

Preparo do Solo Parte 1

O que é, por que fazer, quais os tipos principais e como avaliar

Prof. Leandro Gimenez, ESALQ-USP

Introdução

Dentre as diversas operações agrícolas aquelas realizadas com a finalidade de mobilizar o solo são as que requerem mais energia e demandam mais tempo e planejamento. Seus efeitos podem ser essenciais ao desenvolvimento das plantas, porém quando realizadas de modo inadequado tendem a degradar o solo além de gerar custos. A título de comparação operações de preparo de solo demanda energia na forma de combustível fóssil cinco vezes maior que a operação de semeadura. Em função do sistema de manejo do solo podem ser empregados métodos distintos de mobilização ou mesmo a ausência desta. São operações que se inserem em um contexto mais amplo do processo de produção, afetam diretamente as operações subsequentes e que devem ser realizadas em uma faixa adequada de umidade do solo, sobre a qual muitas vezes não temos controle. Nesse material são apresentados os aspectos fundamentais para que se realize um preparo adequado do solo, respeitando os requisitos agronômicos.

O que é preparo do solo

Preparo do solo pode ser considerado como todo tipo de mobilização realizada para obter condições satisfatórias ao desenvolvimento das plantas. Ao se mobilizar o solo ocorrem efeitos sobre as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Usualmente a maior ênfase é dada à sua realização para remover impedimentos físicos ao desenvolvimento radicular e ou de estruturas subterrâneas, entretanto historicamente seu uso foi realizado também buscando outros efeitos:

Efeitos físicos: aquecimento do solo em ambientes de clima temperado, incorporação de produtos e ou resíduos superficiais, exposição de resíduos que estão em subsuperfície, movimentação de solo para confecção de sulcos ou camaleões; além de é claro remoção de impedimentos mecânicos.

Efeitos biológicos: controle de plantas daninhas, controle de pragas de solo, controle de patógenos.

Efeitos químicos: incorporação de corretivos e nutrientes, favorecendo a reação e liberação.

Veremos que há modos e equipamentos distintos para revolver o solo em função do efeito desejado, porém é pouco provável que ao se buscar um efeito evite-se completamente os outros. Por exemplo nos ambientes com clima tropical, quente e úmido, a realização da mobilização para incorporação de corretivos buscando um efeito químico, leva ao rompimento de agregados e à oxidação do material orgânico trazendo como consequência a perda da qualidade física. Ou seja, o efeito químico desejado leva a dois efeitos indesejados: perda da matéria orgânica que já é usualmente pouca e a desagregação e perda da qualidade física, com redução da macroporosidade e aumento da densidade.

Nos ambientes com clima temperado, as condições edafoclimáticas são totalmente distintas e o revolvimento passa a ser essencial para permitir o aquecimento do solo mais rapidamente viabilizando a implantação da cultura com antecedência. De modo concomitante ocorre a liberação de nutrientes presentes na matéria orgânica do solo e redução da resistência mecânica com impactos menores sobre a qualidade do solo que aquele dos tópicos.

Portanto a tomada de decisão quanto à realização de operações de preparo do solo deve considerar o ambiente e tanto os efeitos desejados como os indesejados.

O sistema de manejo do solo deve ser definido em função das condições do ambiente e dos requisitos agronômicos das distintas espécies, é em função da opção de manejo do solo que se define qual o tipo de mobilização a ser realizada.

Sistema de manejo do solo: conjunto de procedimentos realizados com objetivos de propiciar condições favoráveis à implantação, desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, por tempo ilimitado.

Em algumas circunstâncias as operações de mobilização são obrigatórias e mesmo que haja efeitos negativos os benefícios acabam por compensar os danos. Espécies como aquelas em que a parte de interesse comercial se desenvolve no interior do solo são um exemplo (cenoura, batata, mandioca etc.) seu pleno desenvolvimento requer solo praticamente solto o que geralmente exige preparos intensivos. Outras espécies apresentam sistema radicular pouco agressivo e são muito suscetíveis ao encharcamento ou hipóxia do sistema radicular (olerícolas folhosas), requerendo solos com baixa densidade. Nestes casos o cultivo contínuo de mesma espécie em uma mesma área ocasiona a degradação do solo. Para evitar isso as estratégias de manejo do solo para essas espécies devem contemplar o cultivo rotacionado com outras espécies que não requeiram preparo intensivo.

Para muitas espécies é possível o cultivo com um mínimo de revolvimento, o que se denomina preparo conservacionista ou preparo mínimo. Em outras é possível o cultivo sem qualquer tipo de preparo, o que se denomina semeadura direta, corriqueiramente denominado plantio direto.

Quando e como se faz o diagnóstico da necessidade do preparo do solo

Uma vez que se conheçam as exigências das espécies e se defina o sistema de manejo de solo mais adequado é possível estabelecer índices a serem estabelecidos para os parâmetros que definem a qualidade desejada no preparo.

Por exemplo algumas culturas precisam de um leito radicular mais profundo que outras, e, portanto, a profundidade do preparo deve ser definida em função da cultura ou caso haja mais de uma espécie cultivada na mesma área deve ser considerada a profundidade de preparo em função da espécie mais demandante.

O chamado leito de semeadura, aquela camada mais superficial do solo na qual ocorrerá o processo de embebição, germinação de sementes e crescimento das primeiras raízes, também é distinto em função do tipo de espécie e nesse caso o preparo pode ser requerido também para condicionar esta camada. Se compararmos o tamanho de uma semente de milho com uma de alface fácil fica compreender que para uma boa embebição da semente a interface de contato solo/semente será obtida com intensidades distintas de desagregação do solo.

Nos ambientes com solos altamente intemperizados a acidez é geralmente limitante e a disponibilidade de nutrientes baixa. As operações de preparo de solo são utilizadas nesse caso para incorporação de corretivos e nutrientes. A amostragem para fins de análise química permite reconhecer os níveis e assim definir as quantidades de corretivos a serem aplicadas e a profundidade desejada para sua incorporação.

Na maior parte dos solos dos ambientes tropicais, operações de preparo para incorporação de corretivos são necessárias antecedendo o primeiro ciclo de cultivo. Apesar desses solos terem inicialmente boas condições físicas a restrição química exige seu preparo para incorporação de corretivos. Após esta etapa muitas vezes é possível realizar as correções subsequentes sem a mobilização ou com mobilização menos intensa.

