

CIRCULAR TÉCNICA

4

Sinop, MT
Dezembro, 2018

Escarificação em áreas de lavouras e pastagens em Mato Grosso: quando e como efetuar

Silvio Tulio Spera
Ciro Augusto Sousa Magalhães
Luiz Gonzaga Chitarra
Rafael Galbieri
Cornélio Alberto Zolin



Escarificação em áreas de lavouras e pastagens em Mato Grosso: quando e como efetuar¹

Em muitas áreas de lavouras e pastagens cultivadas no estado de Mato Grosso tem sido constatada a presença de camadas compactadas, com distintos graus de dureza. Em uma grande extensão dessas áreas, a presença de compactação severa do solo tem causado restrições impactantes ao desenvolvimento radicular das plantas. As causas dessa compactação são variadas e se devem a modificações de natureza química, físicas e biológica do solo. A compactação em solos tropicais tem origem a partir do momento em que o solo sofre perda da cobertura vegetal original. Os latossolos, e os nitossolos e argissolos tropicais têm natureza mineralógica oxídica ou caulinitico-oxidíca, isto é, são solos nos quais predominam minerais formados a partir de intenso intemperismo climático. Esse intemperismo causado pelas elevadas temperaturas aliadas à pluviosidade intensa torna esses solos ácidos como resultados da remoção de bases trocáveis resultantes da dissolução da estrutura cristalina dos componentes do solo (Lepsch, 2011). Nesse meio ácido, as argilas e óxidos resultantes se ligam, na forma de flocos que fazem com que a estrutura desses solos seja composta por grãos de argila fortemente microestruturados. Entretanto, isso confere a esses solos elevada permeabilidade à água e ao ar e solos com baixa densidade, o que favorece a microbiota e ao desenvolvimento radicular (Denardin; Denardin, 2015). Assim, na natureza, os solos caulinitico-oxídicos absorvem os elevados volumes de chuvas comuns nos trópicos.

Mas, a partir do momento em que esses solos são usados para produção agrícola ou pecuária, essa estabilidade estrutural sofre muitas alterações. A queima da vegetação e a adição de calcário altera a acidez original, favorecendo a dispersão dos grãos (flocos) de argila e a partir daí, começa um processo de desmonte da estrutura granular desses solos que irá afetar

¹ Silvio Tulio Spera, doutor em Agronomia, pesquisador, Embrapa Agrossilvipastoril; Ciro Augusto Sousa Magalhães, doutor em Ciência do Solo, pesquisador, Embrapa Agrossilvipastoril; Luiz Gonzaga Chitarra, doutor em Fitopatologia, pesquisador, Embrapa Algodão; Rafael Galbieri, doutor em Agricultura Tropical, pesquisador, Instituto Mato-grossense do Algodão; Cornélio Alberto Zolin, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador, Embrapa Agrossilvipastoril.

negativamente a permeabilidade à água e ao ar. A compactação do solo é o indicador dessa degradação (Lepsch, 2011).

A utilização de equipamentos agrícolas tais como o arado, grade e enxada rotativa, soluciona o problema da compactação do solo nas camadas superficiais; porém, esse problema não é solucionado quando ocorre nas camadas mais profundas. A utilização pretérita desses equipamentos, quase sempre na mesma profundidade de operação e por diversos anos consecutivos, tem contribuído para o surgimento das camadas compactadas logo abaixo da linha de ação dos órgãos ativos das mesmas, sendo conhecida também como soleira, pé-de-arado ou pé-de-grade. Atualmente, o equipamento utilizado para romper essas camadas compactadas é denominado escarificador de hastes (é também conhecido popularmente como “pé-de-pato”), que realiza uma importante operação agrícola ainda pouco difundida no setor.

O escarificador é um equipamento de rompimento da macro-estrutura do solo composto por estrutura de suporte e hastes curvas, fixadas verticalmente, de modo perpendicular em relação à superfície do solo. Os escarificadores disponíveis no mercado têm de 3 a 22 hastes, sempre em número ímpar. Algumas empresas já fabricam conjunto de duas estruturas conjugadas formando equipamento com número par de hastes entre 18 e 22 (Figura 1). As hastes mais comuns têm 95 a 105 cm de altura, e capacidade de penetrar até 40 cm no solo, embora se considere a profundidade de trabalho entre 20 a 30 cm. A potência demandada varia com o número de hastes, de 75 a 320 cv.

Antes de se optar pela escarificação de uma área agrícola é importante considerar que esta é uma operação de alto consumo energético. Assim, somente devem ser mobilizados os solos que realmente necessitem desse trabalho, sendo que a profundidade de escarificação deve ser compatível com a camada compactada do solo. O diagnóstico inicial do tipo de solo e das condições edáficas (densidade do solo, resistência do solo mecânica à penetração, teor de água e profundidade e espessura da camada compactada) são fundamentais para a tomada de decisão. Deve-se considerar também que, apesar de onerosa, a operação de rompimento das camadas compactadas do solo, quando não realizada, implicará em uma sensível diminuição da produção na maioria das culturas comerciais, gerando prejuízo no rendimento de grãos. Nesta situação, a utilização dessa prática se torna necessária e a seleção adequada do equipamento pode representar sensível retorno econômico. E,



Foto: Silvio Spera

Figura 1. Escarificador com 18 hastes e rolo destorreador disponível no mercado nacional.

infelizmente, não tem recebido a devida avaliação técnica e científica, os aspectos que se referem à persistência do efeito da escarificação e o retorno econômico da operação (Drescher et al., 2016).

