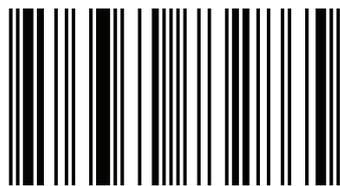


## Compactação, escarificador e subsolador

O livro aborda a respeito da compactação do solo, levando em consideração os atributos físicos e morfológicos do solo que influenciam nesse fenômeno, como ocorre, prevenção e identificação. Além disso nos capítulos também são retratados os equipamentos agrícolas utilizados na correção, o escarificador e o subsolador, abordando suas diferenças, vantagens e desvantagens, operação, regulagens e segurança com esses implementos agrícolas.

Eng. Agrônomo, Mestre e doutorando em Engenharia Agrícola na Universidade Federal do Ceará-UFC. Membro do Laboratório de Investigação com Máquinas Agrícolas-Lima. Autor de 19 artigos em periódicos científicos indexados, autor de livros e capítulos de livros relacionadas as grandes áreas de maquinaria agrícola e solos e nutrição de plantas.



978-3-330-73286-5



Deivelison X. S. Macedo · Leonardo A. Monteiro · Viviane C. Santos

## Compactação, escarificador e subsolador

Identificação, prevenção e correção da compactação através do uso de subsoladores e escarificadores

 Novas Edições  
Acadêmicas

**Deivielison X. S. Macedo**  
**Leonardo A. Monteiro**  
**Viviane C. Santos**

**Compactação, escarificador e subsolador**



**Deivielison X. S. Macedo  
Leonardo A. Monteiro  
Viviane C. Santos**

# **Compactação, escarificador e subsolador**

**Identificação, prevenção e correção da  
compactação através do uso de subsoladores e  
escarificadores**

**Novas Edições Acadêmicas**

## **Impressum / Impressão**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Informação biográfica publicada por Deutsche Nationalbibliothek: Nationalbibliothek numera essa publicação em Deutsche Nationalbibliografie; dados biográficos detalhados estão disponíveis na Internet: <http://dnb.d-nb.de>.

Os outros nomes de marcas e produtos citados neste livro estão sujeitos à marca registrada ou a proteção de patentes e são marcas comerciais registradas dos seus respectivos proprietários. O uso dos nomes de marcas, nome de produto, nomes comuns, nome comerciais, descrições de produtos, etc. inclusive sem uma marca particular nestas publicações, de forma alguma deve interpretar-se no sentido de que estes nomes possam ser considerados ilimitados em matérias de marcas e legislação de proteção de marcas e, portanto, ser utilizadas por qualquer pessoa.

Coverbild / Imagem da capa: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com)

Verlag / Editora:

Novas Edições Acadêmicas

ist ein Imprint der / é uma marca de

OmniScriptum GmbH & Co. KG

Bahnhofstraße 28, 66111 Saarbrücken, Deutschland / Niemcy

Email / Correio eletrônico: [info@nea-edicoes.com](mailto:info@nea-edicoes.com)

Herstellung: siehe letzte Seite /

Publicado: veja a última página

**ISBN: 978-3-330-73286-5**

Copyright / Copirraite © 2016 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Todos os direitos reservados. Saarbrücken 2016

**Deivielison Ximenes Siqueira Macedo**

**Leonardo de Almeida Monteiro**

**Viviane Castro dos Santos**

**COMPACTAÇÃO, ESCARIFICADOR E SUBSOLADOR**

## **Compactação, escarificador e subsolador**

### **AUTORES:**

#### **Deivielison Ximenes Siqueira Macedo**

Mestre em Engenharia Agrícola – Universidade Federal do Ceará

#### **Leonardo de Almeida Monteiro**

Professor Doutor – Universidade Federal do Ceará

#### **Viviane Castro dos Santos**

Mestre em engenharia Agrícola – Universidade Federal do Ceará

#### **Jefferson Auteliano Carvalho Dutra**

Discente do curso de Agronomia – Universidade Federal do Ceará

#### **Daniel Albiero**

Professor Doutor – Universidade Federal do Ceará

#### **Enio Costa**

Mestre em Engenharia Química – Universidade Federal do Ceará

#### **Aline Castro Praciano**

Graduada do curso de Agronomia – Universidade Federal do Ceará

#### **Rafaela Paula Melo**

Mestre em engenharia Agrícola – Universidade Federal do Ceará

#### **Danilo Roberto Loureiro**

Professor Doutor – Universidade Federal do Ceará

#### **José Siqueira de Macedo Júnior**

Discente do curso de Medicina Veterinária – Faculdade de Tecnologia do Nordeste

#### **Emanuel Dias Freitas**

Mestre em Solos e Nutrição de Plantas - Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

<b>1. Conceitos gerais de física e morfologia do solo</b>	
Deivielison X. S. Macedo, Viviane C. Santos, Jefferson A. C. Dutra, Aline C. Praciano, Rafaela P. Melo e Emanuel D. Freitas .....	8
<b>2. O que é compactação do solo</b>	
Deivielison X. S. Macedo, Viviane C. Santos, Jefferson A. C. Dutra, Enio Costa e José S. Macedo Júnior.....	14
1. Problemas em áreas compactadas .....	15
2. Tipos de compactação .....	17
3. Agentes Compactadores .....	18
<b>3. Identificação, prevenção e descompactação do solo</b>	
Deivielison X. S. Macedo, Viviane C. Santos, Enio Costa, Aline C. Praciano, Rafaela P. Melo e Danilo R. Loureiro .....	20
1. Laboratorial – Densidade do solo.....	20
2. Método da Trincheira.....	21
3. Sintomas nas plantas e no solo .....	21
4. Equipamentos eletrônicos .....	22
5. Prevenção da Compactação .....	22
6. Descompactação do solo .....	24
<b>4. Escarificador e subsolador na descompactação do solo</b>	
Deivielison X. S. Macedo, Leonardo. A. Monteiro, Viviane C. Santos, Jefferson A. C. Dutra e Daniel Albiero .....	25
1. Escarificador.....	26
2. Subsolador .....	26
3. Constituição de subsoladores e escarificadores.....	27
i. Chassi ou Barra Porta-Ferramentas .....	29
ii. Hastes .....	30
iii. Ponteiras .....	32
iv. Rodas de Controle de Profundidade .....	33
v. Disco de corte.....	34
vi. Rolo destorroador .....	34
<b>5. Manutenção e regulagens de escarificadores e subsoladores</b>	
Deivielison X. S. Macedo, Viviane C. Santos, Jefferson A. C. Dutra, Rafaela P. Melo e Daniel Albiero .....	35

1. Manutenção .....	35
2. Regulagens.....	36
i. Profundidade de trabalho .....	36
ii. Número de hastes e velocidade de operação.....	37
iii. Espaçamento entre hastes e tipo de ponteira.....	37
iv. Nivelamento .....	38
3. Exemplos de regulagens .....	39
<b>6. Operações com subsolador e escarificador</b>	
Deivielison X. S. Macedo, Leonardo. A. Monteiro, Viviane C. Santos, Jefferson A. C. Dutra e Danilo R. Loureiro .....	41
1. Quantidade de água na operação .....	41
2. Profundidade crítica .....	43
3. Operação irregular.....	44
4. Operações conjugadas.....	44
<b>7. Referências .....</b>	<b>45</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do solo .....	8
Figura 2: Consistência do solo em função do teor de umidade.....	9
Figura 3: Condição do solo em friabilidade .....	10
Figura 4: Solo aderido entre os dedos.....	11
Figura 5: Fácil moldagem do solo em função da condição de plasticidade. ....	11
Figura 6: Solo na consistência plástica .....	11
Figura 7: Solo na consistência tenaz.....	12
Figura 8: Solo preparado em condição de tenacidade .....	13
Figura 9: Solo tenaz após preparo com máquinas .....	13
Figura 10: Desenvolvimento radicular em diferentes condições, em solo ideal e em camadas compactadas.....	15
Figura 11: Não infiltração e escoamento superficial da água de chuva .....	15
Figura 12: Área compactada passando pelo processo erosivo no período pós chuva .....	16
Figura 13: Pontos com água estagnada devido a camada compactada.....	16
Figura 14: Sistema radicular crescendo lateralmente por não conseguir se aprofundar ...	17
Figura 15: Zona de compactação de um animal e do trator .....	18
Figura 16: Zona de compactação dos diferentes rodados.....	19
Figura 17: Esquema representativo do método de laboratório.....	20
Figura 18: Anéis utilizados para recolher amostras de solo.....	20
Figura 19: Solo com encrostamento dificultando a emergência das plântulas .....	21
Figura 20: Penetrômetro .....	22
Figura 21: Utilização do penetrômetro .....	22
Figura 22: Constituição básica de um escarificador montado.....	27
Figura 23: Constituição de um subsolador de arrasto com componentes secundários.....	28
Figura 24: Equipamento montado.....	29
Figura 25: Equipamento de arrasto .....	29
Figura 26: Chassi em formato triangular .....	29
Figura 27: Chassi em formato quadrangular .....	29
Figura 28: Haste reta vertical .....	30
Figura 29: Haste inclinada.....	30
Figura 30: Haste curva.....	30
Figura 31: Haste parabólica.....	30