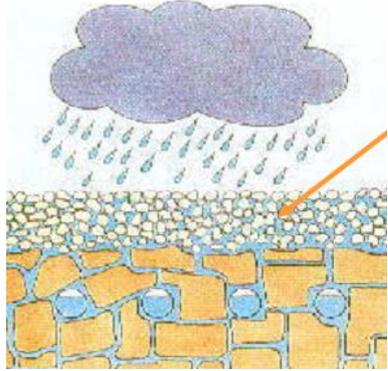
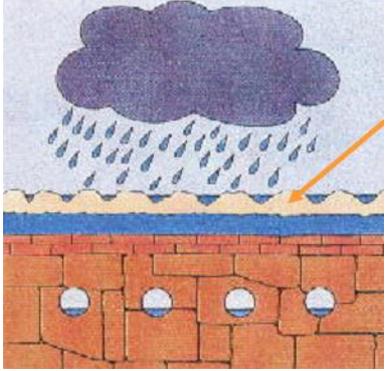
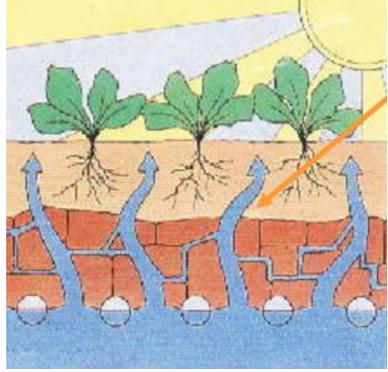
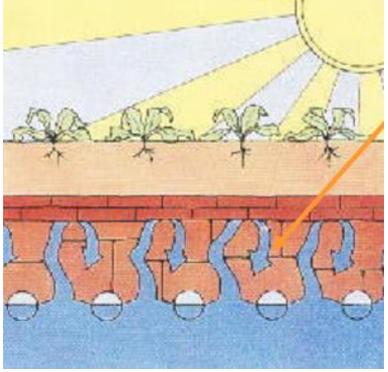
Um erro usual é a realização de operações de preparo porque se considera que está ocorrendo restrição ao sistema radicular em função de impedimento mecânico quando na realidade o impedimento é de ordem química. A inspeção do sistema radicular e das plantas em campo permite identificar problemas com pragas, doenças, toxidez por alumínio e deficiências nutricionais. Muitas vezes, entretanto, a decisão deve ser tomada quando não há plantas para o diagnóstico e a análise química é fundamental.

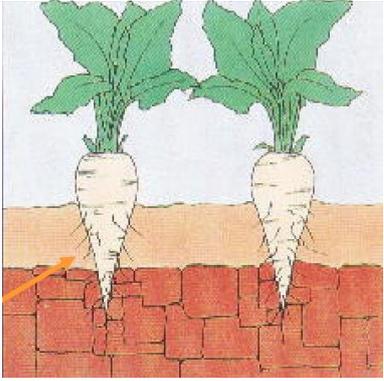
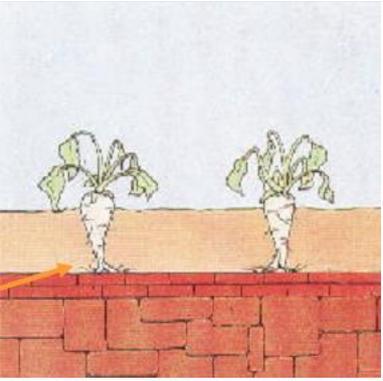
A identificação de impedimentos físicos é idealmente realizada através da análise do desenvolvimento radicular em trincheiras abertas no solo. A presença de raízes retilíneas, se desenvolvendo predominantemente na horizontal, sem a presença de

radículas que consigam atravessar blocos e com presença de apenas raízes muito finas no interior dos poros são indicativos de impedimento mecânico.

O processo de perda da qualidade física do solo geralmente não ocorre em curto período sendo agravado ao longo de alguns ciclos de produção. Podemos dizer que a maioria dos solos brasileiros tem boas propriedades físicas, porém com o seu cultivo podemos causar a degradação, o que vai requerer operações mecânicas para reestabelecimento. A seleção de um sistema de manejo do solo deve priorizar sempre aquele em que operações de preparo não sejam necessárias ou que sejam em menor número e com menor intensidade possível. Ao utilizar operações de preparo de modo contínuo os próprios equipamentos podem romper os agregados degradando o solo, dependendo da intensidade desse processo a consolidação do solo é rápida, requerendo operações contínuas. Trata-se de um ciclo vicioso que deve ser evitado de toda forma.

Alguns indícios de perda da qualidade estão presentes nas lavouras e servem como alerta. Há também metodologias que permitem inferir sobre a qualidade através de inspeções visuais e manipulação do solo - veja [esta publicação](#).

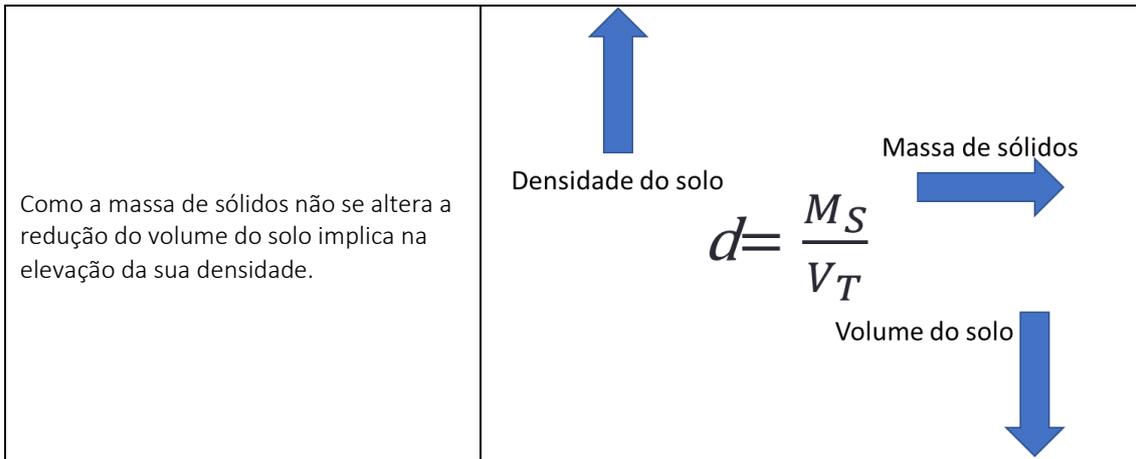
Solo com qualidade adequada	Solo com perda de qualidade física
	
Infiltração de água sem impedimentos	Água fica acumulada por horas ou dias após chuvas
	
A capilaridade está preservada, quando há veranicos as plantas conseguem acessar a água que ascende no perfil	A água tem sua ascensão impedida, há água em subsuperfície, mas a camada mais superficial permanece seca. Plantas perdem a turgescência com facilidade mesmo poucas horas ou dias sem precipitação.