É importante destacar que os resultados de um diagnóstico para a escarificação do solo agrícola de certa área nunca devem ser extrapolados para áreas de características diferentes, mesmo que sejam de uma mesma propriedade agrícola. Deve-se salientar que os efeitos visuais que a compactação do solo provoca nas plantas muitas vezes podem advir da falta de água no solo, da toxidez por alumínio tóxico, por manganês reduzido (condição de restrição temporária da aeração do solo) ou pelo ataque de nematoides (Lepsch, 2011).

O escarificador tem o princípio de rompimento do solo por propagação de fissuras, ou seja, o solo não é cortado e revolvido como na aração ou gradagem, mas rompido nas linhas de fraturas naturais ou entre as interfaces dos agregados. Desta forma, ambos os equipamentos utilizam hastes que são cravadas no solo e provocam o seu rompimento para frente, acima e lateralmente. É um rompimento tridimensional do solo em blocos. Isto implica que este tipo de mobilização é menos agressivo do que aquelas nos quais

as lâminas cortam o solo de forma indiscriminada e contínua, destruindo a estrutura original, além de revolver ou misturar a camada superficial do solo, como, por exemplo, a aração com arados de discos ou aivecas.

Na agricultura atual, os escarificadores vêm substituindo com grandes vantagens os arados e grades na operação de descompactação do solo, e, no Mato Grosso, para essa finalidade, esses equipamentos raramente são utilizados no rompimento das camadas compactadas. Os escarificadores são eficazes no rompimento da camada compactada, exigem a mesma demanda de potência, permitem uma operação com melhor rendimento e menor custo que a aração. E a principal vantagem do escarificador é o fato de que em lavouras nas quais o SPD está consolidado, não há revolvimento do solo. A operação de sulcamento superficial melhora a infiltração da água, o que leva à maior aprofundamento do sistema radicular. A formação de sistema radicular mais profundo e extenso melhora a absorção de nutrientes pelas raízes, e, conseqüentemente, proporcionará maiores rendimentos das culturas (Prado, 1991).

A partir do diagnóstico da profundidade e intensidade da compactação existente na área, o agricultor pode optar pela escarificação e, caso a propriedade esteja georreferenciada, ou seja, gerenciada por meio da agricultura de precisão, as decisões sobre a adoção da escarificação poderão ser tomadas para toda a área ou de forma localizada e em profundidade variável.

Monitoramento da compactação do solo

Primeiramente, deve-se ter um histórico de rendimentos da propriedade, por vários anos, se possível por área cultivada. Em seguida, deve-se fazer uma análise das tendências de produtividade. Caracterizado o decréscimo de produtividade, verificar se o mesmo não é causado por problemas climáticos, pragas e/ou doenças, deficiências de nutrientes, acidez do solo, exigência termo-fotoperiódica dos cultivares, além de outros. Excluídas essas possibilidades, a melhor maneira de verificar o efeito da compactação sobre o desenvolvimento da cultura é através de um diagnóstico, que deve associar dados de resistência do solo (profundidade e intensidade), obtidos com auxílio de um penetrômetro, com a distribuição de raízes no perfil do mesmo.

A distribuição de raízes deverá ser avaliada através da abertura de uma mini-trincheira, verificando-se a concentração de raízes nas diferentes camadas até a profundidade de 40 a 50 cm (Figuras 2 e 3). Nessa trincheira, avaliar também a presença de fendas (fissuras) e canalículos (pequenos canais) mediante observação visual, e a ocorrência neles de eluviação de argila advinda das camadas superficiais e o crescimento de raízes em direção às camadas mais profundas, conforme Santos et al. (2013).

Caso o desenvolvimento radicular esteja concentrado na camada superficial, provavelmente a compactação seja a causa real do decréscimo de rendimentos, e, nesse caso, recomenda-se adotar a operação de descompactação do solo. É importante, ainda, considerar que, normalmente, no manejo do solo com preparo convencional, a concentração superficial de raízes está relacionada com queda de produtividade. No sistema plantio direto, nem sempre. Sob esses sistemas, em algumas situações pode ocorrer concentração de raízes nas camadas superficiais, porém, algumas conseguem desenvolver-se através dos canalículos, alcançando camadas mais profundas do solo, e auxiliar no suprimento de água e nutrientes às plantas. Além do mais, as raízes superficiais podem localizar-se em uma camada abundante em matéria

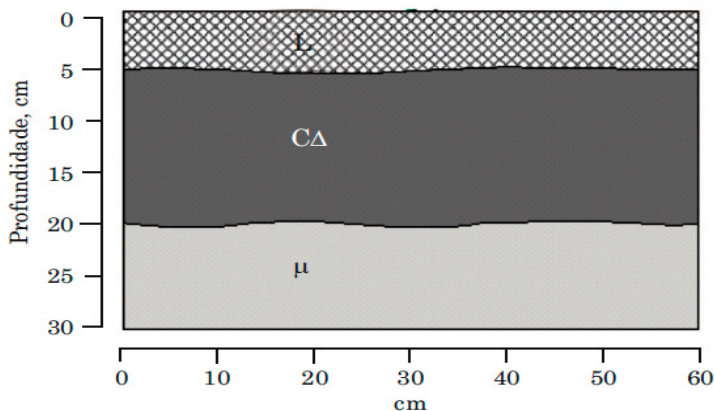


Figura 2. Perfil cultural de um Latossolo Vermelho distroférrico: camada L = limite superior da camada compactada, solta a macia; camada CΔ = camada compactada, maciça, dura a muito dura; camada μ = limite inferior da camada compactada, ligeiramente dura a dura, mas mantendo estrutura de granular muito pequena típica de Latossolos.

