Água empoçada
4. Erosão excessiva pela água
5. Aumento de requerimento de potência para o preparo de solo.

Causas da má estrutura do solo

O desenvolvimento da má estrutura do solo é um fenômeno associado com operações frequentes de preparo de solo.

As causas mais comuns da má estrutura do solo incluem:

1. Drenagem inadequada
2. Preparo excessivo do solo
3. Sistema intensivo de exploração de cultura
4. Operações impróprias no campo
5. Tipo dos implementos agrícolas.

Melhorias da Estrutura do Solo

1. Proporcionar uma adequada drenagem do solo, tanto na superfície como na subsuperfície.

2. Utilizar princípios de "preparo conservacionista" para que o solo tenha o mínimo necessário de desagregação para criar condições essenciais para uma rápida germinação, bom stand final e rápido desenvolvimento de plantas.

a. Testar o teor de umidade do solo na profundidade que se quer preparar, antes de qualquer tentativa de tratamento do solo. Se o solo está molhado, adiar as atividades de campo, para evitar compactação do solo, como mostra a Figura 4.

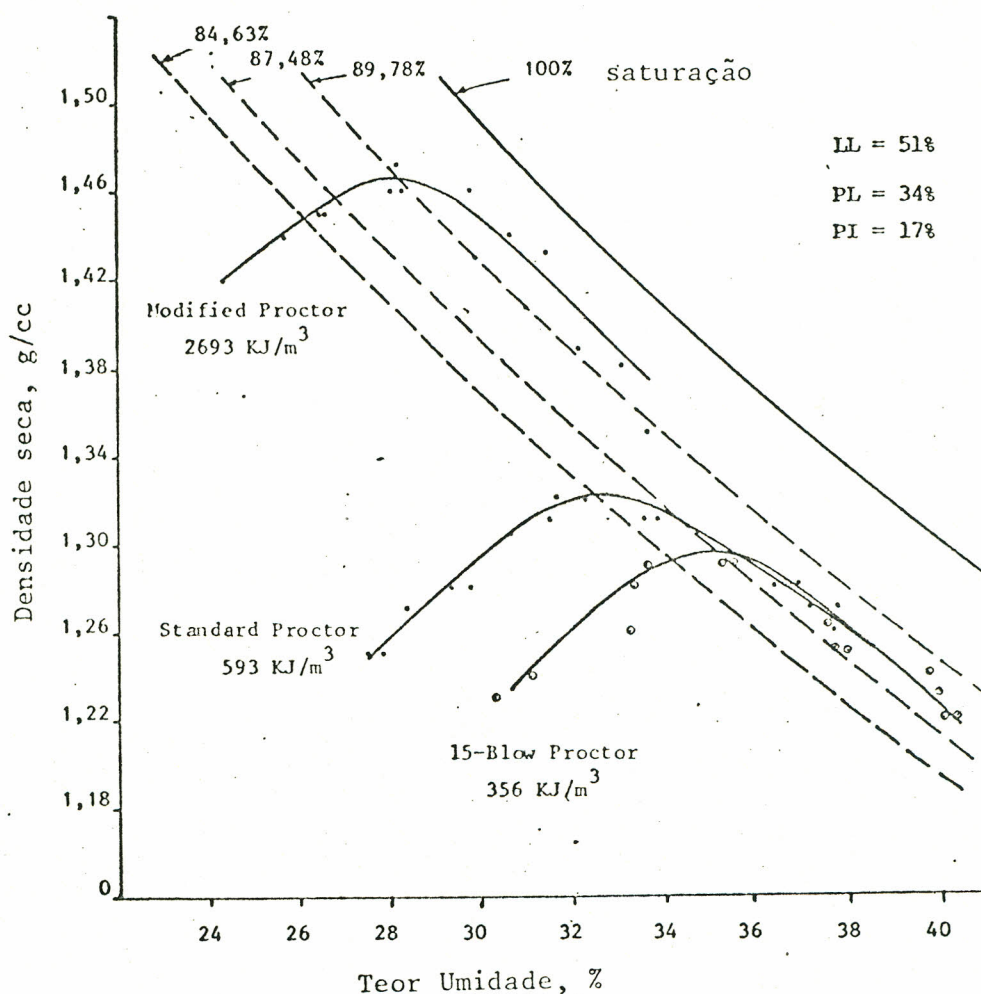


FIGURA 4. Curva de Compactação do Latossolo Vermelho Escuro.

(Fonte, Mantovani, E.C. et alli)

b. Variar profundidade de aração de semente até a profundidade necessária.

c. Fazer uso do arado escarificador quando os níveis de umidade no solo estão baixos.

d. Onde as condições de compactação do solo ocorrem, arar na profundidade em que a zona de compactação acontece para provocar seu desaparecimento.

e. Arar com a roda do trator na superfície do solo ao invés de mantê-la no sulco.

f. Mantenha o arado bem reparado e ajustado.

g. Combinar operações de campo, para reduzir as movimentações de máquinas dentro do campo.

h. Onde necessário, espalhar o fertilizante e o calcário antes de fazer a aração.

3. Manter e melhorar os níveis de matéria orgânica no solo.

a. Usar resíduo de cultura como fonte de matéria orgânica do solo.

b. Incluir na rotação de cultura, pelo menos uma cultura como milho, que produz uma quantidade apreciável de resíduo.

c. Fazer análise do solo com frequência, seguir as recomendações de adubação para obtenção de alta produtividade tanto grãos como de resíduo.