	
<p>Ao se removerem plantas não se notam deformações com mudanças bruscas na direção de crescimento das raízes.</p>	<p>Plantas são pouco vigorosas, apresentam raízes com deformações e pouco desenvolvidas.</p>

A perda da qualidade física do solo ocorre pela imposição de pressões sobre o solo superiores à sua resistência mecânica. Estas pressões podem ser exercidas de diversas formas, o mais comum é que sejam aplicadas pelo pisoteio de animais, no caso desse tipo de atividade produtiva, e pelo tráfego de máquinas agrícolas em praticamente todas os sistemas mecanizados.

A compactação é o nome dado ao fenômeno de alteração da estrutura do solo pela aplicação de pressões acima de sua resistência, implicando na redução do espaço poroso, com perda inicial da macroporosidade e subsequente redução da microporosidade ao longo do processo a densidade se eleva.

<p>Uma maneira de visualizar o fenômeno é considerar a relação entre as grandezas apresentadas ao lado. Quando ocorre a compactação há redução da porosidade do solo. A porosidade é definida como a relação entre o volume de poros e o volume total do solo. A aplicação de pressões elevadas altera a estrutura do solo, seu volume total é alterado sendo que esta alteração ocorre pela redução expressiva do volume de poros.</p>	$\text{Porosidade do solo} \downarrow \alpha = \frac{\text{Volume de poros} \downarrow V_P}{\text{Volume do solo} \downarrow V_T}$
---	--

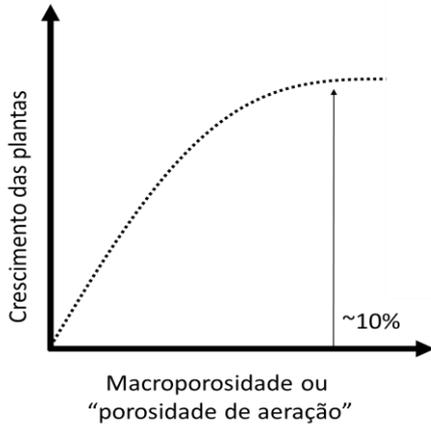
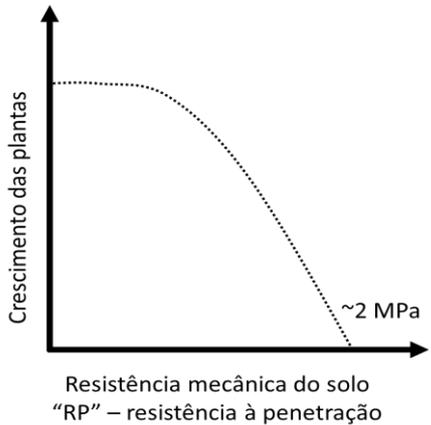


Além da inspeção visual do sistema radicular no interior do solo procedimentos padronizados para a obtenção de indicadores de qualidade física podem ser empregados.

A densidade do solo, obtida por meio de amostras indeformadas constitui um indicador efetivo de qualidade física. Os valores considerados adequados oscilam em função do tipo e composição granulométrica, mas há faixas consideradas mais adequadas.

Classificação textural	Faixa de densidade	Amostragem
Argiloso	0,90 a 1,25g cm ⁻³	
Arenoso	1,25 a 1,60g cm ⁻³	
Húmico	0,75 a 1,00g cm ⁻³	
Turfoso	0,20 a 0,50g cm ⁻³	
		

A compactação implica em uma série de alterações nas características do solo, além da densidade, porosidade e resistência mecânica podem ser utilizados para identificar sua ocorrência.

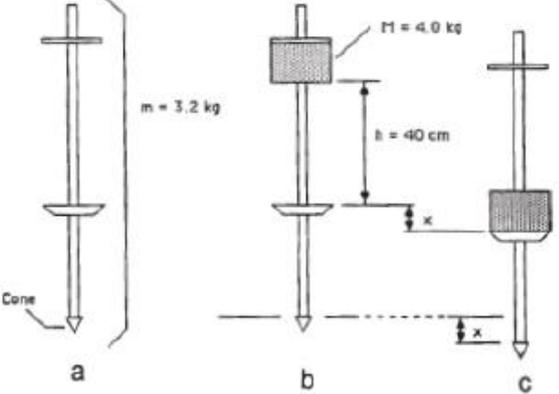
<p>O espaço poroso deve ser suficiente para que as trocas gasosas do sistema radicular ocorram. A presença de um mínimo de 10 % de macroporos no solo assegura condição satisfatória. A determinação da macroporosidade é realizada por meio de amostragem indeformada do solo</p>	 <p>Crescimento das plantas</p> <p>Macroporosidade ou "porosidade de aeração"</p> <p>~10%</p>
<p>A resistência mecânica imposta pelo solo não deve ser superior àquela crítica ao crescimento radicular. O instrumento denominado penetrômetro, que pode ter diversas configurações, é utilizado para inferir sobre a resistência enfrentada pelo sistema radicular. Pode haver diferença entre as espécies, porém o valor de 2 MPa é considerado como crítico. Resistências superiores impedem o crescimento, mas ele já passa a ser limitado em valores mais baixos.</p>	 <p>Crescimento das plantas</p> <p>Resistência mecânica do solo "RP" – resistência à penetração</p> <p>~2 MPa</p>
<p>O uso da resistência mecânica para a tomada de decisão deve ser criterioso. As determinações devem ser realizadas em condições de umidade próximas à capacidade de campo. O solo apresenta resistência mecânica variável em função da umidade.</p>	 <p>Resistência mecânica do solo "RP" – resistência à penetração</p> <p>Umidade do solo</p>