Figura 32: Sistema de pino fusível.....	31
Figura 33: Sistema de desarme automático .....	31
Figura 34: Diferença entre ponteiras .....	32
Figura 35: Anéis metálicos para limitar profundidade no pistão hidráulico .....	33
Figura 36: Disco de corte .....	34
Figura 37: Rolo destorroador .....	34
Figura 38: Comparação entre ponteira nova e ponteira gasta .....	35
Figura 39: Haste que foi danificada devido ao uso da ponteira gasta por muito tempo.....	35
Figura 40: Profundidade de trabalho .....	36
Figura 41: Hastes mal e bem espaçadas .....	37
Figura 42: Espaçamento correto entre hastes em situações de duas fileiras com quatro hastes .....	38
Figura 43: A esquerda condição de muita umidade e a direita a diferença da passada do equipamento em um solo na condição ideal e com excesso de umidade. ....	41
Figura 44: Área trabalhada por um subsolador com falta de umidade .....	42
Figura 45: Duas condições de umidade na mesma área, friabilidade e tenacidade .....	42
Figura 46: Diferença entre profundidade e profundidade crítica .....	43
Figura 47: Exemplo de operação conjugada .....	44



## 1. CONCEITOS GERAIS DE FÍSICA E MORFOLOGIA DO SOLO

**Deivielison Ximenes Siqueira Macedo; Viviane Castro dos Santos; Jefferson Auteliano Carvalho Dutra; Aline Castro Praciano; Rafaela Paula Melo; Emanuel Dias Freitas**

O solo é um corpo natural que tem várias definições, dependendo da área de conhecimento que o estuda, porém, para a área de ciências agrárias, a definição mais usual é a seguinte. Solo é um corpo natural trifásico, ou seja, é constituído de fase líquida, sólida e gasosa, formado por materiais minerais e orgânicos, contendo matéria viva e que podem ser vegetados na natureza (EMBRAPA, 2006). Idealmente, a constituição do solo deveria ter 5% de matéria orgânica, 45% de material mineral, 25% de água e 25% de ar.

A fase líquida e fase gasosa são concorrentes, ou seja, quando se aumenta o percentual de uma dessas fases, o percentual da outra fase diminui. Portanto, apesar de ser recomendado que o solo esteja sempre na capacidade campo, é importante manter a fase gasosa próximo de 25%, pois, abaixo de 15% as plantas começam a ter deficiência de oxigênio e, como esse percentual abaixo de 10%, as plantas não se desenvolvem.

Morfologicamente o solo tem quatro características a serem avaliadas (cor, textura, estrutura e consistência), porém no estudo da compactação o que interessa são os conhecimentos básicos de estrutura e consistência. Estrutura do solo é a agregação das partículas primárias do solo, que são separadas dos agregados vizinhos por superfícies de fraturas, sendo divididas em macroestrutura e microestrutura.

**Figura 1:** Estrutura do solo.



Fonte: MACEDO, 2015.

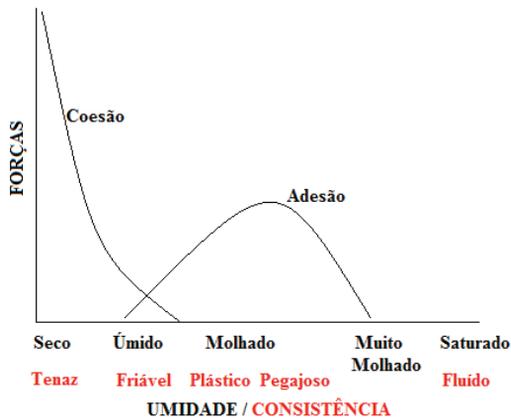
Todavia, no estudo da compactação a parte primordial do conhecimento sobre estrutura é a porosidade do solo. Entre os agregados existem espaços porosos, o qual são divididos em microporos (porosidade dentro dos agregados <0,05mm) e macroporos (porosidade entre os agregados 0,05mm<).

Nos macroporos se localiza a fase gasosa do solo e nos microporos é onde a fase líquida do solo – umidade do solo – é armazenada. Relacionando a quantidade de macroporos com a presença de umidade e gases, quanto maior a quantidade de macroporos, maior é a capacidade de troca gasosa e menor a retenção de água. Entretanto, quanto maior a quantidade de microporos, maior é a capacidade de retenção de água deste solo.

Portanto, solos arenosos, que possuem maior quantidade de macroporos, conseqüentemente, possuem menor capacidade de retenção de água e maior capacidade de troca gasosa; entretanto, solos argilosos possuem maior quantidade de microporos e de porosidade total, que é a soma de macro e microporos, então estes solos possuem uma maior capacidade de retenção de água e uma menor capacidade de troca gasosa.

Consistência do solo é definida como a manifestação das forças de coesão (atração das partículas entre si) e de adesão (atração das partículas por um outro corpo), em diferentes conteúdos de umidade. De acordo com a quantidade de água no solo, a consistência pode ser classificada como tenaz, friável, plástica, pegajosa e fluída.

**Figura 2:** Consistência do solo em função do teor de umidade.



Fonte: MACEDO, 2015.

Quando o solo se encontra na consistência tenaz é observada uma resistência a ruptura dos agregados; quando o solo se encontra na consistência de friabilidade, a estrutura do solo fica de fácil esboroamento; quando o solo se encontra na consistência de plasticidade, o solo é facilmente moldado; quando o solo se encontra na consistência de pegajosidade, o solo tem uma alta aderência a outros corpos e quando o solo se encontra na consistência de fluidez, há maior quantidade de água do que solo, portanto nenhuma das duas forças (coesão e adesão) atuam nesse momento.

Para qualquer equipamento agrícola seja utilizado no solo, a consistência ideal é a de friabilidade, onde as forças de adesão e coesão são praticamente iguais, não havendo interferência demasiada de uma sobre a outra, e o operador consegue realizar o trabalho com o mínimo esforço do trator, obtendo melhores resultados nos serviços realizados. Esse ponto também é conhecido como ponto de sazão do solo.

Para verificar se o solo se encontra na condição de friabilidade, deve-se pegar uma porção de solo e tentar molda-la, se essa porção for moldada facilmente e também se desfizer facilmente, esse solo encontra-se na friabilidade.

**Figura 3:** Condição do solo em friabilidade.



Fonte: MACEDO, 2015.

O método de identificação da plasticidade ou pegajosidade é semelhante a friabilidade, entretanto o resultado é diferente. Se o solo molda mais não se desfaz ou o mesmo fica aderido aos dedos, este está na condição de plasticidade.

**Figura 4:** Solo aderido entre os dedos.



**Figura 5:** Fácil moldagem do solo em função da condição de plasticidade.



Fonte: MACEDO, 2015.

Quando se prepara o solo em condições de alta umidade (plasticidade, pegajosidade e fluidez), pode-se ocasionar danos físicos a estrutura do solo (futura compactação), além da ocorrência de uma maior aderência do solo nos equipamentos agrícolas, principalmente em solos argilosos. Além da necessidade de uma maior potência, o trator também terá um maior consumo de combustível, o que pode até inviabilizar a operação agrícola desejada.

**Figura 6:** Solo na consistência plástica.



Fonte: MACEDO, 2015.

Na condição de alta umidade, molda-se o solo e este não volta a condição original, pois há o preenchimento dos microporos; o que também pode acelerar o processo de degradação e compactação do mesmo.

Após a utilização da máquina agrícola, o solo que apresentava excesso de água, geralmente adquire aparência lustrosa e plana, sendo essas características adquiridas pelo preenchimento dos poros. Quando o solo secar, o mesmo ficará com uma crosta mais resistente, que eventualmente pode evoluir para uma camada compactada.

Adicionalmente, a força de adesão do solo - força que possibilita as partículas de solo aderir a outros objetos em condições úmidas - é alta, portanto há a necessidade de uma maior força de tração do trator.

A identificação da consistência tenaz no solo é semelhante as anteriores, porém, a amostra não molda ou quando está na forma de torrão sua força de coesão é tão alta que é necessário aplicar uma força maior para desfazer esse agregado.