Fonte: Nunes et al. (2014a).



Foto: Sílvia Spera

Figura 3. Perfil de solo estratificado, com evidente camada compactada abaixo de 8 cm, e cerca de 22 cm de espessura, sobreposta a um horizonte B latossólico.

orgânica e em nutrientes, características do modo de semeadura direta, que se mantém úmida em função da cobertura morta do solo, podendo proporcionar condições satisfatórias ao desenvolvimento das culturas.

Como manejar a compactação do solo?

Normalmente a rotação de culturas é a melhor forma de prevenir ou diminuir a compactação do solo. Sistemas de rotação de culturas envolvendo espécies com sistema radicular profundo vigoroso, como o do nabo forrageiro, do guandu, das crotalárias, do milheto e principalmente das braquiárias, auxiliam na descompactação do solo. Caso a rotação de culturas não resolva o problema, são sugeridas duas alternativas:

- a) A primeira é a utilização de semeadoras que possuem sulcadores (facões) logo atrás dos discos de corte, os quais ajudarão a romper a camada compactada na linha de semeadura. Esse sistema, no entanto, exige facões com ângulo de ataque ao solo em torno de 20° e com espessura de dois cm. Não observando essa condição, dependendo da profundidade de trabalho ou descompactação, podem ocorrer problemas na emergência e no estabelecimento da lavoura, principalmente se as sementes forem ou não forem distribuídas a uma profundidade adequada. Em complemento, como a semeadura da cultura é feita com solo úmido, o trabalho de descompactação ocorrerá somente na linha de semeadura, podendo ocorrer superfície espelhada no sulco, caracterizada pelo alisamento da parede vertical do sulco recém-aberto promovido pelo efeito deslizante da face lateral da haste ou facão, no caso de ter sido a operação realizada em condição de umidade inadequada.
- b) A segunda alternativa é baseada no uso de alguns tipos de escarificadores, cujo formato das hastes permite que a camada compactada seja rompida sem afetar muito o nivelamento do terreno. Essa condição possibilita que a semeadura seja feita sem o nivelamento do terreno ou com apenas uma passada de grade niveladora. Para o Mato Grosso, essa operação de descompactação deve ser feita após a colheita da soja e antes da semeadura do milho ou algodão. Essa sequência é importante, pois a cultura da soja produz uma quantidade relativamente pequena de restos culturais, que são de rápida decomposição. Quando bem fragmentados e distribuídos sobre o terreno permitem que a operação de descompactação do solo seja feita com o mínimo de embuchamento do implemento, devido à presença de palha; e;

A maior rusticidade das culturas de gramíneas, aliada ao maior aporte de palha garante germinação satisfatória e adequado estabelecimento de lavoura, mesmo em terreno com pequenos problemas de nivelamento.

Para evitar o “embuchamento” da semeadora, devido à presença de palha na superfície do solo, indica-se esperar uma ou duas chuvas para que a palha fique amolecida, para então realizar a semeadura, nesse caso, com a velocidade de operação reduzida. Como norma, preparar o solo sempre na umidade friável.

A área utilizada com essa tecnologia deve ser inicialmente pequena, para que o agricultor faça suas experiências. Para isso, deve procurar informações sobre o tipo de implemento mais adequado, se possível, com demonstração.

Como identificar com segurança se a camada do solo com restrição física está compactada o suficiente para tomada de decisão de se proceder a escarificação

Métodos de avaliação do grau da compactação do solo

Os métodos para quantificar o grau de compactação da camada compactada do solo podem ser divididos em três grupos.

Métodos precisos de laboratório ou equipamento de campo

Avaliar, em laboratório, a densidade do solo (D_s) pelo método do anel cilíndrico (Figura 4), a percentagem de macroporos (%), condutividade hidráulica do solo saturado (cm h^{-1}), (Claessen, 1997), taxa de difusão de oxigênio ($\text{gO}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$) (Baver et al., 1973).

Como amostrar um perfil de solo para avaliar a compactação com o método do anel volumétrico (Figuras 4 e 5):

- Introduz-se na camada de solo um cilindro com volume conhecido;
- A amostra de solo contida no cilindro é levada para secar em estufa a $105\text{-}110\text{ }^\circ\text{C}$ por 48 h;
- A D_s será obtida pela relação entre a massa do solo seco e o volume do cilindro.



Figura 4. Amostragem do solo para avaliar a densidade com anel volumétrico.

Fonte: Ciro Magalhães (2016).

Em quais camadas coletar as amostras de anéis?