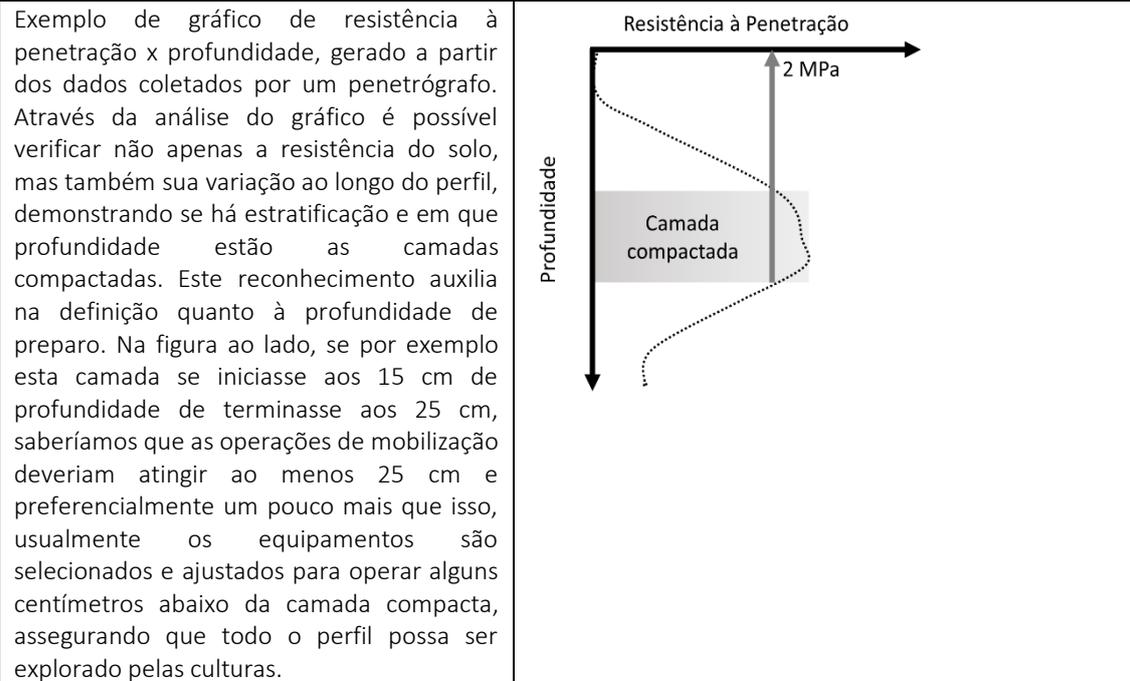
Os penetrômetros são equipamentos simples dotados de uma haste, ponteira e transdutor de força, ou seja, um instrumento que pode apenas mostrar, apenas registrar ou mostrar e registrar a resistência mecânica.

Há versões para emprego em amostras indeformadas, nesse caso em laboratório e apresentando a vantagem de permitir o umedecimento da amostra para padronização. Na maior parte das vezes, entretanto, os penetrômetros são confeccionados de modo a

permitir a utilização em campo. Há desde versões totalmente manuais até aquelas completamente automatizadas que são transportadas e acionadas através de motores elétricos ou cilindros hidráulicos. Esses instrumentos possuem hastes e na extremidade são colocadas pontas cônicas para a perfuração. As pontas são padronizadas e devem ter diâmetro e ângulo de desbaste de acordo com normas pois apenas dessa forma é possível obter medidas comparáveis (para uso agrícola usualmente é empregado ponteira de aço com ângulo do de cone 30° e com diâmetro de 12 mm) .

As mensurações devem ser realizadas com o solo em condição próxima à capacidade de campo. Para se obter um valor médio representativo recomenda-se que se façam no mínimo 10 perfurações em cada local que se deseja caracterizar. NO caso de penetrômetros de carregamento contínuo é necessário respeitar e na medida do possível manter a velocidade de penetração inferior a 3 cm s^{-1} .

<p>O penetrômetro de impacto possui uma massa que é solta de uma altura conhecida e desfere um golpe em um batente preso à haste de penetração. Impactos vão sendo desferidos e o deslocamento da haste registrado. Com essas informações calcula-se a resistência mecânica de cada camada do solo, usualmente com resolução de 0,05 m. São instrumentos baratos e simples, porém seu uso pode ser moroso.</p>	
<p>No penetrômetro de carregamento contínuo o operador deve inserir a haste no solo com velocidade constante. O instrumento possui um indicador da força ou da pressão exercida pela haste e as leituras são realizadas ao longo do perfil do solo.</p>	
<p>O penetrógrafo, nesse caso de carregamento contínuo e acionamento por meio de motor elétrico, além de mensurar também registra a resistência a penetração e a profundidade de mensuração. O registro nesse tipo de equipamento permite caracterizar a resistência à penetração com resolução de 1 cm ao longo do perfil.</p>	

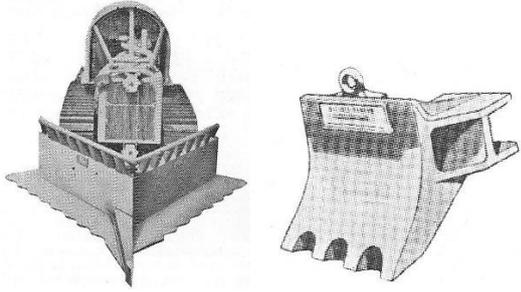


Os penetrômetros são ferramentas versáteis e rápidas na identificação da compactação, mas não devem ser utilizados como único critério de definição quanto à necessidade do preparo do solo. Alguns solos podem apresentar resistência elevada, mas não restringir o desenvolvimento radicular das plantas a ponto de justificar a necessidade do preparo. É o caso de solos com agregação muito forte e nos quais há porosidade para o desenvolvimento radicular. Vale ressaltar que o penetrômetro busca “imitar” a raiz, mas está longe de conseguir representá-la adequadamente.

Classificação dos tipos de preparo do solo

Preparo primário

O chamado **preparo primário** é aquele realizado quando uma área até então não cultivada precisa ser colocada em condições para a produção agropecuária. São pouco usuais, mas seu reconhecimento se faz necessário. Tal preparo é composto por diversas operações, desde a remoção da vegetação inicial até a condição em que possa receber as operações visando a implantação das culturas. É importante compreender ao que se refere o preparo primário para não o confundir com o preparo de solo propriamente dito, realizado periodicamente e usualmente em áreas já cultivadas

Etapas do Preparo Primário	
<p>Derrubada – árvores de maior porte são derrubadas com tratores equipados com dispositivos para rachar o tronco, cortar e empurrar. O restante da vegetação é derrubado com tratores de esteira operando em conjunto de modo a deslocar uma corrente que, esticada entre os tratores derruba todas as árvores entre eles. O espaçamento entre tratores e o tamanho da corrente oscila em função da densidade e tamanho das árvores.</p>	
<p>Desbrota e destoca – após a derrubada e necessário remover o sistema radicular de árvores que tenha ainda permanecido preso ao solo assim como juntar e recolher os restos de troncos de maiores dimensões. Tratores de esteira equipados com lâminas e ferramentas adequadas são utilizados para arrancar, cortar e juntar raízes.</p>	
<p>Limpeza e eliminação – com emprego de lâminas frontais os restos vegetais são enleirados para posterior queima</p>	

Sistematização – operações com diversos equipamentos visando colocar o solo em condições adequadas para o início do cultivo. Motoniveladoras, scrapers, lâminas, grades, terraceadores e outros são utilizados para confeccionar as estradas de acesso, delimitar as glebas, confeccionar as estruturas de contenção da água e nivelar o terreno.