**Figura 7:** Solo na consistência tenaz.



Fonte: MACEDO, 2015.

Preparar a área agrícola na condição de falta de umidade não acarreta em nenhum dano físico imediato a estrutura do solo, porém, é necessária uma maior quantidade de passadas com a máquina sobre o solo para deixar o solo destorroado, e, com isso, aumentam os gastos com combustível e problemas de compactação.

**Figura 8:** Solo preparado em condição de tenacidade.



**Figura 9:** Solo tenaz após preparo com máquinas.



Fonte: MACEDO, 2015.

Entretanto, a problemática de compactação ocorre de maneira mais lenta quando comparado ao solo em condição de excesso de umidade.

O preparo com implementos que causam elevada desagregação (enxada rotativa) pode destruir a estrutura do solo nas camadas superficiais, pulverizando-o e facilitando o processo erosivo eólico e hídrico. No caso de erosão hídrica, as partículas de solo são carregadas pela água no processo de lixiviação, preenchendo os microporos do solo, o que contribui para compactação do mesmo.

Outro fator importante quando se com o solo na condição de tenacidade é, que devido a elevada força de coesão do solo - força com que as partículas estão ligadas entre si - o solo está muito duro, não permitindo a entrada do implemento no solo, ou seja, o equipamento praticamente só risca o solo tornando a operação quase inviável pelo número de vezes necessárias para tentar prepara a área.

## 2. O QUE É COMPACTAÇÃO DO SOLO

**Deivielison Ximenes Siqueira Macedo; Viviane Castro dos Santos; Jefferson Auteliano Carvalho Dutra; Enio Costa; José Siqueira de Macedo Júnior**

Pode-se definir compactação do solo como o aumento da densidade do solo, em um mesmo volume, com a redução da sua porosidade que se dá quando ele é submetido a um grande esforço ou a uma pressão contínua artificial, ou seja, através do mau uso pelo homem. Camadas compactadas são erroneamente chamadas de adensadas, pois há diferença entre compactação e adensamento.

A compactação é induzida pelo homem, seja pelo uso incorreto de equipamento agrícolas ou mau dimensionamento na criação de animais.

O adensamento é um processo natural e as camadas adensadas surgem com os processos pedogenéticos do solo (adição, perda, translocação e transformação). O adensamento é um processo não antrópico e que ocorre ao longo do tempo, como por exemplo, o ciclo de umedecimento e secagem do solo, a translocação natural de argila entre o perfil, o ciclo de congelamento e degelo em áreas frias dentre outras situações.

Outro fator que diferencia ambos é a dificuldade de correção, sendo as camadas adensadas mais fáceis de correção do que as camadas compactadas.

Dentre as classes de solo as consideradas argilosas, ou seja, com maior percentual de argila e de argila com alta atividade, são as mais susceptíveis a compactação. Isso ocorre devido a elevada superfície específica da argila, e também porque argilas de alta atividade são mais expansivas do que as de baixa atividade, ou seja, quando um trator passa em um solo com argila de alta atividade, o mesmo irá se expandir mais, e não irá retrair quando secar.

Além disso, quando comparados a outros tipos de solos, os solos argilosos possuem uma maior quantidade de microporos e uma maior porosidade total, sendo estes de preenchimento mais fácil do que os macroporos.

A consistência ideal do solo para a utilização de máquinas agrícolas é a condição de friabilidade, pois na condição de plasticidade (excesso de umidade), o processo de compactação é agravado.

Com relação a irrigação, para a situação ideal para as plantas, geralmente irriga-se o solo para deixa-lo na capacidade campo, porém a capacidade de campo, geralmente, encontra-se, na condição de plasticidade, a qual não é ideal para o trafego de máquinas. Portanto, para se realizar alguma atividade na área é recomendado cessar a irrigação para que o solo retorne à condição de friabilidade, e, a partir desse momento, iniciam-se as atividades na área.

### a. Problemas em áreas compactadas

Solos com camadas compactadas têm uma maior resistência a penetração das raízes. Devido a camada dura, as raízes não conseguem se aprofundar e crescem lateralmente, ocasionando uma redução do volume explorado pelo sistema radicular.

**Figura 10:** Desenvolvimento radicular em diferentes condições, em solo ideal e em camadas compactadas.



Fonte: FALKER, 2016.

**Figura 11:** Não infiltração e escoamento superficial da água de chuva



Fonte: MACEDO, 2015.

Adicionalmente, como a camada tem seus poros preenchidos, a água de chuva ou de irrigação não infiltra, o que gera escoamento superficial e, com isso, problemas de déficit hídrico das culturas. Além da erosão hídrica, que remove o solo e matéria orgânica, deixando o solo com baixa fertilidade, já que o material carregado são os mais ricos em nutrientes no solo.

Passado o escoamento superficial a água tende a ficar estagnada em certos pontos no solo, já que a mesma não consegue infiltrar, com isso há problemas de aeração do solo, pois os macroporos, poros onde ocorre a maior parte da troca gasosa, vão estar saturados com a água. Com a água estagnada e baixa aeração vai diminuir a atividade biológica da área, tendo em vista que com a falta de oxigênio no solo os organismos aeróbicos (sua respiração só ocorre na presença de oxigênio), responsáveis pela decomposição do material orgânico, vai dar lugar aos organismos anaeróbicos (respiração da ausência de oxigênio).

**Figura 12:** Área compactada passando pelo processo erosivo no período pós chuva.



Fonte: MACEDO, 2015.

**Figura 13:** Pontos com água estagnada devido a camada compactada.



Fonte: MACEDO, 2015.

Devido a redução da fertilidade, da aeração, da atividade biológica, área explorada pelo sistema radicular dentre os outros problemas anteriormente citados a vegetação tende a ter uma redução na sua produção diminuindo os lucros advindo da atividade. Outro problema é o aumento de consumo de combustível na área, já que além do preparo periódico será necessário a correção das áreas com camadas compactadas aumentando o número de passadas na área e consequentemente o consumo de combustível.

## **b. Tipos de compactação**

Existem dois tipos de compactação a superficial e a profunda.

Na compactação superficial, as raízes ficam presas na camada superficial e não conseguem aprofundar ficando restrita sua absorção de água e nutrientes, prejudicando-a gravemente (CORTEZ 2014).

Na compactação profunda, quanto mais profunda for uma camada compactada, mais persistente ela é. Ela causa menos prejuízos as culturas quando comparada com uma camada compactada a 25 cm de profundidade, porém sua correção é mais complicada (CORTEZ 2014).

**Figura 14:** Sistema radicular crescendo lateralmente por não conseguir se aprofundar.



Fonte: MACEDO, 2015.

### c. Agentes Compactadores

Dentre os agentes compactadores, podem ser citados: os equipamentos agrícolas, os tratores e animais em lotação excessiva.

Comparando a lotação de animais com tratores agrícolas, o animal compacta mais que o trator se considerarmos a pressão exercida por unidade de área com o mesmo peso, ou seja, se o trator tivesse o mesmo peso do animal ele, o trator, compactaria menos, já que a interface do rodado em contato com o solo é maior que a interface pata do animal no solo.

Ainda comparando os dois, a compactação exercida pelo animal é superficial, ou seja, é mais fácil de corrigir, já a compactação exercida pelo trator, devido ao seu peso e mau uso, pode ocasionar camadas compactadas em profundidades maiores, o que é mais difícil de corrigir, havendo a necessidade de equipamentos específicos.

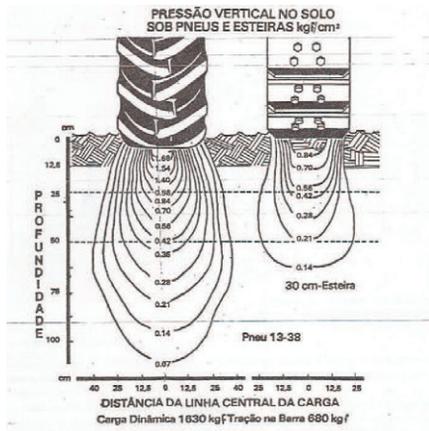
**Figura 15:** Zona de compactação de um animal e do trator.



Fonte: MACEDO, 2015.

Comparando-se tipos de rodados (esteira e pneu) os rodados de esteira compactam muito menos que os rodados de pneus, já que sua interface com o solo é maior o que distribui a pressão em áreas maiores de solo diferente dos rodados de pneu que concentra em quatro pontos. Outro fator que diferencia eles é que os rodados de esteira compactam mais superficialmente quando comparado aos tratores de rodas.

Figura 16: Zona de compactação dos diferentes rodados.



Fonte: BALASTREIRE, 1986.

