

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA DO SUL
DE MINAS GERAIS
CAMPUS MUZAMBINHO**
Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura

IGOR DE ALMEIDA RIBEIRO

Compactação do solo pelo uso de maquinários

**Muzambinho
2009**

IGOR DE ALMEIDA RIBEIRO

Compactação do solo pelo uso de maquinários

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Graduação do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura, do Instituto Federal Sul de Minas Gerais - Campus Muzambinho, como requisito parcial à obtenção do grau de Tecnólogo em Cafeicultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Bregagnoli

**Muzambinho
2009**

COMISSÃO EXAMINADORA

MARCELO BREGAGNOLI

FRANCISCO VITOR DE PAULA

GUSTAVO RABELO BOTREL MIRANDA

Muzambinho, 03 de julho 2009.

DEDICATÓRIA

Em primeiro lugar a Deus, por me iluminar e abrir meus caminhos. Aos meus pais Antonio e Maria, pelo exemplo de vida e dedicação na minha educação e a minha namorada Alessandra que sempre me apoiaram e ajudaram em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador professor Dr. Marcelo Bregagnoli pela orientação dedicada e competente, além da amizade; que contribui vastamente não só para realização deste trabalho, mas também para o grande estímulo à minha formação profissional.

A professora Anna Ligya Rezende Maciel e ao professor José Marcos Angélico, ambos contribuíram muito para realização desse trabalho.

Aos professores Celso Antônio Spaggiari Souza, Bianca Sarzi de Souza, Francisco Vitor de Paula, Roseli dos Reis Goulart, Luiz Augusto Gratieri, Anna Lygia Rezende Maciel, José Marcos Angélico; pela amizade, conhecimento compartilhado e ajuda para formação profissional e acadêmica.

Aos professores, Yara, Márcio Maltarolli, Maria Célia Ruiz, Virgílio Anastácio, Alessandra Sandi, Luciana Lopes.

Aos funcionários da Biblioteca Monteiro e Lobato: Ana Maria Silva Salomão, Carlos Guida Anderson, Suzana Campaneli Tristão, Clarissa Benassi Gonçalves da Costa e José Odair da Trindade.

Aos funcionários do SIEC que sempre se mostraram prontos para ajudar e ao professor Hélio Galo Rocha.

A todos os funcionários da EAFMUZ, que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho e para a formação profissional e acadêmica. Aos meus colegas e alguns grandes amigos de sala, que contribuíram para a realização desse trabalho e formação profissional e acadêmica.

Enfim, a todas as pessoas que me apoiaram e ajudaram o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

Resumo.....	08
Introdução.....	09
2. Justificativa.....	10
3. Objetivo.....	10
4. Revisão de literatura.....	10
4.1. Preparo do solo.....	11
4.2. Compactação do solo.....	11
4.3. Reconhecimento e medida da compactação do solo.....	13
4.3.1. Porosidade	13
4.3.2. Densidade.....	14
4.3.3. Infiltração da água.....	14
4.3.4. Penetroógrafo.....	15
5. Técnicas e implementos.....	18
5.1. Aração.....	18
5.2. Tipos de arados.....	19
5.2.1. Arados de aivecas	20
5.2.2. Arado de disco.....	21
5.2.3 Arado reversíveis.....	22
5.2.4. Arado gradeador.....	23
5.3. Subsolação.....	23
6. Adensamento natural e compactação artificial.....	24
7. Prejuízos da compactação.....	25
8. Conclusão.....	27
9. Referências bibliográficas.....	28

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Penetrógrafo de campo -.....	16
FIGURA 2- Penetrômetro eletrônico de impacto -.....	17
FIGURA 3 - Manômetro do penetrômetro de impacto.....	18
FIGURA 4 - Arado de disco de aivecas.....	21
FIGURA 5 - Arado de disco ou bacia.....	22
FIGURA 6 - Grade aradora.....	23

RIBEIRO, Igor de Almeida. Compactação do solo pelo uso de maquinário 2009. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura (Graduação) p.28 – Instituto Federal Sul de Minas Gerais - Campus Muzambinho, 2009