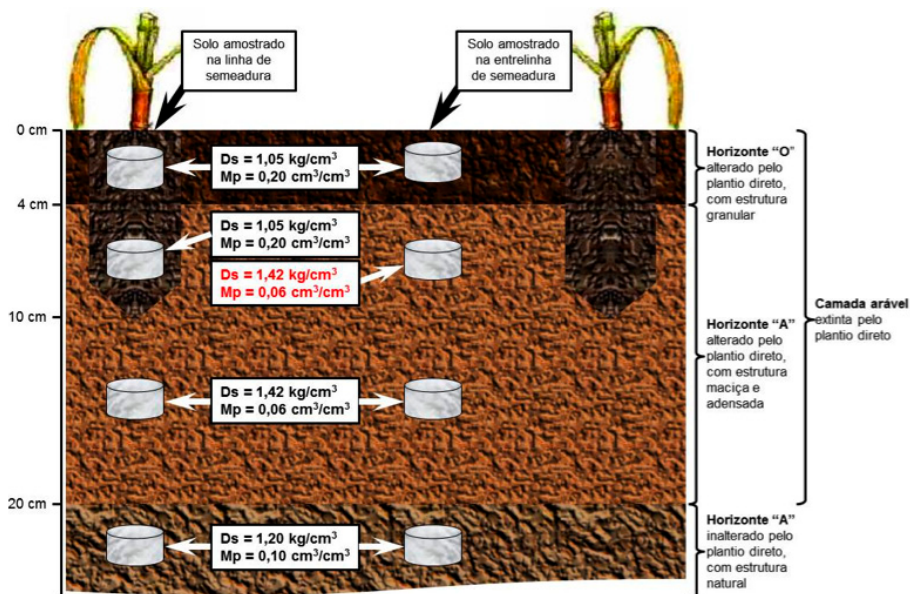


Figura 5. Perfil cultural de um solo manejado com sistema plantio direto, mostrando a extinção da camada arável e estratificação em horizontes, com variações na estrutura do solo, comprovadas pela densidade do solo (D_s) e pela macroporosidade do solo (M_p), tanto nos horizontes quanto na linha e entre linha de semeadura, que comprometem resultados analíticos quando gerados a partir de amostras de solo coletadas em camadas definidas na ausência da descrição do Perfil Cultural.

Fonte: Denardin e Denardin (2015).

Métodos visuais, subjetivos ou grosseiros

No solo, observar, sulcos de erosão, fendas nos rastros dos rodados, crostas superficiais e subsuperficiais mediante introdução de barra de ferro pontiaguda. Na cobertura do solo, atentar para restos de resíduos não decompostos meses após a colheita e arraste de palha até depois de chuvas leves. E nas plantas, conferir raízes mal formadas e engrossadas, sistema radicular raso e/ou espalhado superficialmente, falhas localizadas de germinação, plantas com tamanhos menores que o padrão, emergência lenta da plântula, coloração deficiente, sintomas de carência de N e P e toxidez de Mn.

Métodos indiretos

Avaliação da resistência à penetração do solo, utilizando penetrômetros ou penetrógrafos. A resistência à penetração é um indicador indireto de compactação (Figura 6), não sendo uma medição física direta das condições do solo, pois é muito variável em função de outros fatores, principalmente com o teor de água e o tipo de solo. Apesar das limitações, a resistência à penetração é frequentemente usada para a indicação comparativa de compactação em solos de mesmo tipo e mesmo teor de água, por causa da facilidade e rapidez na qual numerosas medidas podem ser realizadas. Os resultados são normalmente expressos em termos de força por unidade de área do cone (kPa, MPa ou kgf cm^{-2}).

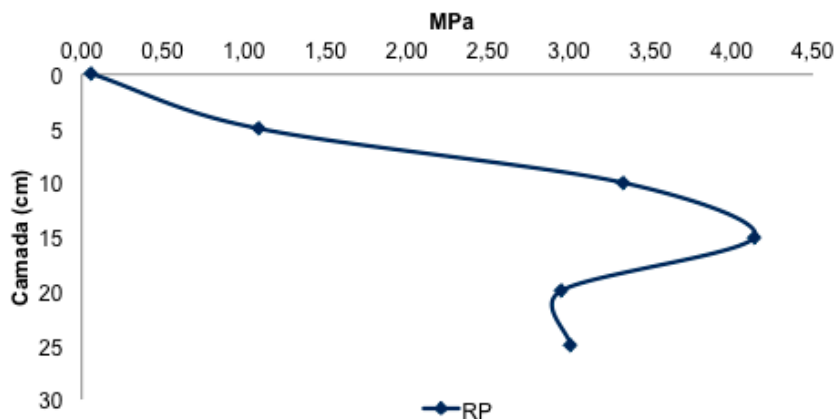


Figura 6. Gradiente de RP (em MPa) de um LVA distrófico típico do MT sob lavouras anuais com sucessão soja e milho.

Fonte: Spera et al. (2015).

O levantamento histórico da compactação de um solo, utilizando a resistência à penetração, tem sido realizado com bastante sucesso, uma vez que os dados são mensurados sempre no mesmo solo e, a cada ano, no período seco, quando o teor de água do solo é bastante homogêneo.

Como identificar com segurança o grau de umidade do solo para tomada de decisão do momento de escarificação

A escarificação do solo é uma operação de manejo com movimentação mínima de solo. Entretanto, tais quais as operações de aração e gradagem, devem ser conduzidas com um grau de umidade adequado. É importante que se avalie o grau de umidade do solo. Uma maneira de se estimar o grau de umidade é avaliando a consistência do solo, a qual varia não só com o grau de umidade, mas também com a textura e tipo de estruturação do solo. A operação de escarificação deve ser feita preferencialmente no momento em que o solo estiver com consistência úmida.

O grau de umedecimento do solo pode ser identificado de acordo com as seguintes formas da consistência atual do solo.

Consistência do solo: seco

Um solo está seco quando o conteúdo de umidade está em equilíbrio com o ar ambiente, em tempo seco. A consistência do material do solo quando seco é caracterizada pela dureza ou tenacidade, ou seja, pela rigidez, “quebrajiosidade” (fraturabilidade, trabalhabilidade), fragilidade, máximo de resistência à ruptura, maior ou menor susceptibilidade ao esmagamento e fragmentação, impossibilidade do material fragmentado de agregar-se outra vez, quando comprimido.