Preparo convencional

Após a sistematização o **preparo convencional** pode então ser utilizado dentro da estratégia de manejo do solo. Ele é caracterizado pela mobilização em área total em que de toda a superfície é revolvida e de modo periódico, ou seja, continuamente para cada cultura ou a cada poucos ciclos de produção. Caracteriza-se pela incorporação quase total dos resíduos presentes na superfície antes da operação, permanecendo menos de 5% de resíduos expostos após sua realização.

Embora possa haver alguma sobreposição, o preparo convencional é subdividido em **preparo primário** e **preparo secundário**, etapas essas realizadas em sequência e com o uso de uma ou mais máquinas e passadas sobre o terreno em cada etapa.

No **preparo primário** o objetivo é condicionar as camadas subsuperficiais em que o sistema radicular das plantas irá se desenvolver. A profundidade de mobilização é usualmente superior a 0,2 m para as culturas anuais, mas em função da cultura e ambiente ela pode ser maior. É caracterizado pelo revolvimento intensivo do solo, com formação a desagregação da massa contínua de solo que se encontra originalmente consolidada e a formação de blocos de dimensões usualmente maiores que 0,04 cm em sua menor dimensão. Em função do tipo de equipamento pode haver incorporação acentuada de resíduos em profundidade. É nessa etapa que geralmente se faz a

incorporação de corretivos visando colocá-los em profundidade. Equipamentos como os arados e as grades pesadas são empregados.

O **preparo secundário** objetiva o destorroamento, ou seja, a redução dos blocos criados pelo preparo primário. Também são desejados o nivelamento do terreno e a criação de um leito de semeadura. Atinge profundidades inferiores a 0,2 m e pode ser utilizada para a incorporação superficial. Equipamentos como as grades leves, grades leves, rolos destorroadores e enxadas rotativas podem ser utilizados.

<p>Exemplo de um arado de disco, equipamento utilizado no preparo primário. Notar que o solo possuía resíduo vegetal que foi incorporado e que permanece bastante irregular após a passagem do equipamento.</p>	
<p>Exemplo de uma grade leve, tipo de equipamentos criados no preparo secundário. Notar que a dimensão dos discos e o trabalho é realizado em solo que havia recebido o preparo primário.</p>	

Há diversas possibilidades de combinação de operações de mobilização para realizar o preparo convencional. Por exemplo em algumas circunstâncias bastam uma operação para realizar o preparo primário e uma para o secundário. Em outras podem ser necessárias diversas operações de primário e uma de secundário ou mesmo o oposto. As condições do ambiente como a presença de umidade influenciam no resultado obtido e o planejamento é fundamental para evitar a necessidade de aumentar o número de operações. Por exemplo de entre a operação de preparo primário e secundário houver vários dias secos os blocos formados podem adquirir resistência elevada o que implicará na necessidade de utilizar equipamentos mais agressivos ou repetir uma mesma operação duas ou mais vezes.

A **erosão**, processo de perda de solo pelo carregamento por água ou vento, pode ter sua intensidade agravada quando se realiza preparo do solo em excesso ou ele é realizado em momento inadequado.

Antes de proceder ao preparo do solo é necessário verificar se as estruturas de contenção de água, curvas de nível, terrações, bacias de contenção, estão adequadas. Caso não estejam funcionais ou não existam devem ser providenciadas as melhorias (sugere-se a consulta a [este material](#)). Ao se realizar o preparo do solo ele tem sua infiltração aumentada, o que evita o escoamento e formação de enxurrada, porém os agregados ficam todos soltos e podem ser facilmente carregados pela água. Por este motivo deve se evitar operações de preparo em períodos de precipitações intensas, uma vez que o risco de erosão é muito elevado.

Preparo Mínimo ou Preparo Reduzido

Em muitas situações é possível adotar estratégias de manejo conservacionista em que apesar de ser realizada mobilização esta permite a manutenção de parte dos resíduos, pelo menos 30% do que havia antes da operação, sobre a superfície. Para a adoção desse tipo de preparo é necessário que não haja restrições em profundidades maiores que 0,3 m e que o solo não tenha problemas de toxidez ou teores inadequados de nutrientes em subsuperfície. As mobilizações são realizadas através de equipamentos que possuem hastes, evitando o revolvimento próximo à superfície.

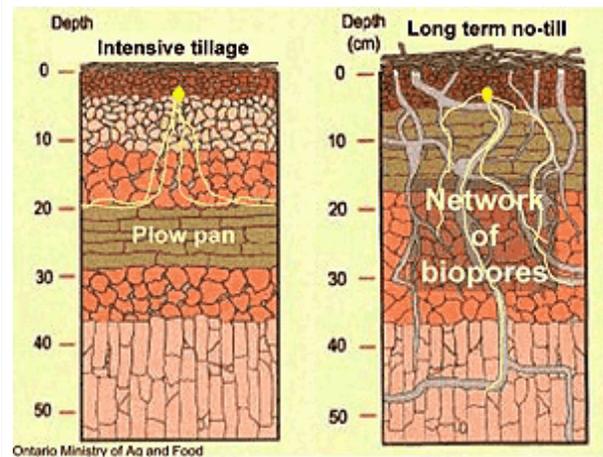
Exemplo de um escarificador, equipamento utilizado no preparo mínimo. Notar que as hastes são espaçadas e que a desagregação ocorre de baixo para cima, através de ponteiros e do corpo da haste.



Sistema de Semeadura Direta

Embora o tema em estudo sejam as operações de preparo do solo é importante ressaltar que há sistemas de manejo do solo que permitem eliminar a realização da mobilização. A semeadura direta, ou plantio direto é largamente adotado no Brasil para o cultivo das principais commodities. Sempre que o tipo de cultura e o ambiente de produção permitir deve se buscar o uso do plantio direto.

Na imagem ao lado são apresentados esquematicamente dois perfis de solo, o da esquerda representa o preparo convencional e na direita a semeadura direta. A semeadura direta permite a elevação dos teores de matéria orgânica e com isso a diversidade biológica e capacidade de suporte do solo. A manutenção de palha na superfície contribui para a redução das perdas de água por evaporação além de reduzir a infestação de plantas daninhas. Com o tempo o volume de solo explorado pelas plantas cultivadas passa a ser gradativamente maior. Bioporos são presentes facilitando o desenvolvimento radicular a absorção de nutrientes e trocas gasosas.