Comparando-se os tipos de rodado, de pneu e os de esteira, os rodados de esteira terão uma interface pneu-solo maior que os rodados de pneu, portanto, os efeitos nocivos ao solo serão menores.

### 3. IDENTIFICAÇÃO, PREVENÇÃO E DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO

Deivielison Ximenes Siqueira Macedo; Viviane Castro dos Santos; Enio Costa; Aline Castro Praciano; Rafaela Paula Melo; Danilo Roberto Loureiro

#### a. Laboratorial – Densidade do solo

Este método é o método mais preciso e consiste em análises de solo em laboratório. Deve-se ir a campo e recolher amostras indeformadas em profundidades diferentes, geralmente nas profundidades em que iram atuar o sistema radicular da cultura de interesse. Essa amostra terá um volume conhecido e passar á por análises físicas para encontrar densidade, macro porosidade, micro porosidade e porosidade total.

A metodologia da análise completa se encontra no manual de análises da Embrapa (1997).

Figura 17: Esquema representativo do método de laboratório.



Fonte: MACEDO, 2015.

Figura 18: Anéis utilizados para recolher amostras de solo.



Fonte: MACEDO, 2015.

Com os valores em mão deverá ser verificada a densidade da amostra, se o solo for arenoso e a densidade se encontrar entre 1,2-1,4 kg.dm<sup>-3</sup> o solo vai esta no limite, acima disso esse solo está compactado, já para solos argilosos o valor é de 1,0-1,2 kg.dm<sup>-3</sup>.

## **b. Método da Trincheira**

Este método é de campo e consiste na abertura de uma trincheira na área onde desconfia-se de que esteja compactada, com um objeto pontiagudo (faca, estilete e etc.) deve-se furar o solo até encontrar dificuldade para penetrar, quando encontrar deve-se marcar a área e medir a real profundidade em que se encontra.

## **c. Sintomas nas plantas e no solo**

Outro fator importante é a resposta da planta e do solo a compactação, esses fatores são verificados visualmente, dentre o sintomas verificados pode-se citar a emergência lenta das plântulas, plantas de tamanho variado, plantas com coloração deficiente, sistema radicular raso, enovelado e tortuoso, solo com encrostamento superficial, presença de poças d'água, erosão e aumento de necessidade de potência.

**Figura 19:** Solo com encrostamento dificultando a emergência das plântulas.



Fonte: NUERNBERG *et al.*, 2005.

#### d. Equipamentos eletrônicos

Dos equipamentos eletrônicos existentes o mais utilizado é o penetrômetro, ele não mede a compactação diretamente e sim a resistência a penetração ao qual aquele solo submete qualquer corpo que queira perfura-lo.

O funcionamento do penetrômetro consiste em uma haste perfurando o solo em uma pressão constante o qual é registrado pelo aparelho a resistência que o solo induz a sua penetração em diferentes profundidades. Ele mede indiretamente a compactação porque não possui um valor de resistência a penetração associado a compactação existem valores que se pode dizer que o sistema radicular vai encontrar dificuldade a penetrar que são entre 2,0 e 3,0 Mpa, acima desses valores o sistema radicular não consegue penetrar.

**Figura 20:** Penetrômetro.



Fonte: MONTEIRO, 2012.

**Figura 21:** Utilização do penetrômetro.



Fonte: MACEDO, 2015.

#### e. Prevenção da compactação

Para prevenir a compactação no solo tem algumas atitudes que podem melhorar e até evitar a ocorrência desse malefício, uma delas é sempre que for preparar o solo que o mesmo esteja no ponto de sazão, ou seja, na friabilidade, que é o ponto ideal de umidade.

A adição de matéria orgânica sempre é bem-vinda, nesta situação mais ainda, já que com matéria orgânica em superfície há uma melhora na estruturação do solo, melhorando a

porosidade total e diminuindo os processos erosivos, dentre outros benefícios inerentes a matéria orgânica.

A evolução para sistemas conservacionistas, como cultivo mínimo e sistema de plantio direto, é uma boa solução para tentar evitar a compactação, já que não será mais utilizado nem arado e nem grade, equipamentos que quando mal utilizados contribuem e muito para compactação, será adicionada matéria orgânica em superfície e a mobilização de solo irá diminuir e muito, por consequência o tráfego de máquinas na área.

A alternância de equipamento de preparo do solo e profundidade de trabalho também evitam a compactação, toda vez que se trabalha com equipamentos como arado e grade em um determinado ponto fica uma superfície lustrosa preenchida, se por vários ciclos da cultura for trabalhado sempre na mesma profundidade essa superfície irá evoluir para uma camada compactada, então o certo a se proceder é sempre realizar os preparos em profundidades diferentes e se possível realizar rotação de culturas com sistemas radiculares diferentes, alguns mais rasos e outros mais profundos, assim irá evitar a ocorrência de pé de arado e pé de grade.

Se não é possível trafegar em condição de friabilidade a situação menos nociva, de imediato, para o solo é em condição de solo seco, mais isso não quer dizer que não irá compactar o solo.

Como abordado anteriormente a rotação de cultura é de grande importância para trabalhar a área em profundidades diferentes e ter um sistema radicular em profundidade diferente. Entre essas culturas na rotação é bom colocar culturas descompactadoras, são culturas que tem o sistema radicular pivotante forte que tende a diminuir a resistência de camadas compactadas. Também é necessário a inclusão de culturas em que se faça adubação verde e posterior formação de palhada acumulando-se assim matéria orgânica em superfície.

A condução com a máquina na área é outro fator para evitar compactação, quanto mais rápido for feito o trabalho menor tempo o trator ficará sobre o solo, assim menor é o tempo de compressão deste trator sobre a área. Recomenda-se também que se utilizem tratores compatíveis com a atividade a ser realizada e que o mesmo seja adequado de forma que tenha lastro suficiente para realizar a operação, ter o mínimo de lastro possível para uma atividade eficiente, ou seja, se vai realizar uma atividade leve, que não necessite de tanta potência do trator, usar tratores de menor porte e que sejam mais leves.

Por fim é interessante que todas as áreas sejam divididas em subáreas e entre essas áreas menores seja colocado espaços pré-definidos para realização de manobras (carreadores), assim diminui a quantidade de passadas com o trator sobre a área

## **f. Descompactação do solo**

Antes de utilizar os implementos para tentar descompactar uma determinada área, deve-se levar em consideração alguns quesitos para a escolha do equipamento. Esses quesitos são: equipamentos disponíveis, intensidade de compactação, sistema de exploração e profundidade de camada compactada.

Em determinados locais, o equipamento ideal pode não ser obtido, então, nesse caso, o problema geralmente é resolvido com os equipamentos existentes na propriedade. A intensidade da compactação também influencia na escolha, pois se o nível de compactação não é tão severo, a literatura cita que o problema pode ser resolvido com a utilização de plantas descompactadoras; se o nível é mediano, o problema pode ser resolvido com equipamentos ligados ao preparo de solo, como por exemplo, o arado e a grade, dependendo da profundidade de compactação; e se o nível é severo, o problema deve ser resolvido com a utilização de equipamentos específicos para essa finalidade. Exemplificando, se a camada compactada estiver entre 20-30 cm ou 20-40 cm, pode-se utilizar tanto o escarificador, quanto o subsolador. Já se a camada compactada se encontrar em profundidade maior que 40 cm, utiliza-se o subsolador.

O sistema de cultivo também influencia na escolha do método de descompactação, pois, pode-se utilizar arado de disco ou de aiveca, escarificador e subsolador se na área o sistema de cultivo adotado é o convencional; se é adotado o sistema de cultivo mínimo, pode-se utilizar escarificador e subsolador; já se o sistema adotado é o sistema de plantio direto, nenhum dos equipamentos previamente citados não são adequados. Portanto, em sistemas de plantio direto, em um período do ano, deve-se voltar ao sistema de cultivo mínimo e realizar a operação de descompactação para que no próximo ciclo se utilize o sistema de plantio direto.

Sobre a profundidade se a camada aparecer até 20 cm pode-se utilizar o arado de disco ou o arado de aiveca, porém vale ressaltar que sempre deve realizar a operação em profundidades diferentes para evitar a compactação pelo equipamento.