No campo, a avaliação dessa consistência é feita pela resistência à ruptura, oferecida por pequenas porções de terra seca (unidades estruturais ou fragmentos de terra coletadas na camada presumivelmente compactada), entre o polegar e o indicador (Figura 7). Assim tem-se:

1. Solto: não coerente entre o polegar e o indicador.

2. Macio: a massa do solo quebra-se em material pulverizado ou grãos individuais sob pressão muito leve.

3. Ligeiramente duro: a massa do solo é fracamente resistente à pressão; facilmente demolida entre os dedos.

4. Duro: a massa do solo é moderadamente resistente à pressão; dificilmente quebra entre o indicador e o polegar.

5. Muito duro: a massa do solo é muito resistente à pressão e é dificilmente demolida com as mãos. Não quebra entre o indicador e o polegar.

6. Extremamente duro: a massa do solo é extremamente resistente.



Figura 7. Fragmento de solo seco, resistente ao rompimento quando pressionado com o polegar e o indicador.

Fonte: Schoeneberger et al. (2012).

O solo seco é um estado de umidade inadequado para se proceder a escarificação do solo (Prado, 1991).

Consistência do solo: úmido

A consistência quando úmido é caracterizada pela friabilidade. A friabilidade caracteriza a facilidade de ruptura da massa do solo úmido. As condições para as quais um solo exibe friabilidade são também aquelas ótimas para a aração, e são apresentadas quando a coesão entre as partículas sólidas do solo é mínima. A maioria das operações de movimentação do solo é efetuada quando a consistência da camada presumivelmente compactada se encontra no grau úmido.

A avaliação da friabilidade no campo será feita sobre pequenas porções de terra úmida retiradas da camada presumivelmente compactada (estado de umidade aproximadamente intermediário entre seco ao ar e a capacidade de campo), observando-se a resistência oferecida à aplicação de pressão. Recomenda-se o emprego de unidades estruturais ou de fragmentos do solo umedecidos. Assim tem-se:

1. Solto: não coerente.
2. Muito friável: a massa do solo se rompe entre os dedos, por aplicação de pressão fraca.
3. Friável: a massa do solo se rompe entre os dedos, por aplicação de pressão fraca.
4. Firme: a massa do solo se rompe sob pressão moderada entre o indicador e o polegar.
5. Muito firme: a massa do solo se rompe sob forte pressão, dificilmente esmagável entre o indicador e o polegar.
6. Extremamente firme: a massa do solo somente se rompe sob pressão muito forte; não podendo ser esmagada entre o polegar e o indicador.

A melhor condição de consistência de solo para se proceder a escarificação é a úmida, muito friável a friável (Figura 8), entretanto, solos muito argilosos se caracterizam por consistência úmida muito firme e extremamente firme, que os torna a escarificação mais trabalhosa, porém esses solos oferecem muita resistência à escarificação quando secos, e muita aderência quando molhados, aumentando a necessidade de força de tração.

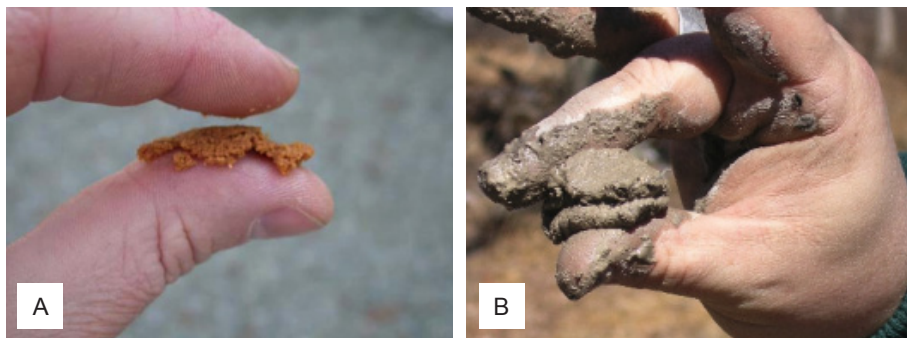


Figura 8. Solos com aspectos de consistência úmida. A: Solo arenoso com consistência úmida muito friável. B: Solo argiloso com consistência úmida friável.

Fonte: Liu (2007?).

Consistência do solo: molhado

O solo é considerado molhado quando possui um conteúdo de água ligeiramente superior à sua capacidade de campo. Para esse grau de umidade, manifestam-se duas propriedades importantes: pegajosidade ou aderência e plasticidade.

A pegajosidade é uma consequência da atração entre as superfícies de um líquido e de um sólido. Para se escarificar, deve avaliar a camada presumivelmente compactada. A avaliação da pegajosidade no campo é feita pressionando-se entre os dedos uma pequena porção de terra molhada, previamente manipulada. Observa-se a resistência imposta à separação dos dedos a aderência aos mesmos (Figura 9). Os graus de pegajosidade são descritos da seguinte forma:



Figura 9. Solo argiloso ou muito argiloso com pegajosidade.

Fonte: Liu (2007?).

1. Não pegajoso: após a aplicação de pressão entre o dedo indicador e o polegar, não se verifica nenhuma aderência da massa aos mesmos.
2. Ligeiramente pegajoso: após cessar a pressão a massa do solo adere a ambos os dedos, mas desprende-se de um deles perfeitamente.
3. Pegajoso: após cessar a compressão, a massa do solo adere em ambos os dedos e, quando os mesmos são afastados, tendem a alongar-se um pouco e romper-se, ao invés de desprender-se de qualquer dos dedos.
4. Muito pegajoso: após a compressão o material adere fortemente a ambos os dedos e alonga-se perceptivelmente quando os dedos são afastados.