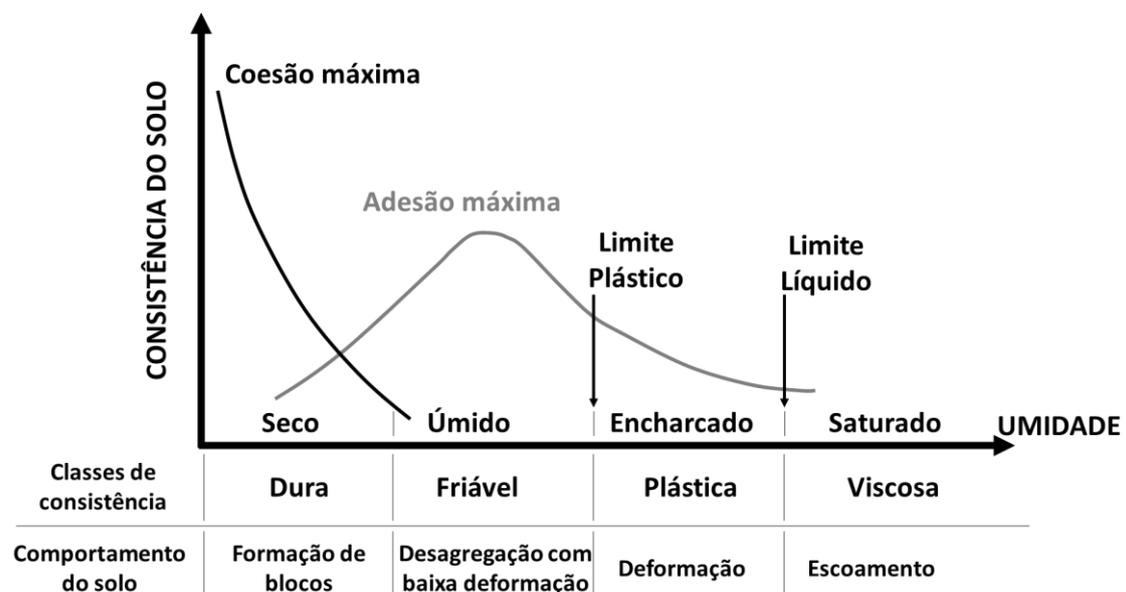


Interação máquinas - solo

A resistência mecânica do solo é resultado das forças que ocorrem entre suas partículas. Na presença de água estas forças têm seu comportamento alterado, conferindo ao solo sua consistência.

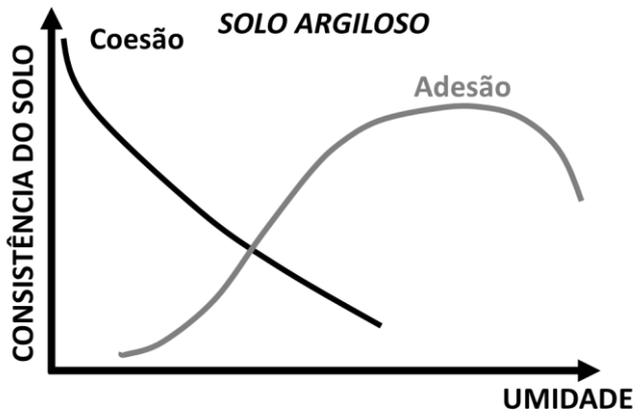
Força de Coesão: capacidade que uma substância tem de permanecer unida, resistindo à separação

Força de Adesão: força atrativa que atua entre um líquido e a superfície de um sólido quando estes estão em contato direto e as moléculas estão fortemente aderidas umas às outras.



Uma vez definida a necessidade de realizar o preparo do solo para o rompimento de camadas compactadas a operação deve ser realizada em uma faixa de umidade do solo em que ele apresente consistência adequada. Para a maioria dos equipamentos de preparo do solo essa consistência é denominada de friável, sendo obtida quando há umidade suficiente para reduzir a intensidade das forças de coesão (entre partículas) e maximizar as forças de adesão (entre partículas e moléculas de água). Os órgãos ativos da maior parte das máquinas de preparo são compostos de lâminas que cortam e deslocam o solo. Se estas máquinas operarem com o solo em consistência dura o esforço a ser realizado é muito elevado e a desagregação pouco efetiva, resultando em blocos de solo firmes que serão rompidos apenas com operações subsequentes. Se por outro lado esses equipamentos atuarem com o solo muito úmido o que ocorre é o corte e deformação da massa de solo sem que haja desagregação.

A intensidade das forças é proporcional ao número de pontos de contato entre as partículas do solo. Como consequência os solos argilosos apresentam resistência mecânica superior aos arenosos, dado que em função do tamanho das partículas a superfície específica é bastante distinta.

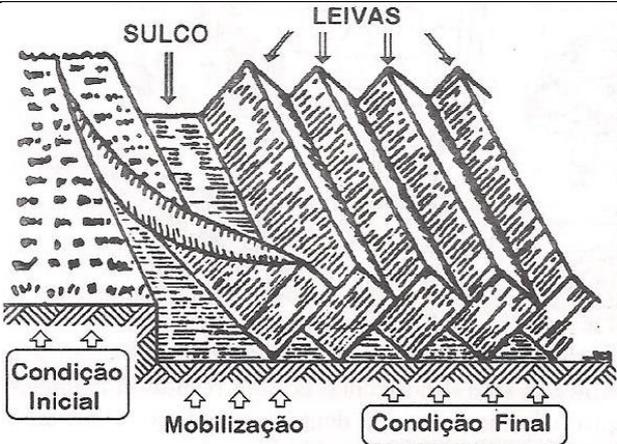
<p>Nos solos com predominância de partículas de argila as forças de coesão e adesão são mais pronunciadas e bastante variáveis em função da umidade. O preparo desses solos requer maior atenção à umidade e pode ter qualidade inadequada além de exigir operações adicionais.</p>	 <p>SOLO ARGILOSO</p> <p>O gráfico mostra a relação entre a consistência do solo (eixo Y) e a umidade (eixo X) para um solo argiloso. Duas curvas são plotadas: 'Coesão', que começa alta e diminui rapidamente à medida que a umidade aumenta; e 'Adesão', que começa baixa, aumenta até atingir um pico e depois diminui. O ponto de máxima adesão ocorre em uma umidade moderada.</p>
<p>Solos arenosos apresentam partículas maiores e, portanto, a superfície específica e o número de pontos de contato reduzidos. A intensidade das forças é pronunciadamente menor que aquela encontrada para solos argilosos. São menos exigentes em termos de umidade para preparo pois sua consistência oscila menos.</p>	 <p>SOLO ARENOSO</p> <p>O gráfico mostra a relação entre a consistência do solo (eixo Y) e a umidade (eixo X) para um solo arenoso. A curva de 'Coesão' decresce rapidamente com o aumento da umidade. A curva de 'Adesão' permanece muito baixa e relativamente plana ao longo de toda a faixa de umidade mostrada.</p>

É evidente que os casos apresentados são os extremos e podem ser encontradas as mais diferentes condições.