#### 4. ESCARIFICADOR E SUBSOLADOR NA DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO

**Deivielison Ximenes Siqueira Macedo; Leonardo de Almeida Monteiro; Viviane Castro dos Santos; Jefferson Auteliano Carvalho Dutra; Daniel Albiero**

Escarificador e subsolador são implementos no solo para desagregar camadas compactadas. Eles foram desenvolvidos para atuar no preparo periódico de solo que possui material vegetal em superfície. No final da década de 70 e início da década de 80, os agricultores que utilizavam o sistema de preparo convencional (uso de arado e grade), perceberam que havia uma grande perda de solo, ou seja, o problema de erosão era gravíssimo. Por exemplo, em um ciclo de cultivo perdia-se o que anteriormente perdia-se em 10 anos. Para tentar diminuir essas perdas, os sistemas conservacionistas foram desenvolvidos, hoje sendo representados pelo cultivo mínimo e pelo sistema de plantio direto; porém observou-se que os equipamentos presentes na época não eram adequados para os sistemas conservacionistas, pois, os equipamentos não deixavam material vegetal em superfície e agrediam muito o solo. Portanto, o escarificador e o subsolador foram desenvolvidos para serem utilizados nesses novos sistemas.

Atualmente existem duas teorias válidas sobre a diferença entre escarificação e subsolagem. A primeira teoria, de Martuchi (1987), divide em escarificação leve (5 – 15cm), escarificação pesada (15 – 30cm) e subsolagem (30cm <), ou seja, diferenciando-os pela profundidade de atuação. Já a segunda teoria, ASAE (1982), argumenta que uma atividade realizada até 40 cm de profundidade é uma escarificação e uma atividade realizada além da profundidade de 40 cm é uma subsolagem. As duas teorias são aceitas, sendo os equipamentos, escarificador e subsolador, classificados em função da profundidade de atuação do implemento.

Os dois equipamentos, escarificador e subsolador, têm uma mínima mobilização superficial (vertical), por sua atuação em sub superfície; eles atuam na zona de fratura do solo em um corte tridimensional, ou seja, agredem menos o solo, não havendo elevação do mesmo, diferente do arado, que corta, eleva e inverte a leiva, e diferente da grade, que nivela e destorroa o solo, movimentando-o lateralmente.

O escarificador e o subsolador deixam resíduos vegetais em superfície, o que promove os benefícios da matéria orgânica no solo, além de melhorar a infiltração porque desagrega o solo subsuperficialmente, melhora a estruturação do solo, pois ainda deixa agregados, devido a matéria orgânica e não desestruturação do solo melhora a retenção de água e diminui a erosão no solo.

### **a. Escarificador**

O escarificador utilizado no sistema de cultivo mínimo substitui a função do arado como preparo primário do solo. Ele desagrega menos o solo, já que ele atinge as zonas de fratura do solo e não inverte a leiva com o diferencial de descompactar camadas mais profundas do que o arado. O escarificador trabalhando na mesma profundidade que um arado de disco tem necessidade energética 60% inferior ao arado (MARTUCHI, 1985). Ele, quando comparado com os demais equipamentos agrícolas de preparo de solo, tem a menor exigência energética para funcionamento (SALVADOR et al., 1995).

Há diversas vantagens numa escarificação bem conduzida, como: os benefícios econômicos (menor tempo com equipamento na área, economia com combustível, economia com tempo de mão de obra e menor número de equipamento a serem adquiridos) e conservacionistas (menor desestruturação do solo, menor erosão, deixa matéria orgânica em superfície dentre outros).

Apesar das vantagens ele não consegue substituir totalmente a função da grade e do arado, já que os dois últimos têm melhor desestruturação e, por consequência, uma maior área contato solo-semente.

Os escarificadores foram desenvolvidos para trabalharem em sistemas conservacionistas de solo, ou seja, áreas que não possuem pedras e tocos, pois estes podem danificar o equipamento caso haja a insistência de trabalhar nessas condições. Na evolução de uma área, deve-se obedecer às seguintes fases: o preparo inicial (desmatamento, destocamento, desenraizamento, retirada de pedras e enleiramento), preparo convencional (preparo primário e secundário), portanto, se as atividades foram realizadas corretamente, no sistema de cultivo mínimo não se deve ter a presença de tocos ou pedras na propriedade.

Devido ao fato de que o escarificador foi desenvolvido para trabalhar em sistema de cultivo mínimo, e nesses sistemas deve-se ter pelo mesmo 30% de matéria orgânica na superfície, na operação há a problemática de embuchamento, ou seja, o material vegetal ficar aderido ao equipamento, dificultando a operação; para evitar esse problema, é necessário acoplar um disco de corte no equipamento.

### **b. Subsolador**

Subsolagem é uma prática de mobilização sub superficial do solo para corrigi-lo, destruindo as camadas compactadas em sub superfície. Igual ao escarificador, o subsolador também não revolve o solo, ele atinge as zonas de fratura do solo em três dimensões. Apesar

de semelhante ao escarificador o subsolador atinge camadas mais profundas e com isso há uma maior necessidade de potência do trator e se não for bem manuseado pode compactar em sub superfície, assim sua necessidade de uso é só quando os outros equipamentos não atingem a camada compactada.

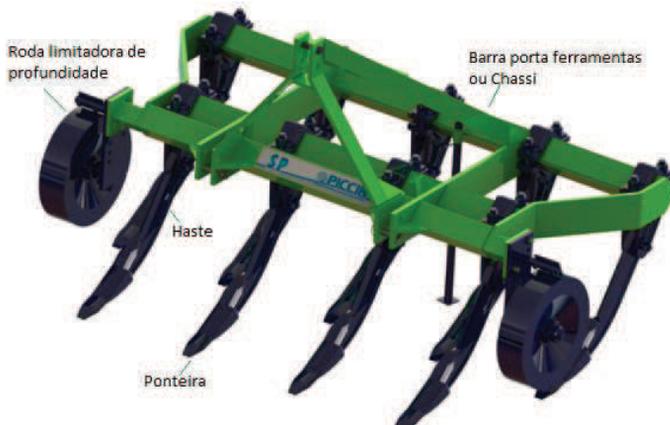
Como o subsolador atinge camadas mais profundas há a necessidade de maior potência do trator, assim esse equipamento é o que mais necessita potência e consumo de combustível dentre todos os equipamentos agrícolas de preparo de solo. Para usar o subsolador vai depender da profundidade de trabalho, abaixo dos 40 cm, e do ponto de umidade ideal, no caso do subsolador e do escarificador é o limite inferior da friabilidade.

A maior exigência de potência do subsolador, causa um maior consumo de combustível.

### c. Constituição de subsoladores e escarificadores

Subsoladores e escarificadores são constituídos por quatro elementos principais: barra porta-ferramentas, hastes, ponteiras e rodas de controle de profundidade. Os componentes secundários são: o disco de corte e o rolo destorroador. A constituição do escarificador assemelha-se com o subsolador diferenciando apenas na profundidade de trabalho.

**Figura 22:** Constituição básica de um escarificador montado.



Fonte: INPAL adaptado por MACEDO, 2016.

**Figura 23:** Constituição de um subsolador de arrasto com componentes secundários.



Fonte: MACEDO, 2015.

## Chassi ou Barra Porta-Ferramentas

Pode ser montada no sistema hidráulico de levantamento dos tratores, ou de arrasto, se possuir uma barra de tração para acoplar no trator. Sua forma pode ser triangular ou quadrangular.

**Figura 24:** Equipamento montado.



Fonte: AGRITECH, 2016.

**Figura 25:** Equipamento de arrasto.



Fonte: MACEDO, 2015.

**Figura 26:** Chassi em formato triangular.



Fonte: COMIL, 2016.

**Figura 27:** Chassi em formato quadrangular.



Fonte: MACEDO, 2015.

## Hastes

É constituída de uma barra de aço plana, com formato variável (reta, curva, inclinada ou parabólica) de acordo com o fabricante. Como a haste é o principal elemento do subsolador, seu formato tem grande influência na força de tração demandada pela operação.

Comparando os diferentes tipos de hastes, a haste reta vertical forma  $90^\circ$  com o plano horizontal e possui uma maior dificuldade de penetração, exigindo grande esforço de tração, e desagrega menos o solo. Por outro lado, a haste inclinada (30, 45 e 60 graus) tem menor esforço de tração que a vertical e melhora a desagregação do solo. A haste curva tem maior facilidade de penetração, portanto exige menor esforço de tração que a haste reta; entretanto possui pouca capacidade de elevação. A haste parabólica é o tipo mais utilizado; é mais resistente, possui maior elevação e maior desagregação do solo.

**Figura 28:** Haste reta vertical.



**Figura 30:** Haste curva.



Fonte: INGE AGRÍCOLA, 2016.

**Figura 29:** Haste inclinada (NIEVAN, 2016).



**Figura 31:** Haste parabólica.



Fonte: MACEDO, 2015.

Devido à quebra de hastes em terrenos mais complicados foram desenvolvidos sistemas de segurança para as mesmas, sendo os mais conhecidos os seguintes, sistema de pino fusível e o sistema de desarme automático.