A plasticidade é uma consequência de atrações entre duas superfícies líquidas. É um atributo que diz respeito à mudança constante da forma por aplicação de pressão e à manutenção da forma adquirida, uma vez cessada a causa da deformação.

Os solos arenosos permitem serem escarificados quando se encontram em estado molhado, pois são não pegajosos. Alguns solos de textura média são ligeiramente pegajosos quando úmidos e podem ser escarificados nessa condição de umidade.

A avaliação da plasticidade no campo se faz pela resistência à deformação, oferecida por pequenos cilindros de terra molhados, manipulados entre os dedos. O procedimento consiste em amassar uma porção molhada do solo da camada presumivelmente compactada, rolando esse material entre o polegar e o indicador verificando se houve a formação de um cilindro de cerca de 3-5 mm de diâmetro, conforme Figura 10.



Figura 10. Cilindro de solo molhado para avaliar estado de plasticidade.

Fonte: Schoeneberger et al. (2012).

O solo será:

1. Não plástico: não se consegue formar um cilindro com a massa do solo molhado.
2. Ligeiramente plástico: os cilindros se formam, contudo, se rompem quando recurvados ou comprimidos (Figura 11).
3. Plástico: os cilindros se formam e têm poucos sinais de ruptura ao serem recurvados ou comprimidos.
4. Muito plástico: os cilindros se formam e são recurvados ou comprimidos, sem sinais de ruptura.

A consistência do solo tem aplicação direta no manejo do solo. Assim, solos muito plásticos e pegajosos, somente podem ser trabalhados (arados, gra-



Figura 11. Cilindro de solo rolado, com rompimento indicando consistência ligeiramente plástica.

Fonte: Liu (2007?).

deados, escarificados, semeados e trafegados) em amplitudes de umidade restritas ao estado úmido. Os solos do Centro-Oeste, os principalmente latossolos, podem ser trabalhados em maiores amplitudes de umidade (Figura 12) variando de 23 a 30%². Em solos mais plásticos e pegajosos, de lugares mal drenados, por exemplo, deve-se ter mais cuidado com o conteúdo de água no solo por ocasião dos trabalhos em que haja trânsito intenso no solo, revolvimento ou sulcamento do solo e a semeadura.

Como tomar decisão sobre o modo de usar o equipamento escarificador

Modelo de ruptura do solo

O solo pode ser considerado como um corpo rígido que se rompe mediante cisalhamento, podendo este processo acontecer através do corte puro, da compressão (propagação da tensão de compressão) ou devido a ambos. Em função do tipo de ferramenta que penetra no solo e dependendo da umidade e compactação, haverá a predominância de um ou outro tipo de ruptura do solo. A ferramenta de ataque do solo utilizada no rompimento do solo pode ser classificada em três tipos principais: chapas, hastes (chisel) e pá (shovel).

² A umidade atual do solo pode ser avaliada uma coleta de amostra de solo, embrulhada em papel alumínio, pesando-se a amostra com balança com graduação em gramas, colocando-se então a mostra em estufa a 105°C e após 24hs, pesando se novamente. Calcular a umidade pela formula: $100 (a-b)/b$, onde a é umidade inicial e b a umidade do solo seco na estufa.

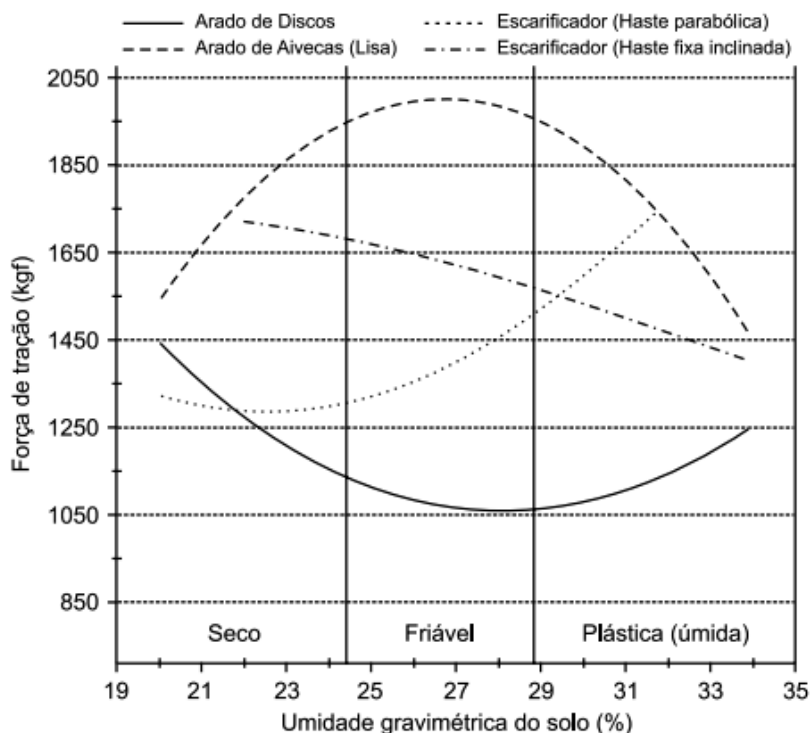


Figura 12. Efeito do grau de umidade de um latossolo argiloso sobre a força de tração para diferentes implementos de preparo do solo, na velocidade de 5 km/h.

Fonte: Adaptação de Casão Júnior et al. (1991).