RESUMO

A cultura do café no Brasil destaca-se por sua grande área de cultivo e também por se tratar de um produto de exportação, apresentando, portanto, grande importância econômica. A transferência de tecnologia de produção de áreas tradicionais para as novas condições de solo e clima vem trazendo respostas rápidas e rentáveis, porém pouco se tem estudado sobre os efeitos dos diferentes tipos de manejo nas propriedades físicas dos solos. Objetivou-se estudar o efeito da compactação do solo sobre os atributos físicos inerentes e sua influência sobre o processo produtivo. Torna-se necessária a identificação da presença de camadas de impedimento no solo, provenientes da compactação e/ou adensamento provocados pelos diferentes tratamentos culturais. A compactação foi definida como uma deformação física do solo causada pelo seu manejo; sendo que o que tem promovido a compactação dos solos agrícolas é a compressão exercida pelo tráfego intenso de tratores, máquinas e implementos agrícolas. Apesar do uso intensivo de maquinários na lavoura acarretar a compactação, hoje em dia ela é de fundamental importância para o produtor, que com isso consegue uma melhor produção.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica*; adensamento; agregação.

1. INTRODUÇÃO

Minas Gerais é o estado com maior produção de café do Brasil, com mais de 50% da produção total, sendo grande parte do cultivo em solos originalmente sob vegetação de cerrado. Nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, a cafeicultura tem se desenvolvido de forma destacada em razão da alta tecnologia aplicada, sendo mecanizada em todas as suas etapas, da fase de implantação à colheita, o que induz à necessidade da utilização de máquinas e implementos agrícolas durante todo o ciclo da cultura. A área de trabalho para equipamentos agrícolas na cultura cafeeira é restrita a pequenas faixas existentes entre as fileiras de plantio, o que obriga as máquinas a transitarem sempre no mesmo local. Aliado a esse fato, tem-se a alteração das condições de umidade do solo quando da presença de irrigação na cultura. Esses fatores criam condições favoráveis para que ocorra possível aumento da compactação do solo (Silva et al.,2006).

O estudo mais aprofundado dos efeitos da compactação sobre o rendimento agrícola ainda é incipiente. Com a modernização da agricultura, o peso das máquinas e equipamentos e a intensidade de uso do solo o grau de compactação dos solos se elevou. Medidas preventivas ao adensamento do solo, não teve uma evolução no tamanho e na largura dos pneus nos implementos, resultado em significativas alterações nas propriedades físicas dos solos, resultando uma compressibilidade exagerada do solo devido aos grandes vazios que podiam formar-se entre as camadas lançadas, deixando o solo instável perdendo totalmente a resistência, sobretudo por saturação das chuvas pesadas, levando em conta a necessidade de um certo período de consolidação, para que o solo pudesse ser utilizado com segurança (Streck et al.,2004).

Adoção de sistemas conservacionistas de preparo do solo, com menor revolvimento, a exemplo do sistema de plantio direto (SPD), a compactação tem deixado de ser avaliada pelo preparo nos cultivos sucessivos.

Ao trabalhar intensivamente num solo, dois pontos são de fundamental importância para evitar a compactação: o conteúdo de água no momento em que se opera e a possibilidade de manutenção ou aumento do teor de matéria

orgânica. Os solos não têm poros contínuos maiores que o diâmetro da raiz, ela se desenvolverá dependendo da resistência que lhe for imposta. Muitas raízes laterais podem se proliferar numa planta se desenvolvendo em solo com poros menores que o diâmetro da raiz principal. Sendo assim, os dois tipos de raízes, num mesmo tempo, poderão estar explorando volumes de solos que apresentem condições diferentes de umidade, nutrientes ou mesmo toxicidade. Prevalecendo condições adversas para o pleno desenvolvimento das raízes, poderá haver absorção deficiente de água e nutrientes, com prejuízos para o crescimento da planta (Silveira., 2001)

1. JUSTIFICATIVAS

Com o uso de máquinas e também equipamentos algumas vezes não adaptados, tem contribuído para a desestruturação e em parte para a compactação do solo, influenciando sua capacidade de erosão e também de retenção de água.

2. OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo observar de maneira prática, rápida e fácil o efeito da compactação e através das praticas de conservação manter a fertilidade do solo. Estudar os efeitos causados pelas chuvas e também pelo mau aproveitamento do solo pelo homem, são utilizadas algumas técnicas de manejo e conservação, visando a minimização dos efeitos degradantes no solo.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Preparo do solo

Quando uma área vai ser mobilizada pela primeira vez com máquinas, deve estar preparada para que o conjunto “trator – implemento” possa trabalhar com facilidade, sem empecilhos a seu deslocamento. O agricultor deve providenciar a remoção de tocos e raízes bem como outros objetos, como pedra, que possam danificar o maquinário. Em uma gleba limpa o preparo do solo é melhor, permitindo bom o desenvolvimento das sementes e das plantas, o que influi no rendimento da cultura. Além disso, o agricultor deve tomar muito cuidado com processos como a erosão e a compactação do solo. Por isso, não deve desmatar a cabeceira dos morros nem as encostas com grande inclinação, margem de rios e terrenos ao redor de nascentes, pois somente a floresta é capaz de controlar a ação das enxurradas nessas áreas (Silveira, 2001).

A aração não deve ser considerada operação básica no preparo periódico do solo. Em muitas regiões, ela vem sendo substituída pelas técnicas de “cultivo mínimo” e “plantio direto”.

Por isso a aração deve ser feita criteriosamente, após um conhecimento perfeito das condições que regem a estruturação do solo, sua relação com plantas cultivadas, com o desenvolvimento de ervas daninhas, com a movimentação das águas, com a natureza do material de cobertura, além dos fatores econômicos envolvidos em sua execução (Silveira.,2006)

4.2. Compactação do solo

De acordo com Aguiar (2006) o uso intensivo da mecanização em lavouras, especialmente na cafeicultura tem-se tornado preocupante devido à possibilidade de compactação do solo ao longo dos anos, o que pode levar a uma redução da produtividade. O monitoramento das propriedades físicas do solo e o desenvolvimento e uso dos modelos de capacidade de suporte de carga possibilita a identificação dos sistemas de manejo de plantas daninhas

mais resistentes ou suscetíveis à compactação e permite o planejamento das atividades mecanizadas, visando evitar ou minimizar a compactação dos solos.

A compactação é um processo decorrente da utilização agrícola do solo, quando o solo perde sua porosidade através do adensamento de suas partículas. O adensamento do solo também é uma das etapas de construções, por exemplo, de rodovias, através de um equipamento chamado de compactador. Na agricultura a compactação do solo se dá pela influência de máquinas agrícolas, tais como tratores e colhedoras, como também pelo pisoteio de animais, como o gado. A compactação é danosa para a produção agrícola, pois influencia negativamente o crescimento de raízes, fazendo com que a planta tenha problemas em seu desenvolvimento. A compactação também diminui a movimentação da água pelo solo, pois cria uma camada muito densa de solo onde a água não se infiltra, ocasionando excesso de água no solo nas camadas superficiais, podendo provocar erosão. Nos solos compactados, a armazenagem de água também é deficiente, causando problemas às culturas em épocas de estiagens. O adensamento do solo, ocasionada por diferentes intensidades de tráfego, pode provocar danos à sua estrutura do solo, limitando a produção em lavouras cafeeiras. A compactação é o aumento da densidade do solo e a redução da sua porosidade que se dá quando ele é submetido a um grande esforço ou a uma pressão contínua (JACKSON et al, 2004).

Segundo o grupo de automação agrícola Falker, certos tipos de solo são mais vulneráveis à compactação. O solo compactado oferece maior resistência à penetração das raízes, tem menor capacidade de aeração e maior dificuldade para a infiltração da água. As raízes em solo compactado também são mais sensíveis a doenças. Sob fortes chuvas o solo compactado não permite que a água se infiltre completamente; o excesso de água forma a enxurrada, que leva consigo muitos dos nutrientes que as plantas precisam. Em períodos de seca, já que não foi possível armazenar bastante água das chuvas, as plantações sobre o solo compactado também sofrem mais. Uma camada compactada é mais persistente quanto maior for a profundidade em que ela se encontra.

Dependendo de fatores pedogenéticos do solo (expansão e contração de argilas do grupo), fatores climáticos (chuva e seca), atividade biológica de microrganismos e sistema de manejo adotado, há variação na persistência da compactação nos solos (Hakansson & Reeder, 1994).