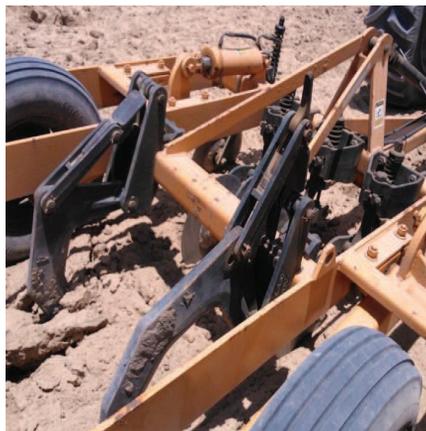
O sistema de **pino fusível** quebra quando se passa em terrenos com pedras, tocos ou solo muito seco, deixando a haste solta e sem pressão. Caso aconteça, o operador deve voltar para a garagem e realizar a troca do pino fusível por um novo pino e não se deve colocar outras peças, pois podem acarretar na quebra da haste.

**Figura 32:** Sistema de pino fusível.



Fonte: MSF, 2016.

**Figura 33:** Sistema de desarme automático.



Fonte MACEDO, 2016.

O sistema de **desarme automático** é mais moderno que o pino fusível. O sistema de desarme automático eleva a haste retirando-a do contato com o solo, e quando o operador observar isso, ele deve elevar o equipamento, seja do tipo montado ou de arrasto, para que a haste volte para o local correto e possa continuar a operação.

## Ponteiras

É um elemento acoplado à ponta da haste, que se desloca sob a superfície do solo. A ponteira desagrega determinado volume de solo à sua frente, que é determinado pelo teor de água em que o solo se encontra no momento da subsolagem. A ponteira é o órgão ativo do subsolador, que rompe o solo.

A largura da ponteira é importante para determinar a profundidade de trabalho do subsolador e pelo levantamento e rompimento tridimensionalmente do solo. Pode ser dividida em ponteiras aladas e estreita.

**Figura 34:** Diferença entre ponteiras.



Fonte: AGROMAXI, 2016.



Fonte: SERFECCI, 2016.

São conhecidos dois tipos de ponteiras as estreitas e as aladas. As ponteiras estreitas têm até 8 cm, já as ponteiras aladas ou com asas são as ponteiras que tem largura superior a 8 cm.

As vantagens da utilização da asa em subsolador são: a melhor reestruturação do solo; o aumento da área transversal de solo mobilizado; o aumento da área de solo mobilizada, do rompimento relativo, da largura de corte e da área útil trabalhada; e a maior eficiência quando comparado às ponteiras sem asas (USDA, 2008).

As desvantagens da utilização da asa em subsolador são: o aumento da força de tração requerida do conjunto mecanizado; A necessidade que o trator apresente de 25 % a 55 % a mais de potência do que para pontas sem asas, para arrastar o implemento (USDA,2008).

## Rodas de Controle de Profundidade

As rodas limitadoras de profundidade estão presente em alguns equipamentos, se o subsolador for montado ela é metal e só possui essa função, se o equipamento for de arrasto as rodas (pneus) atuam também como transporte do equipamento. Os pneus atuam como limitadora de profundidade nos equipamentos de arrasto desde que seja usado em conjunto anéis metálicos no pistão hidráulico.

**Figura 35:** Anéis metálicos para limitar profundidade no pistão hidráulico.



Fonte: MONTEIRO, 2012.



Fonte: MONTEIRO, 2012.

### **Disco de corte**

O disco de corte na frente das hastes tem a função de evitar embuchamentos em áreas com restos vegetais.

**Figura 36:** Disco de corte.



Fonte: MACEDO, 2015.

### **Rolo destorroador**

O rolo destorroador se encontra na parte traseira do equipamento, depois das hastes, e funciona como destorroador, eliminando pequenos torrões, e como nivelador do solo.

**Figura 37:** Rolo destorroador.



Fonte: MACEDO, 2015.

## 5. MANUTENÇÃO E REGULAGENS DE ESCARIFICADORES E SUBSOLADORES

Deivielison Ximenes Siqueira Macedo; Viviane Castro dos Santos; Jefferson Auteliano Carvalho Dutra; Rafaela Paula Melo; Daniel Albiero

### a. Manutenção

Após cada dia trabalhado deve-se apertar todos os parafusos e porcas dos equipamentos que estejam afrouxando, pois isso evita o desgaste prematuro. Após o reaperto deve-se lavar o equipamento e armazená-lo em local protegido.

Também deve ser analisado com frequência o desgaste das ponteiros. A ponteira tem duas pontas que podem ser utilizadas, portanto, quando se verifica que uma ponta está gasta, deve-se inverter a ponteira; quando as duas pontas estiverem gastas, deve-se trocar a ponteira para prevenir que a haste do equipamento, constituinte mais caro e de mais difícil troca, seja danificada.

**Figura 38:** Comparação entre ponteira nova e ponteira gasta.



Fonte: MACEDO, 2015.

**Figura 39:** Haste que foi danificada devido ao uso da ponteira gasta por muito tempo.



Fonte: MACEDO, 2015.

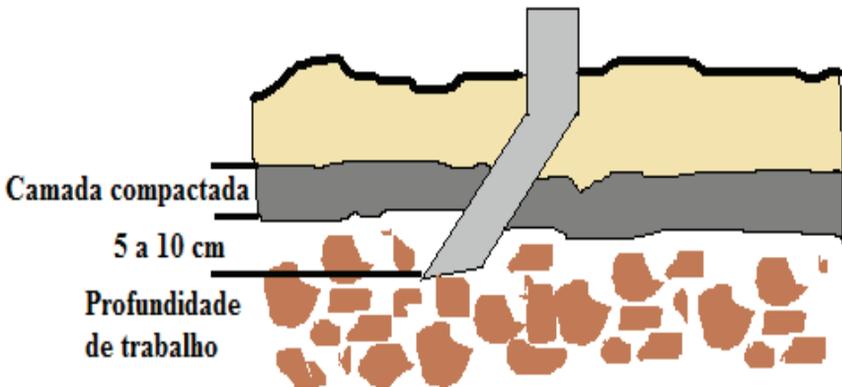
## b. Regulagens

Os fatores a serem levados em consideração na hora da operação são: a profundidade de escarificação ou subsolagem, o número de hastes, a velocidade de deslocamento, o espaçamento entre hastes e o tipo de ponteira.

### Profundidade de trabalho

A profundidade de trabalho é a profundidade a qual deve-se atingir para exterminar a camada compactada, logo, se existe uma camada compactada na profundidade de 30 centímetros, a profundidade de trabalho vai ser entre 35 e 40cm. Portanto, a ponta da ponteira deve atingir essa profundidade para ter certeza que estará quebrando a camada compactada.

Figura 40: Profundidade de trabalho.



Fonte: MACEDO, 2015.

## Número de hastes e velocidade de operação

O número de hastes vai depender da disponibilidade de potência do trator, da eficiência operacional e da largura da ponteira.

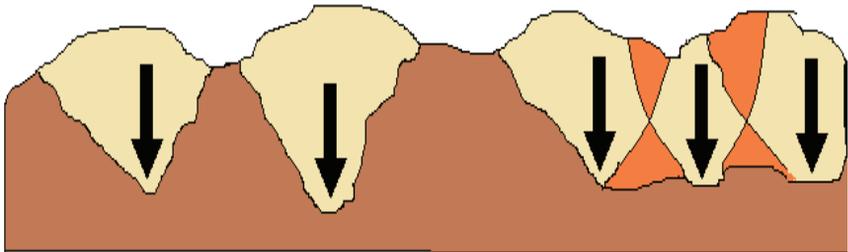
A velocidade de operação varia entre 2 e 6 km/h.

## Espaçamento entre hastes e tipo de ponteira

O que influencia no espaçamento entre as hastes é a largura da ponteira, se a ponteira é estreita (entre 4 e 8cm) o espaçamento entre hastes deve ser 1 a 1,5 vezes profundidade de trabalho, já se a ponteira é alada ( $8\text{cm} <$ ) o espaçamento entre hastes vai ser de 1,5 a 2 vezes a profundidade de trabalho.

O espaçamento entre hastes é de fundamental importância para que não fique área sem ser trabalhada, ou seja, ainda compactadas, e que não haja sobreposição o que causaria uma maior desagregação, maior número de passadas e consequentemente maior consumo de combustível.