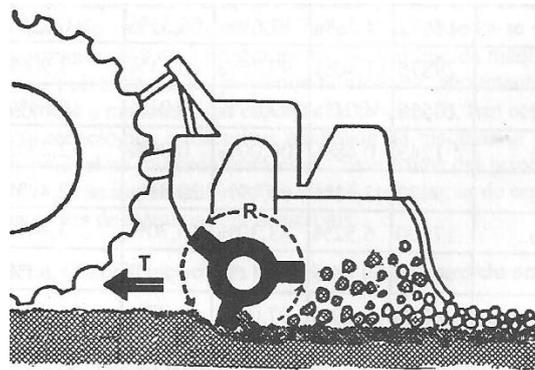
As máquinas e implementos que realizam a desagregação do solo através de impactos e por compressão exigem, para o seu funcionamento mais adequado, que o solo se encontre na consistência intermediária entre dura e friável.

Formas de mobilização do solo

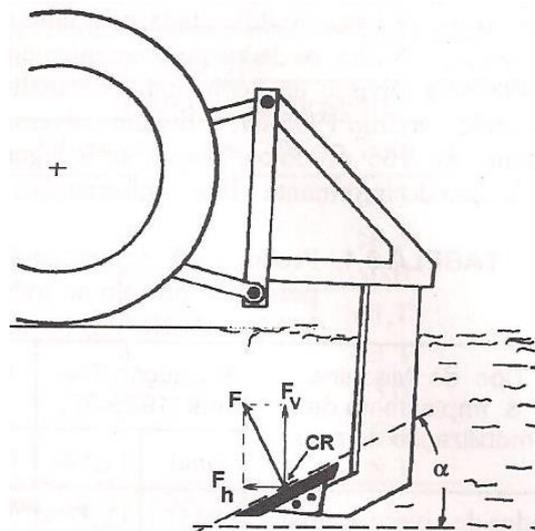
Uma vez que seja necessário realizar a mobilização do solo é necessário definir o tipo de mobilização necessária e assim selecionar o equipamento adequado. Há pelo menos quatro maneiras de realizar a mobilização do solo e combinações delas podem ser empregadas em máquinas que realizam mais de um tipo de mobilização.

<p>Inversão de camadas – nesta forma de mobilização o solo é cortado horizontalmente e verticalmente, formando uma fatia denominada leiva. Esta porção é torcida e lançada lateralmente, o que provoca sua desagregação. Neste processo a porção que estava voltada para cima passa a estar voltada para o lado e para baixo. É a estratégia mais adequada quando é necessário realizar incorporação. Os arados realizam este tipo de mobilização.</p>	
<p>Deslocamento lateral-horizontal – neste tipo de mobilização o solo é cortado na vertical, usualmente por discos que apresentam concavidade e são posicionados de modo a formar um ângulo com o sentido de deslocamento. Como resultado o solo fatiado é lançado lateralmente. Nesse processo de corte e lançamento ocorre a desagregação. As grades realizam este tipo de mobilização.</p>	

Revolvimento rotativo – a utilização de lâminas posicionadas transversalmente ao sentido de deslocamento do trator no campo permite fatiar o mesmo. As **enxadas rotativas** são equipamentos acionados através da TDP do trator. Lâminas cortam seções do solo e estas fatias são lançadas para que se esboroem contra uma placa metálica.

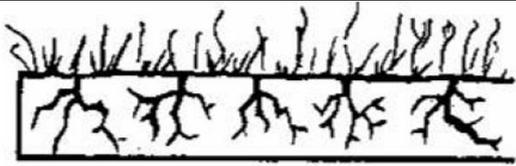
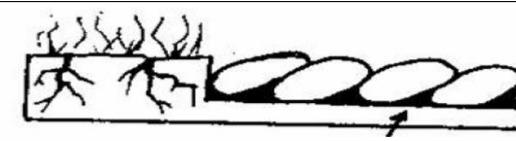
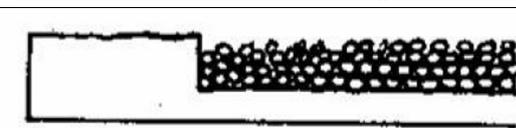


Desagregação subsuperficial – este é o modo de desagregação empregado pelos equipamentos que utilizam hastes. Ponteiras com determinada angulação, colocadas nas extremidades de hastes comprimem o solo à sua frente na medida em que são tracionadas. Diferente dos outros métodos para que este tipo de mobilização ocorra de modo efetivo o solo deve apresentar consistência firme. Os **escarificadores e subsoladores** realizam este tipo de mobilização.



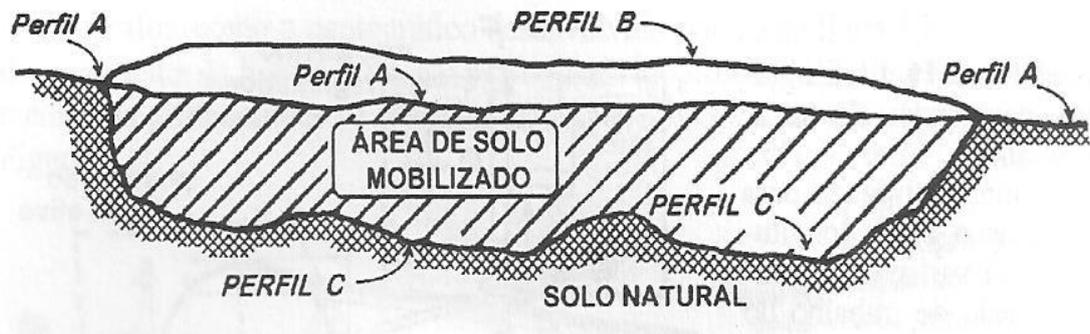
Caracterização do resultado da mobilização

Após a realização das operações de preparo do solo ele deve apresentar-se de acordo com os requisitos agronômicos desejados. Dentre os aspectos a serem avaliados estão a profundidade em que o preparo foi realizado, a intensidade da desagregação e a uniformidade com que o trabalho foi realizado. O quadro a seguir é uma representação do tipo de efeito esperado quando se utilizam dois tipos de equipamentos de preparo. É possível verificar que a ordem de realização das operações altera o resultado obtido. Os arados realizam uma desagregação mais grosseira característica das operações de preparo primário e a grade, neste caso era adequada ao preparo secundário.