De acordo com Araújo et al.,(2001) a compactação do solo é causada principalmente pela pressão das rodas e outros componentes das máquinas agrícolas e pode aumentar quando as operações forem realizadas com alta umidade do solo. A avaliação do nível de compactação pode ser feita através de penetrômetros ou abrindo-se uma pequena trincheira no solo. Os penetrômetros são hastes com uma ponta cônica que, introduzidas no solo, indicam a pressão requerida. Uma forma direta para identificar se a compactação é prejudicial às plantas é analisar se as raízes apresentam algum desvio lateral e se concentram na superfície. O amarelecimento das plantas e seu crescimento desuniforme também podem estar relacionados à compactação do solo.

No solo, a presença de crostas superficiais e fendas, o acúmulo de água no sulco, a erosão hídrica, a presença de palha incorporada e não decomposta e o aumento da exigência de potencia dos tratores também são indicativos de possíveis problemas de compactação.

Deve ser considerado ainda que, antes da implantação do sistema plantio direto, o agricultor deve avaliar as condições de seu terreno e, na presença de camadas compactadas, eliminá-las (ARAÚJO et al, 2001).

4.3. Reconhecimento e medida da compactação do solo

Existem diversas formas de se medir a compactação do solo. A maioria dos métodos envolve análises de laboratório, com coleta para análise. A compactação pode ser avaliada a partir de diversos atributos do solo, tais como: porosidade, densidade, infiltração de água, resistência ao penetrômetro e outros parâmetros correlatos.

4.3.1. Porosidade

Segundo a EMBRAPA (2006) a porosidade é constituída pelo espaço poroso, após o arranjo dos componentes da parte sólida do solo e que, em

condições naturais, é ocupada por água e ar. As areias retêm pouca água, porque seu grande espaço poroso permite a drenagem livre da água dos solos. As argilas absorvem relativamente, grandes quantidades de água e seus menores espaços porosos a retêm contra as forças de gravidade. Apesar dos solos argilosos possuírem maior capacidade de retenção de água que os solos arenosos, esta umidade não está totalmente disponível para as plantas em crescimento. Os solos argilosos (e aqueles com alto teor de matéria orgânica) retêm mais fortemente a água que os solos arenosos. Isto significa mais água não disponível. Muitos solos do Brasil e da região tropical, apesar de terem altos teores de argila, comportam-se, em termos de retenção de água, como solos arenosos. São solos com argilas de baixa atividade (caulinita e sesquióxidos), em geral altamente porosos. Muitos Latossolos sob cerrado apresentam esta característica.

4.3.2. Densidade

Densidade do solo (d) ou densidade aparente ou global - é a relação entre a massa de uma amostra de solo seco a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o volume dessa amostra não deformada, incluindo os espaços ocupados pelo ar e pela água. Também conhecida como massa específica aparente. Geralmente é expressa em g/cm^3 (Embrapa, 2008).

4.3.3. Infiltração de água

A infiltração é o processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo. A modelagem deste processo é de grande importância prática, pois a taxa de infiltração da água no solo é um dos fatores responsável por processos indesejáveis, como a erosão, compactação e as inundações. A infiltração determina o balanço de água na zona radicular e, por isso, o conhecimento deste processo e de suas relações com as propriedades do solo é de fundamental importância para o eficiente manejo do solo e da água (Brandão et al., 2006).

De acordo com Brandão (2006) um dos problemas associados à compactação do solo é a redução da condutividade hidráulica. A taxa de infiltração de água no solo, que serve como indicação de sua condutividade

hidráulica, é influenciada por outros fatores do solo, tais como a formação de crostas na superfície que provocam sensível diminuição na quantidade de água que penetra no perfil. A condutividade hidráulica serve, então, como medida comparativa para avaliação da compactação, usando o mesmo solo e a mesma quantidade de água.