**Figura 41:** Hastes mal e bem espaçadas.



**Errado - Deixa espaços entre as hastes ficando camadas compactadas**

**Certo - Existe sobreposição entre o efeito de uma haste sobre a outra eliminando a compactação**

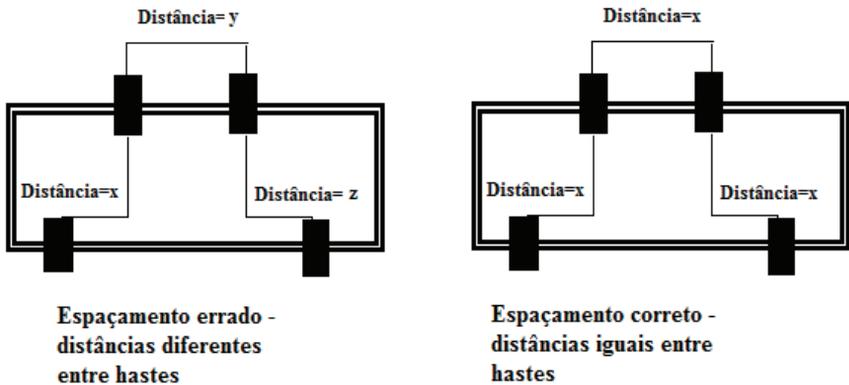
Fonte: MACEDO, 2015

Tomando como exemplo uma camada compactada a 30 cm e a largura da ponteira de 8 cm, a ponteira é estreita e a profundidade de trabalho é de 35 a 40cm logo o espaçamento entre hastes vai variar entre 35 e 42,5cm, caso seja adotada a profundidade de 35 cm, ou 40 a

60 cm, caso utilize a profundidade de trabalho a 40 cm. Supondo que a ponteira foi trocada por uma de 15 cm, alada, agora o espaçamento entre hastes vai ser de 42,5 a 70 cm, se utilizar 35 cm, ou 60 a 80 cm, caso a atividade seja realizada a 40 cm.

Caso o equipamento tenha hastes na parte frontal e na parte traseira, o espaçamento entre hastes deve ser igual entre todas, ou seja, se um equipamento tem 5 hastes, 2 na frente e 3 atrás, o espaçamento da primeira atrás para a primeira na frente deve ser igual ao espaçamento da primeira na frente e da segunda atrás e assim sucessivamente.

**Figura 42:** Espaçamento correto entre hastes em situações de duas fileiras com 4 hastes.



Fonte: MACEDO, 2015.

### Nivelamento

Depois de realizadas todas as regulagens, deve-se proceder o nivelamento do equipamento junto ao solo. Para os equipamentos montados isso é feito no terceiro ponto, já os equipamentos de arrasto têm um sistema próprio.

O procedimento é o seguinte, o operador deve baixar o equipamento ao máximo no solo e operar poucos metros até ele perceber que as hastes entraram totalmente no solo, feito isso, ele deve descer do trator e nivelar o equipamento de forma que ele fique reto ao nível do solo.

### **c. Exemplos de regulagens**

**Deseja-se descompactar uma área onde verificou-se que a camada compactada se encontra a 20 cm, qual equipamento utilizar e em qual profundidade?**

Profundidade de trabalho 5 a 10 cm mais a camada compactada

Logo profundidade de trabalho será entre 25 e 30 cm, tendo em vista que a profundidade está em 30 cm utiliza-se o escarificador.

**Um subsolador tem uma ponteira com 7 cm de largura, que tipo é essa ponteira e qual a sua profundidade crítica?**

Ponteira estreita 4-8 cm

A profundidade crítica é de 5 a 7 vezes a largura da ponteira, então para essa situação a profundidade crítica vai variar entre 35 e 49 cm.

**A profundidade de trabalho em uma área era de 40 cm, para o trabalho deseja-se utilizar um subsolador com uma ponteira de 10 cm, qual o espaçamento entre as hastes deve ser adotado para que ocorra sobreposição?**

Ponteira alada 8 cm <

Espaçamento entre hastes aladas é 1,5 a 2 vezes profundidade de trabalho, logo, o espaçamento será entre 60 e 80 cm.

**Foi verificado em uma propriedade a presença de uma camada compactada a 60 cm, nesta propriedade tem um subsolador com uma ponteira de 12 cm, agora encontre a profundidade de trabalho, a profundidade crítica e o espaçamento entre as hastes.**

Profundidade de trabalho 5 a 10 cm a camada compactada, 65 a 70 cm

Profundidade crítica 5 a 7 vezes a largura da ponteira, 60 a 84 cm

Espaçamento entre hastes alada 1,5 a 2 vezes a profundidade de trabalho, 97,5 a 130, se a operação for feita a 65 cm e 105 a 140 cm, se a atividade for realizada a 70cm.

**Verificou-se em uma propriedade a presença de uma camada compactada a 50 cm, nesta propriedade tem um subsolador com uma ponteira de 6 cm, agora encontre a profundidade de trabalho, a profundidade crítica e o espaçamento entre as hastes, diga se resolveu o problema?**

Profundidade de trabalho 5 a 10cm a camada compactada, 55 a 60cm

Profundidade crítica 5 a 7 vezes a largura da ponteira, 30 a 42 cm

Espaçamento entre hastes sem asa 1,0 a 1,5 vezes a profundidade de trabalho, 55 a 82,5 e 60 a 90 cm.

Profundidade crítica menor que a de trabalho deve-se trocar a ponteira por uma mais larga que atenda a necessidade.

## 6. OPERAÇÕES COM SUBSOLADOR E ESCARIFICADOR

**Deivielison Ximenes Siqueira Macedo; Leonardo de Almeida Monteiro; Viviane Castro dos Santos; Jefferson Auteliano Carvalho Dutra; Danilo Roberto Loureiro**

### a. Teor de água no solo na operação

A maioria das operações com equipamentos agrícolas o teor de umidade no solo deve ser em qualquer ponto da friabilidade, porém para o escarificador e para o subsolador o ponto ideal é o limite inferior da friabilidade, ou seja, próximo a tenacidade, onde a força de coesão é um pouco maior do que a de adesão.

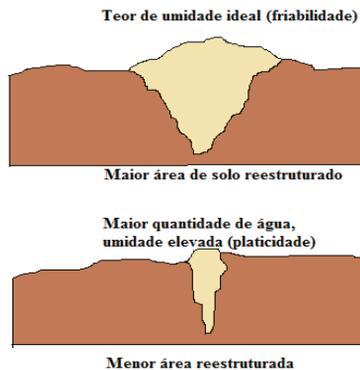
Nesse ponto será necessária menos energia por parte do trator para o preparo da área, terá uma maior propagação da tensão de compressão, ou seja, a atividade será melhor desenvolvida obtendo melhores resultados e vai ter uma maior área trabalhada do que se realizar em outras umidades.

Quando se trabalha em condição de excesso de água a água atua como um lubrificante, evitando com que a ponteira atinja as zonas de fratura do solo, tem uma menor área trabalhada, os espaçamentos das hastes pré-definidos não irão surtir efeito benéfico, além dos efeitos maléficos de uma possível compactação da área. Uma analogia simples seria como passar uma faca (haste) em uma margarina (solo muito úmido), após a faca ser passada a margarina tende a voltar para o seu lugar.

**Figura 43:** A esquerda condição de muita umidade e a direita a diferença da passada do equipamento em um solo na condição ideal e com excesso de umidade.



Fonte: MACEDO, 2015.



Fonte: MACEDO, 2015.

Já trabalhar em condição de baixa umidade deixará muitos torrões, e de grande tamanho, será necessária uma maior potência do trator, conseqüentemente maior energia, além que pode danificar o escarificador ou subsolador devido a potência e as inúmeras vezes em que as hastes iram desarmar. Na segunda figura pode-se verificar a diferença da área trabalhada por um subsolador ela estando no ponto ideal da friabilidade e o solo estando na consistência tenaz.

**Figura 44:** Área trabalhada por um subsolador com falta de umidade.



Fonte: MACEDO, 2015.

**Figura 45:** Duas condições de umidade na mesma área, friabilidade e tenacidade.

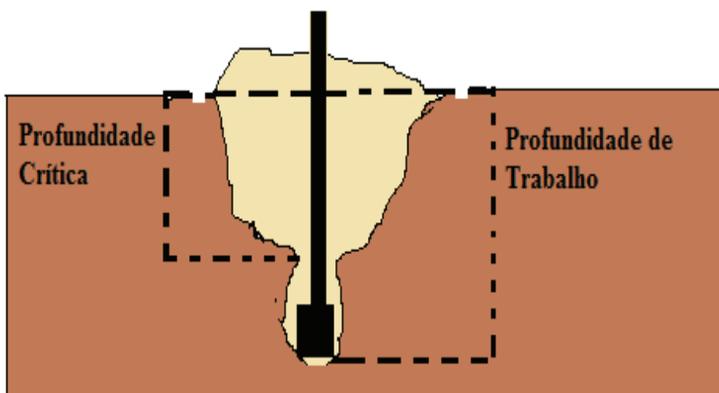


Fonte: MACEDO, 2015.