As chapas ou lâminas largas rompem o solo em duas dimensões: Para frente e para cima. Já as lâminas estreitas ou hastes (que é o caso dos escarificadores), rompem o solo, quando secos, em três dimensões: Para frente, para cima e para os lados.

Escarificadores: operação e regulagens

Para se realizar uma operação adequada de escarificação do solo são necessárias algumas escolhas e regulagens.

Profundidade de escarificação

Deve ser escolhida em função da localização da camada compactada no perfil do solo, adotando-se uma profundidade de escarificação entre 5 e 10 cm abaixo da parte inferior da camada compactada.

Existe uma profundidade máxima de trabalho para cada geometria de haste, a partir da qual a área mobilizada do solo não adiciona aumentos significativos e a própria haste começa a provocar a compactação do solo, além de provocar um aumento significativo da resistência específica do solo (força de tração por unidade de área mobilizada). Essa profundidade tem relação com a geometria da ponteira da haste e com as condições e tipo de solo, denominada “profundidade crítica” (pc).

O solo se trinca a partir da profundidade crítica (pc) até a superfície, independentemente da profundidade da haste (p). A profundidade crítica é uma função direta da largura da ponteira (b) e, em função do tipo e condições dos solos ensaiados, ficou estabelecida a relação: $p = (5 \text{ a } 7) b$.

Número de hastes

O número de hastes a serem utilizadas num escarificador dependerá da disponibilidade de potência do trator para executar a tração e é indicado nos manuais dos equipamentos.

Espaçamento entre hastes

Influi diretamente na largura de corte total do implemento que, por sua vez, é diretamente proporcional à capacidade de campo.

- Escarificador com ponteiros sem expansão: espaçamento entre hastes na faixa de 1,0 a 1,5 vezes a profundidade de trabalho.
- Escarificador com ponteiros com expansão: espaçamento entre hastes deve ser fixado na faixa de 1,5 a 2,0 vezes a profundidade de trabalho.

Rompimento de camada compactada no sistema plantio direto

A compactação do solo é provocada pela ação e pressão dos implementos de preparo do solo, especialmente quando essas operações são feitas em condições de solo muito úmido, continuamente na mesma profundidade, e quando o tráfego de máquinas agrícolas é intenso. Além disso, soma-se no incremento da compactação, o efeito da desestruturação de agregados do solo, estáveis em pH ácido, e dispersos pelo uso de calcário e fertilizantes alcalinos.

A presença de camada compactada no solo pode acarretar baixa infiltração de água, ocorrência de enxurrada, raízes deformadas, estrutura degradada e resistência à penetração dos implementos de preparo, exigindo maior potência do trator.

A utilização de pequenas trincheiras a determinação da profundidade de ocorrência da camada compactada. Mediante a observação do aspecto morfológico da estrutura do solo, ou da verificação da resistência oferecida pelo solo ao toque com um instrumento pontiagudo qualquer é possível conhecer o grau de desenvolvimento da compactação. Normalmente, o limite inferior da camada compactada não ultrapassa 30 cm de profundidade, mas as hastes de descompactação devem atingir abaixo desse limite inferior.

O sucesso do rompimento da camada compactada está na dependência de alguns fatores:

- a) Profundidade de trabalho: o implemento deve ser regulado para operar na profundidade no limite imediatamente abaixo da camada compactada;
- b) Umidade do solo: no caso de escarificador, a condição de consistência apropriada é aquela em que o solo está na faixa friável; em solos muito úmidos, há aderência deste nos componentes ativos dos implementos e em solos secos há maior formação de grandes torrões duros;
- c) Penetração: para escarificar, a condição apropriada é aquela em que o solo esteja úmido. Quando molhado, o solo não sofre descompactação, mas amassamento entre as hastes do implemento e selamento dos poros, no fundo e nas laterais do sulco (espelhamento), e;

- d) Espaçamento entre as hastes: quando for usado o escarificador, o espaçamento entre as hastes determina o grau de rompimento da camada compactada pelo implemento. O espaçamento entre as hastes deverá ser de 1,2 a 1,3 vezes a profundidade de trabalho pretendida.

A efetividade dessa prática está condicionada ao manejo do solo adotado após a descompactação. São indicadas, em sequência a essa operação, a implantação de culturas com alta produção de massa vegetativa, com alta densidade de plantas e com sistema radicular abundante e agressivo, além de redução na intensidade dos preparos de solo subsequentes.

Resultados da escarificação

Com implemento escarificador de hastes

As escarificações alcançam melhores resultados quando as hastes do escarificador atingem profundidade abaixo do limite inferior da camada compactada. Escarificador equipado com rolo destorreador dispensa a operação de gradagem de nivelamento subsequente. A operação é mais eficiente quando o solo se encontra com umidade próxima à do ponto de friabilidade (Figura 13).



Foto: Silvio Spera

Figura 13. Área escarificada após chuvas de 70 mm, com equipamento de 15 hastes. Nota-se pouca movimentação de solo e ínfima formação de grandes torrões.

O efeito da operação tem variado. Nunes et al. (2014b) observaram efeito da compactação variando de 6 a 18 meses em solos basálticos no Rio Grande do Sul. Observou-se o efeito da escarificação até quase três anos após a operação em um latossolo de Mato Grosso (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de massa seca (MS) e porcentagem de raízes de milho, amostrados de 0 a 20 cm, após três anos de operação de escarificação, em Sinop, MT.