Quando o solo encontra-se seco, a pressão de contato de máquinas ou de implementos afeta muito pouco a taxa de infiltração. Entretanto, à medida que o conteúdo de água vai aumentando, a infiltração vai diminuindo até um valor mínimo, a partir do qual passa novamente a subir, devido ao efeito da água no volume do solo, de maneira semelhante ao exposto para a curva decompactação do solo. O tráfego intenso de máquinas sobre a superfície do solo, principalmente quando se utiliza o sistema convencional de preparo, produz uma camada compactada que reduz a capacidade de infiltração da água no solo. Solos situados em áreas de pastoreio também sofrem intensa compactação, ocasionada pela patas dos animais (PRUSKI, 1997 apud BRANDÃO et al., 2006)

4.3.4. Penetrógrafo

É um equipamento, que ao mesmo tempo em que “sente” as variações de resistência em função da profundidade de penetração, registra automaticamente em um ábaco padronizado, possibilitando ao agricultor ter em poucos segundos uma visualização, gráfica dos vários graus de compactação do solo como mostra na Figura 1.

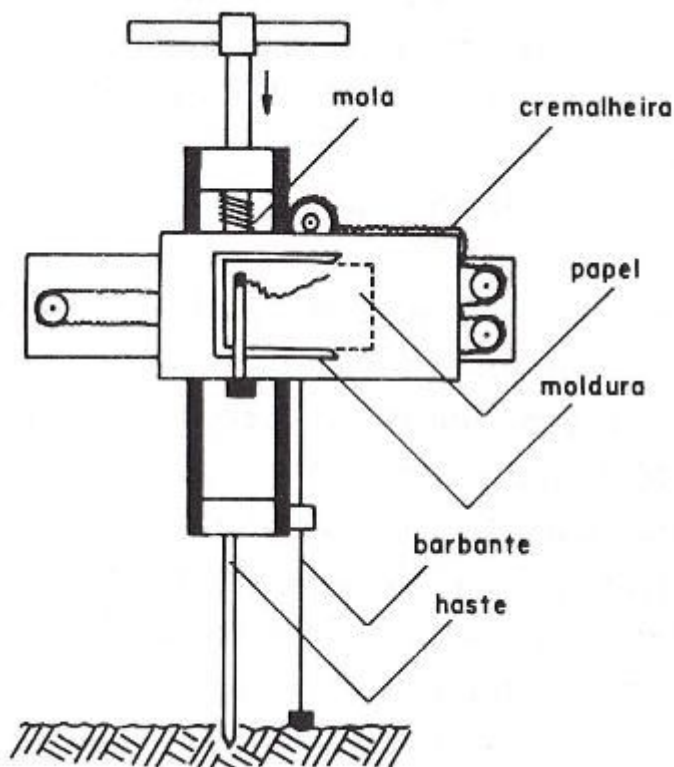


Figura 1 – Penetrógrafo de campo

Fonte: www.infobibos.com/Artigos/2006_2/C6/fig34.jpg

Por meio da curva obtida no ábaco, pode-se recomendar o implemento mais adequados e econômico para o rompimento das camadas compactadas.

O equipamento consta de um haste que tem em sua extremidade uma ponta ou cone que penetra no solo. A haste e o cone devem obedecer à padronização da American Society of Agricultural Engineers (ASAE). Ele possui também um conjunto de molas calibradas e uma escala em que se pode observar e registrar os valores obtidos. Pressionando-se a ponta da haste sobre o solo, a mola se distende e o ponteiro do registrador se desloca na escala, dando o valor de compactação. O conjunto de molas múltiplas, constituindo um dinamômetro, deve ser tratado termicamente para evitar sua deformação. Isto alteraria a leitura com uso continuado. O registrador é formado por um sistema preciso que marca os dados à medidas que o cone-haste penetra no solo.

O penetrômetro é um equipamento que mede a resistência do solo à penetração de uma haste metálica, que simula a penetração de raízes ou ferramentas agrícolas. Versões eletrônicas de penetrômetros permitem a armazenagem de dados (figura 2).



Figura 2 - Penetrômetro eletrônico de impacto

Fonte:<http://www.falker.com.br/imagensespeciais/PLG1020/perfil.jpg>

O penetrômetro de impacto é um instrumento simples, e embora trabalhoso quando comparado com um penetrógrafo semi-automático, é eficiente para levantar a chamada curva de resistência/compactação de uma camada de solo até 70 cm de profundidade. Manufaturado todo em aço tratado, vem equipado com um peso fixo de 4 kg, o qual deve ser solto sempre de uma mesma altura pré-estabelecida no instrumento (no marcador de referência), sendo feitas as marcações do número de impacto necessários para a haste/cone padronizado penetrar no solo.