## b. Profundidade crítica

Profundidade crítica é a profundidade onde se tem benefício com a escarificação ou subsolagem, abaixo dessa profundidade só há malefícios na operação, ela é diferente da profundidade de trabalho, pois a de trabalho o que a condiciona é a profundidade em que se encontra a camada compactada enquanto a crítica é a largura da ponteira, ou seja, pode ocorrer a situação de um equipamento chegar abaixo da compactada (profundidade de trabalho) e não está trabalhando naquela profundidade e sim contribuindo para o aumento da compactação daquela profundidade.

**Figura 46:** Diferença entre profundidade e profundidade crítica.



Fonte: MACEDO, 2015

Abaixo da profundidade crítica não há aumento da área trabalhada, aumenta a força de tração naquele ponto, ajuda a compactar o solo nos pontos abaixo dela e a partir dela o equipamento só está riscando o solo. Basicamente ela é a profundidade máxima de trabalho com benefícios e o que interfere nela é a largura da ponteira, a profundidade crítica é determinada a partir da multiplicação da largura da ponteira por 5 a 7.

Supondo que esteja trabalhando com uma ponteira de 6 cm e queira atingir uma profundidade de trabalho de 60 cm, a profundidade crítica para essa ponteira é entre 30 e 42 cm, ou seja, nessas condições, mesmo que a haste atinja a profundidade de trabalho, não estará havendo benefícios na operação podendo até estar piorando, então deve-se realizar a

troca por uma ponteira mais larga, nesse caso uma ponteira de 12cm, onde a profundidade crítica estará entre 60 e 84 cm é recomendada pra resolver o problema.

### c. Operação irregular

Deve-se tomar muito cuidado na operação com o escarificador ou subsolador, operadores inexperientes tendem a elevar e baixar demais o equipamento tornando-a uma atividade ineficiente, já que em alguns pontos a haste vai abaixo da profundidade a ser trabalhada e em outros acima deixando pontos na área ainda compactados.

Para verificar se está havendo defeito na condução do equipamento é recomendado que pegue uma vareta graduada de tamanho considerável e vá seguindo o trator afundando a vareta até onde o solo ofereça resistência, se após algumas verificações for constatado que a vareta está afundando sempre a mesma profundidade é porque a atividade está sendo realizada corretamente, caso seja verificado que existem profundidades diferentes há a necessidade de passar novamente na área e dessa vez tomar mais cuidado no ajuste de profundidade.

### d. Operações conjugadas

A subsolagem ou escarificação podem ser utilizadas em conjunto com outras atividades em um mesmo equipamento, essas atividades são chamadas de operações conjugadas. Geralmente está associado a distribuição de semente miúdas ou distribuição de fertilizantes ou corretivos de solo.

**Figura 47:** Exemplo de operação conjugada.



Fonte: MFRURAL, 2016

## 7. REFERÊNCIAS

AGRITECH. Online. Disponível em: < [http://www.nossaterratratores.com.br/implementos.php?modelo=Sulcador%20\(SLU\)](http://www.nossaterratratores.com.br/implementos.php?modelo=Sulcador%20(SLU))>.

Acesso em: 25 mar. 2016.

AGROMAXI. Online. Disponível em: < <http://www.agromaxxi.com.br/ponteira-picao-subsolador-pr-1159-394329.htm>>. Acessado em: 25 mar. 2016.

AMARO, F. J.; ASSIS JUNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. Física do Solo: Conceitos e Aplicações, Imprensa Universitária p.290, Fortaleza 2008.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE. Standards: terminology and definitions for soil tillage and soil-tool relationships. 40.ed. St. Joseph: ASAE, 1982. p.229-241. (ASAE EP291.1)

BALASTREIRE. L. A. Máquinas agrícolas São Paulo. Manole, 1987. 310p.

BERNACKI, H.; HAMAN, J.; KANAFOJKI, C.Z. Agricultural machines, theory and construction. Washington: U.S. Department of Agriculture and the National Science Foundation, 1972. 451p.

COMIL. Online. Disponível em: < <http://www.comill.com.br/SUBSOLADOR-3-HASTE/prod-1549375/>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

CORTEZ, J. W. Online. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/3063223/aula-7>. Acessado em: 23 maio 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise do solo. 4 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro. 306 pp. 2006.

FALKER. Entenda a Compactação. Online. Disponível em:< <http://www.falker.com.br/aplicacao-compactacao-do-solo.php>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

FESSEL, V. A. G.; Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de Eucalyptus grandis, implantados com cultivo mínimo de solo. Piracicaba, 2003. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

FORO DE TRACTORES ANTIGUOS. Online. Disponível em: <http://tractor.foroactivo.com/t527-subsolador-topo-casero>. Acesso em: 25 mar. 2016.

INPAL. Online. Disponível em:< <http://www.inpal-to.com.br/portal/category/piccin/subsoladores/>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

INGE AGRÍCOLA. Online. Disponível em: [http://ingenieria-agricola.blogspot.com.br/2007\\_12\\_01\\_archive.html](http://ingenieria-agricola.blogspot.com.br/2007_12_01_archive.html). Acesso em: 25 mar. 2016.

LANÇAS, K.P. Subsolador: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiros e número de hastes. Botucatu, 1988. 171p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista.

LANÇAS, K. P. Subsolagem ou escarificação. Cultivar Máquinas, p. 34-37, set/out. 2002.

MARTUCCI, F.G. Escarificador no preparo do solo. A Granja, v. 6, p.44-46. 1985.

MFRURAL. Online. Disponível em: < <http://www.mfrural.com.br/busca.aspx?palavras=florestal&categoria=16-implementos>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

MSF. Metalúrgica Santa Fé. Online. Disponível em: < <http://www.msf.ind.br/produtos/pecas-p-subsolador/>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

NIEVAN. Online. Disponível em: <http://www.nievasargentina.com.ar/prod-agricultura-y-ganaderia-descompactador-profundo-o-pasamangueras-psm.html>. Acesso em: 25 mar. 2016.

NUERNBERG, N. J.; RECH, T. D.; BASSO, C. Uso de gesso agrícola. Boletim Técnico n° 122. Santa Catarina. 2005, 37p.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNANS, J.L. Técnica de la mecanización agraria. 3 ed. Madrid, Mundi-Prensa, 1989. 641p.

SANTOS, A.G.; SANTOS, J.E.G.G.; Universidade Estadual Paulista. Campus Universitário de Bauru Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Mecânica. Apostila de Máquinas Agrícolas. Bauru. Agosto de 2001.

SASAKI, C.M.; GONÇALVES, J.L.M.; BENTIVENHA, S.R.P. Desempenho operacional de hastes subsoladoras em função da ponteira e do tipo do solo Scientia Forestalis n. 67, p.44-52, abr. 2005.

SERFECIAGRICOLA. Online. Disponível em: <  
<http://www.serfecagricola.com.br/Produtos/Detalhes.asp?op=142>> Acesso em: 25 mar. 2016.

SILVA, J.R.; KURACHI, S.A.H.; MESQUITA, C.M.; BAR-RETO, J.N.; PETRONI, A.C. Correlação entre esforço de tração e profundidade de subsolagem. Campinas: IAC, 1984b. 16p. (Boletim técnico, 96).

SILVEIRA, G.M. Máquinas para plantio e condução das culturas. Editora Aprenda Fácil. 2001, 322p

SOUZA, W.R. Subsolador: influência de parâmetros geométricos na distribuição das forças. Campinas, 1989. 114p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas.

SPOOR, G.; GODWIN, R.J. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. Journal of agriculture engineering research, v.23, p.243- 258, 1978.

USDA. Forest Service Technology & Development Program. 3400–Forest Health Protection Using Subsoiling To Reduce Soil Compaction. United States Department of Agriculture. July 2008 0834–2828–MTDC.





**More  
Books!** 



**yes**  
**I want morebooks!**

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at  
**[www.get-morebooks.com](http://www.get-morebooks.com)**

Compre os seus livros mais rápido e diretamente na internet, em uma das livrarias on-line com o maior crescimento no mundo! Produção que protege o meio ambiente através das tecnologias de impressão sob demanda.

Compre os seus livros on-line em  
**[www.morebooks.es](http://www.morebooks.es)**

OmniScriptum Marketing DEU GmbH  
Heinrich-Böcking-Str. 6-8  
D - 66121 Saarbrücken  
Telefax: +49 681 93 81 567-9

[info@omniscrptum.com](mailto:info@omniscrptum.com)  
[www.omniscrptum.com](http://www.omniscrptum.com)

OMNIScriptum 