Camada (cm)	Escarificado			Não escarificado		
	MS raiz (Kg ha ⁻¹)	Raiz (%)	CV (%)	MS raiz (Kg ha ⁻¹)	Raiz (%)	CV (%)
0 - 5	1.000,8	88,1	1,9	913,0	95,1	1,7
5 - 10	80,0	7,0	8,7	18,7	2,0	17,7
10 - 20	55,0	4,9	13,2	28,4	2,9	14,5

Spera. Dados da tabela coletados em 2015, não publicado.

Com semeadora/adubadora equipada com haste sulcadora

O emprego da semeadora/adubadora equipada com haste sulcadora (bo-tinha), para a semeadura de milho em área manejada com sistema plantio direto, tem proporcionado aumento da macroporosidade e da porosidade total do solo e redução da densidade e resistência do solo à penetração da camada compactada na linha de semeadura.

Essa operação, quando feita com haste com mecanismo de aplicação de fertilizante em profundidades próximas a 20 cm, tem propiciado uma amenização da estratificação química no perfil do solo, com aumentos de teor de P e K até a profundidade de ação desse equipamento.

O emprego da haste sulcadora ajustada para operar a profundidade próximas de 20 cm foi mais eficiente em mitigar os problemas de ordem física nos solos manejados com sistema plantio direto. Em lavouras de milho do RS, a melhoria física do solo proporcionada pela haste sulcadora de ação profunda instalada em na semeadora/adubadora persistiu por pelo menos 12 meses no solo. Esse equipamento faz um trabalho muito semelhante ao da haste do escarificador.

Escarificação seguida de semeadura de braquiárias

A operação de escarificação (ou aração) é mecânica e promove a somente a quebra da camada compactada, camada essa que foi gerada pela dispersão de agregados de argila, e acomodação da suspensão de material argiloso disperso na forma de camada estratificada dentro de camadas de menor macroporosidade ou de menor atividade biológica. Apesar da quebra dessas camadas, o material disperso que as originou continua presente e permanece na mesma posição. É importante, portanto, que esse material se reorganize na forma de agregados. Isso só ocorre se condições favoráveis à reagregação estiverem presentes.

Dentre essas condições favoráveis à reagregação em solos cuja acidez foi corrigida estão: a abundância de matéria orgânica, em várias fases de decomposição e a presença de organismo promotores da agregação, dentre os quais se destaca os sistemas radiculares extensos e agressivos das gramíneas e os fungos micorrízicos. Os sistemas radiculares das braquiárias se destacam por se desenvolverem de forma abundante e agressiva, mesmo em condições de acidez, o que tem sido verificado nas camadas compactadas, pois a maioria delas não foi adequadamente corrigida.

Referências bibliográficas

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Física de solos**. México: Uteha, 1973. 529p.

CASÃO JUNIOR, R.; HENKLAIN, J. C.; LADEIRA, A. S.; MORENO, E. C. Efeito de diferentes implementos na resistência a tração e qualidade de preparo do solo (Latossolo Roxo). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: SBEA, 1991. v. 2. p. 847-868.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 1).

DENARDIN, J. E.; DENARDIN, N. D. Fatos e mitos em ciência do solo: manejo conservacionista do solo. **Boletim Informativo da SBCE**, v. 40, n. 1, p. 18-21, 2015.

DRESCHER, M. S.; REINERT, D. J.; DENARDIN, J. E.; GUBIANI, P. I.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G. L. Duração das alterações em propriedades físico-hídricas de Latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 2, p. 159-168, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000200008

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIU, L. **Lecture 3.1: soil Consistency and atterberg limits**. [Connecticut: University of Connecticut, 2007?].

NUNES, M. R.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S. Efeito de semeadora com haste sulcadora para ação profunda em solo manejado com plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 627-638, 2014a.

NUNES, M. R.; PAULETTO, E. A.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; PINTO, L. F. S.; SCHEUNEMANN, T. Persistência dos efeitos da escarificação sobre a compactação de Nitossolo sob plantio direto em região subtropical úmida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 7, p. 531-539, 2014b.

PRADO, H. do. **Manejo dos solos**: descrições pedológicas e suas implicações. São Paulo: Nobel, 1991.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. rev. ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

SCHOENEBERGER, P. J.; WYSOCKI, D. A.; BENHAM, E. C. **Field book for describing and sampling soils**. Lincoln, Nebraska: National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, 2012.. Version 3.0. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052523.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2018.

SPERA, S. T.; MAGALHAES, C. A. de S.; FARIAS NETO, A. L. de; WOLF, G.; DORNELAS, K. C. **Soil mechanical resistance to penetration (SMRP) in an Oxisol under different integrated crop/livestock systems (CLS)**. In: World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forest Systems; International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems, 3., 2015, Brasília, DF. Towards sustainable intensification: proceedings. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 291.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Agrossilvipastoril
Rodovia MT-222, Km 2,5, C.P. 343
CEP 78550-970, Sinop, MT
Fone: (66) 3211-4220
Fax: (66) 3211-4221
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Publicação digitalizada (2018)



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agrossilvipastoril

Presidente
Flávio Fernandes Júnior

Secretária-Executiva
Fernanda Satie Ikeda

Membros
*Aisten Baldan, Alexandre Ferreira do
Nascimento, Daniel Rabelo Ituassú, Dulândia
Silva Miguel Wruck, Eulalia Soler Sobreira
Hoogerheide, Jorge Lulu, Rodrigo Chelegão,
Vanessa Quitete Ribeiro da Silva*

Supervisão editorial
Renato da Cunha Tardin Costa

Normalização bibliográfica
Aisten Baldan

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Propagare.net

Foto da capa
Silvio Tulio Spera