4. Utilização de Equipamentos mais leves.

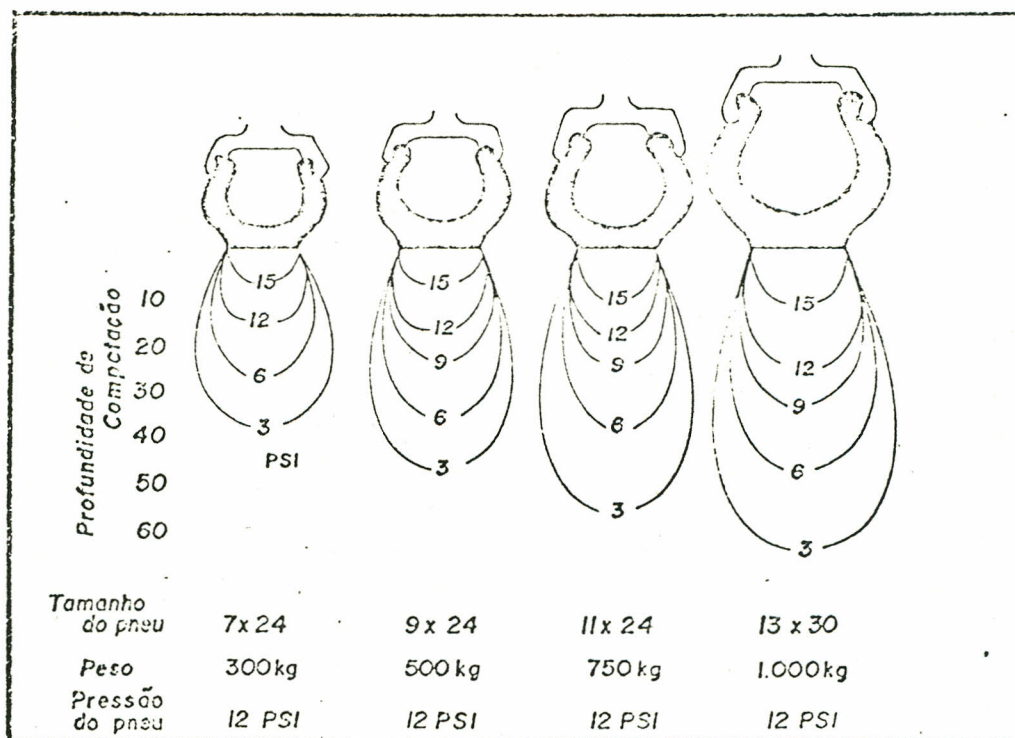


FIGURA 5. Efeito do peso do trator na compactação do solo

5. Redução da pressão do solo em profundidade pela utilização de pneus mais largos ou rodagem dupla.

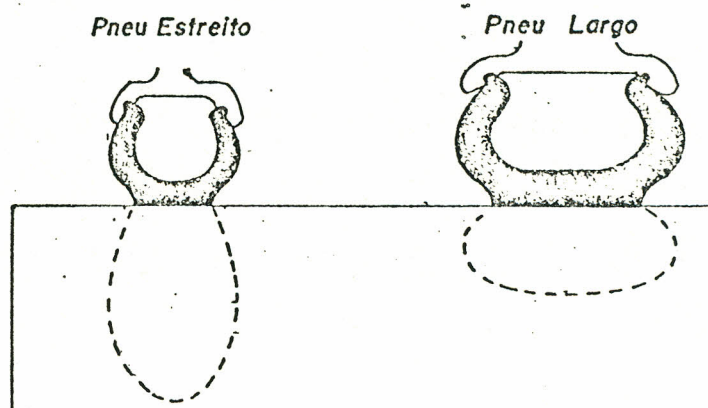


FIGURA 6. Distribuição da pressão do pneu no solo

Traduzido e Adaptado de

1. American Society of Agricultural Engineers. *Compaction of Agricultural Soil*. ASAE Monograph - St. Joseph, Michigan. 1971.
2. Bowers, W. *Modern Concept of Farm Machinery Management*. Stipes Publishing Co. Champaign, Illinois, 1970.
3. Chancellor, W.J. *Compaction of Soil by Agricultural Equipment*. Bulletin 1881. University of California. 53p. 1977.
4. Hunt, D. *Farm Power and Machinery Management* Iowa State University Press, Ames, IOWA, 1977.
5. Liljedahl, J.B.; W.M. Carleton, P.K. Turnquist e D.W. Smith. *Tractor and Their Power Units*. 3ª edição. John Wiley and sons. New York. 1979.
6. Mantovani, E.C. e A. Mantovani. *Elementos Básicos de Mecanização - Rendimento dos Conjuntos e Custo do Trabalho*. CNPMS-EMBRAPA, Sete Lagoas - Minas Gerais. 1981.
7. Mantovani, E.C.; G.W. Krutz, H.G. Gibson e G.C. Steinhardt. *A Soil Surface traffic-corn yield model for a soil under cerrado vegetation in Brazil with less than 10 years of cultivations*. St. Joseph-Michigan, ASAE, 1984. 20p. (ASAE paper nº 84-1546).
8. Robertson, L.S.; A.E. Erickson e D.R. Christenson. *Visual Syntoms, Causes and Remedies of Bad Soil Structures*. Research Report. Michigan States University. 8p. 1976.