Condição inicial – resíduos vegetais e raízes presentes	
Solo após aração	
Solo que foi gradeado antes da aração	
Solo que foi arado e depois gradeado	
Solo que foi gradeado antes e após a aração	

A avaliação da profundidade pode ser realizada de modo simples, removendo-se o material solto em uma passada da máquina e durante a realização da operação. A distância vertical entre o solo ainda não mobilizado e a base do sulco realizado pelo equipamento caracteriza a profundidade de trabalho. A mensuração da distância vertical a partir da superfície do solo já mobilizado não é adequada pois nesse caso, como o solo foi desagregado, ganhou volume e há uma superestimativa da profundidade de mobilização.

Conforme demonstrado na figura a seguir, representativa de uma seção transversal à passada de um equipamento de preparo do solo, a área hachurada é aquela representativa do solo antes da mobilização delimitada pela linha “Perfil A”. A linha que descreve o “Perfil B” é representativa do solo após a mobilização ficando claro o aumento do seu volume.

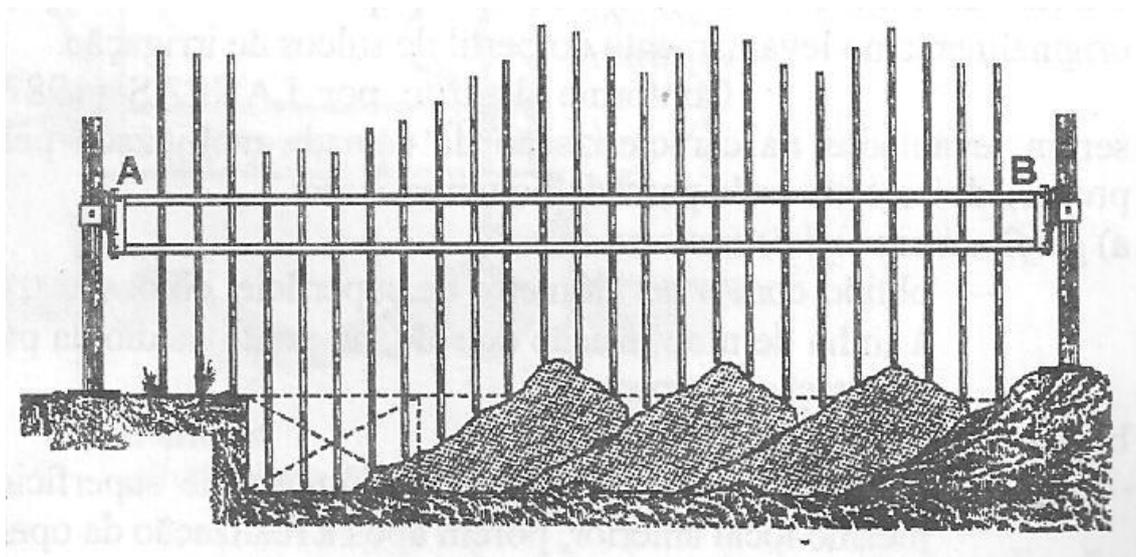


$$\text{Empolamento } \epsilon = \frac{\text{Área de empolamento } A_e}{\text{Área da seção mobilizada } A_m} \times 100$$

O empolamento do solo é um parâmetro que pode ser utilizado para compreender a eficiência com que o preparo do solo foi realizado, quando maior o empolamento maior foi o ganho de volume do solo e, portanto, maior a redução em sua densidade.

Para mensurar o empolamento e de modo adequado a profundidade e a rugosidade do terreno após sua mobilização pode ser empregado o perfilômetro, instrumento simples que permite obter parâmetros quantitativos.

O perfilômetro é composto por uma série de hastes regularmente espaçadas (1 a 5 cm entre si, dependendo da resolução desejada) ao longo de uma viga. Esta viga por sua vez possui pilares que permitem que a viga seja ajustada e nivelada em relação ao terreno (pontos A e B na figura). As hastes possuem seu movimento livre e quando posicionadas sobre o terreno o resultado do traçado de suas extremidades é uma “cópia” de sua superfície. Tomando-se nota das cotas acima da viga de cada haste é possível caracterizar a superfície do solo. Na figura abaixo as três primeiras hastes, da esquerda para direita estão posicionadas sobre o terreno ainda não mobilizado. As próximas três hastes estão em uma porção do solo que foi mobilizada, sendo que o material foi manualmente removido e, portanto, estão no fundo do sulco aberto pelo equipamento de preparo. É simples visualizar que se subtrairmos da cota média das três primeiras a cota média das próximas 3 chegamos a um valor representativo da profundidade de mobilização do solo.



A realização de leituras com o perfilômetro antes e depois da realização da operação de preparo permite o cálculo do empolamento e da efetiva profundidade de mobilização realizada pelo equipamento.

O tamanho e a regularidade dos blocos produzidos pelo preparo podem ser caracterizados através de peneiramento cuidadoso do solo após ele ter sido mobilizado. Para isso podem se coletar amostras de solo e aguardar para que elas estejam secas e portando com consistência dura e com maior resistência ao peneiramento. Após o peneiramento o material é pesado e se obtém percentuais representativos de classes de tamanho. Como método prático, nas fazendas podem ser confeccionadas **peneiras** com o tamanho máximo desejado para os blocos e ao longo da operação elas são utilizadas para averiguar se o tamanho está sendo respeitado, tomando-se amostras e cuidadosamente fazendo-as passar pelas peneiras.

QUESTÕES PARA ESTUDO

1. Como se define a necessidade de realizar o preparo do solo?
2. Solos em ambiente tropical quase sempre serão mobilizados para que possam ser cultivados. Você concorda com esta afirmação? Explique.
3. Por que é importante evitar o preparo do solo?
4. Quais métodos podem ser utilizados para identificar a necessidade de preparo do solo?
5. Quais as vantagens e as limitações do penetrômetro ou penetrógrafo na identificação da necessidade de preparo do solo?

6. O que é compactação do solo?
7. Consistência e umidade do solo. Qual a relação entre elas e sua implicação para as operações de preparo do solo?
8. Preparo inicial e preparo primário são a mesma coisa? Explique.
9. Diferencie preparo primário e preparo secundário.
10. O que é o cultivo mínimo?
11. Quais os modos predominantes de mobilização do solo? Há relação entre estes modos e a consistência do solo?
12. O que é empolamento do solo?
13. Como pode se avaliar a profundidade que o solo foi mobilizado?
14. Como pode ser avaliada a intensidade de desagregação?