Figura 3 – Manômetro do penetrômetro de impacto
Fonte: <http://www2.ciashop.com.br/instrutherm/dept.asp>

5. TÉCNICAS E IMPLEMENTOS

Segundo Silva, 2006, diversos parâmetros da física do solo podem ser usados como indicativos para a compactação, como a densidade, porosidade e outros. Existem também equipamentos que permitem medir a compactação em campo, denominados penetrômetros.

O manejo de plantas invasoras, o tráfego eventual de máquinas e as operações de subsolagem promovem alterações da capacidade de suporte de carga do solo (CSC) e, conseqüentemente, de sua resistência à compactação, disse (Araujo-Junior et al., 2008),

5.1. Aração

Entre as operações agrícolas com denominação geral de preparo periódico do solo, aração é mais antiga e comumente realizada. Nela, a camada superficial do solo é cortada em fatias denominadas leivas. Elas

recebem um movimento torcional, sendo invertidas de maneira que a face superior fica voltada para baixo. Assim, o arado corta, eleva, esboroa e inverte a camada de terra.

A aração do solo provoca uma aeração das camadas, permitindo maior introdução de oxigênio e expulsão de gás carbônico, o que facilita os processos químicos e biológicos da oxigenação, como uma verdadeira respiração do solo. A matéria orgânica incorporada ao solo encontra ambiente adequado à sua decomposição. Após algum tempo, ela se transforma em húmus de excepcionais qualidades e importância para o crescimento, a nutrição e o desenvolvimento geral das plantas (Silveira, 2001).

O pé-de-arado é o mesmo que pé de grade, ou seja, uma camada de solo compactada que se desenvolve abaixo da camada que é anualmente arada e gradeada (daí seu nome). Como estes instrumentos não atingem esta camada, ela permanece ano após ano e vai se compactando pela perda de sua porosidade através da colmatação pelas partículas argilosas que são remobilizadas da camada superior. Sua existência coloca resistência à penetração das raízes dos vegetais, o que prejudica seu desenvolvimento e sua menor porosidade é um obstáculo à infiltração da água, o que leva ao surgimento de erosão em ravinas e a destruição do solo.

5.2. Tipos de arados

O arado é um instrumento que serve para lavrar (arar) os campos, revolvendo a terra com o objetivo de descompactá-la e, assim, viabilizar o desenvolvimento das raízes das plantas. É uma das etapas agrícolas que antecede a semeadura. Além desse objetivo primacial, a aração permite um maior arejamento do solo, o que possibilita o desenvolvimento dos organismos úteis, como as minhocas, além de, alguns casos, permitir a mistura de nutrientes (adubos, químicos ou orgânicos; corretivos de acidez, etc.)

O arado pode ser:

- De tração animal: para pequenas áreas; método mais primitivo e simples;
- Por tração motorizada, como um tractor.

Os arados puxados por tratores podem ser simples, utilizados em pequenas explorações agrícolas, ou múltiplos, utilizados nas grandes explorações.

No mercado brasileiro de máquinas agrícolas encontram-se arados de diversas procedências, em vários modelos e marcas, que, entretanto, se dividem em dois grupos: arado de disco e arado de aiveca, esses grupos, quanto à fonte de potência, devem ter tração animal ou mecânica (Silveira, 2001)

5.2.1. Arados de Aivecas

Afirma o autor Silveira (2001) esse arado, que foi desenvolvido a partir de um galho de árvore retorcido, no começo de nossa História, corta, eleva, esboroa e inverte a camada de terra de uma forma mais perfeita que o arado de discos. Com ele, consegue-se inverter a camada superficial do solo numa profundidade de 20 a 35 cm, em ângulo de aproximadamente 135° , cobrindo a maior parte das plantas e restos vegetais que se encontram na superfície (Figura 4).

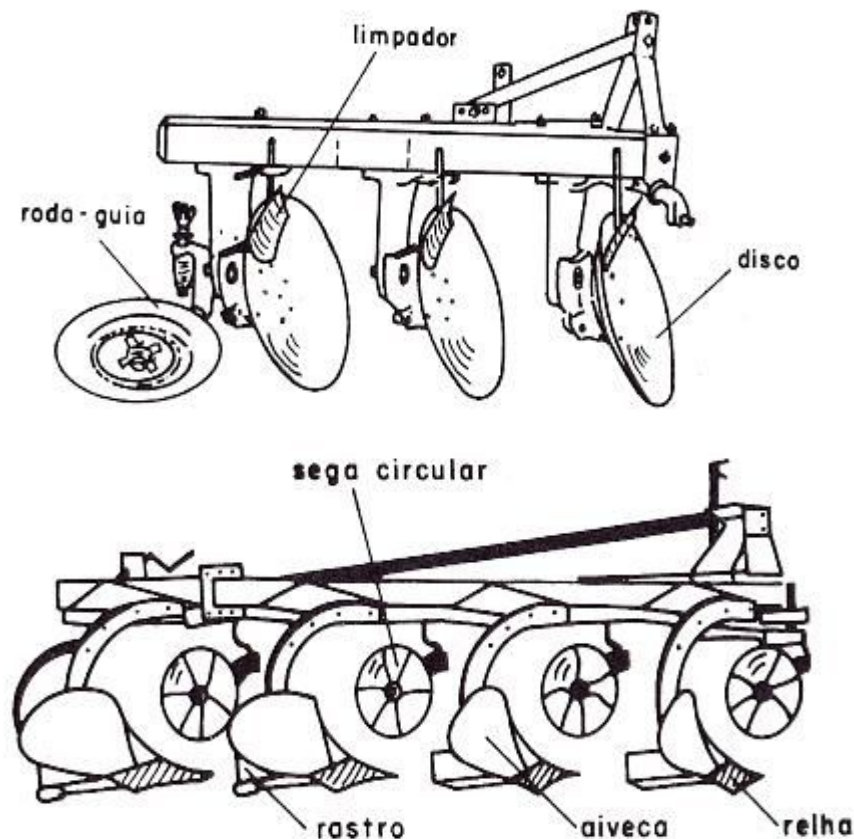


Figura 4 - Arado de disco e aivecas.

Fonte: www.infobibos.com/Artigos/2006_3/C7/Fig41.jpg

5.2.2. Arado de disco

De acordo com Silveira (2001) os arados de disco são o resultado de uma transformação gradual do arado de aivecas. Com sua construção procurou-se obter maior rendimento e eficiência na agricultura. Como seu nome indica, ele é composto de discos colocados separadamente sobre rolamentos no corpo do arado, mantendo determinados ângulos vertical e horizontalmente. O transporte e a inversão das leivas do solo arado são provocados pela rotação do disco, que gira pela força exercida pelo solo (Figura 5).



Figura 5 – Arado de discos ou bacia

Fonte: www.jan.com.br/2009/web/produtos/fotos/97.jpg

5.2.3. Arado reversíveis

Os arados reversíveis podem ser disco ou de aivecas, embora em nossa condições os mais utilizados sejam os de discos. Quanto ao acoplamento ao trator, são montados, semi-montados e de arrasto. Permitem que o solo possa ter tombado para a direita ou para a esquerda, conforme o caso. Esse tipo de arado teve grande desenvolvimento em regiões da Europa Ocidental, com predominância de pequenas propriedades. Devido suas características, iniciando-se o trabalho por um dos lados da gleba e fazendo-se as voltas nas cabeceiras, é possível trabalhar com sulcos contíguos até atingir o final do terreno (Silveira, 2001).

5.2.4. Arado gradeador

Esse arado, também chamado de interdependentes, foi idealizado a partir dos mesmos princípios do arado de disco. Ele trabalha o solo superficialmente, enterrando os restos de cultura. Os primeiros foram construídos para atuar especificamente nas cultura de trigo, para enterrio do resto da vegetação, incorporando-a ao solo como matéria orgânica. Ele serve tanto para arações primárias quanto secundárias (Silveira, 2001) como mostra a figura 6.



Figura 6 – Grade aradora

Fonte: www.b2babimaq.com.br/imgsist/anuncios/11111116851.jpg

5.3. Subsolagem

Operação que visa movimentar camadas profundas do solo para quebrar camadas compactadas (EMBRAPA., 2008). Em lavouras mecanizadas é comum ocorrer o adensamento na camada de 0 a 40 centímetros do solo, conseqüência da pressão feita pelas máquinas. Isso causa diminuição na infiltração de água, no desenvolvimento das radículas e do pião central. Situações que trazem grande perda na produtividade. Para corrigir esse problema podemos adotar a subsolagem. Como qualquer manejo feito no solo, a subsolagem exige técnica e capricho. Deve ser feita apenas com hastes localizadas na linha na qual a roda do trator passa. Não coloque haste no centro da rua, pois isso irá puxar, por capilaridade, a água para o centro e não

para a direção da saia, que seria o correto (Porto .,2002 apud coffeebreak., 2002)

6. Adensamento natural e compactação artificial

Silveira (2001) afirma que o adensamento do solo é natural e a compactação é artificial. O adensamento superficial natural tem origem genética. Este é o caso dos solos de cerrado, principalmente o latosso vermelho-escuro orto, o solo podem causar grandes prejuízos, pois suas raízes têm menor resistência a seca, devido ao menor volume ocupado pelo sistema radicular. Os maiores problemas em relação à parte física do cerrado para o café são motivados por uma camada naturalmente adensada localizada entre 10 e 60 cm de profundidade. Em solo com menos de 20 % de argila, o cafezal sofre grande impacto na fase dos dois aos três anos, por ocasião da primeira produção. Nesses casos, a partir de fevereiro podem surgir cloreoses intensas (escaldadura das folhas), desfolha, seca dos ponteiros (die-back), má granação e morte de cafeeiros.

A compactação ou adensamento do solo é superficial quando causada por máquinas agrícolas usadas no preparo do solo, cultivo ou mesmo transporte. É comum encontrar camadas superficiais compactadas em área sob preparo convencional. As operações de preparo do solo realizada sempre à mesma profundidade formam gradativamente uma camada compactada. Ao passar pelo solo, qualquer implemento de preparo provoca a compactação de uma fina camada. Mas isso pode ser agravado pelo excesso de umidade no momento da operação. Se o implemento for passado sempre na mesma profundidade, essa camada aos poucos ficará tão densa que acabará dificultando a infiltração de água no solo, prejudicando a penetração das raízes e reduzindo o desenvolvimento da planta, por deficiência de nutrição ou por falta ou excesso de água (SILVEIRA., 2001).

7. Prejuízos da compactação causa à produtividade das culturas

Estudos recentes indicam que alterações estruturais nas entrelinhas dos cafeeiros podem alterar a condutividade hidráulica do solo e, conseqüentemente, as taxas de infiltração de água durante chuvas ou irrigação (TIMM, 2005 apud GONTIJO et al 2008).

Em lavouras cafeeiras com a implantação em áreas aptas à mecanização e cultivo em larga escala, a utilização de máquinas agrícolas e a degradação da estrutura do solo têm sido observadas com maior freqüência. Carvalho Filho et al., 2004, disse que outro aspecto a ser considerado é que a área de trabalho para mecanização em lavouras cafeeiras é restrita a pequenas faixas nas entrelinhas de plantio, o que obriga as máquinas a transitarem sempre no mesmo local e próximo à saia do cafeeiro, local onde se concentram as suas raízes ativas.

Como afirma Dias Junior (2000), a compactação causada pelo tráfego de máquinas pode alterar a distribuição de poros por tamanho e, por conseguinte, alterar a retenção e a distribuição de água no solo.

Devido à constante alteração no sistema poroso do solo proporcionado pelo manejo de lavouras cafeeiras, a curva de retenção de água no solo pode ser um indicativo dos efeitos do manejo na distribuição de poros por tamanho, das propriedades hidráulicas, bem como do armazenamento de água no solo, já que essa curva é sensivelmente alterada pela estrutura do solo (HILLEL, 1970).

A busca por alternativas que proporcionem a sustentabilidade do ambiente agrícola, principalmente do ponto de vista da manutenção da estrutura do solo, tem sido constante devido à crescente ocorrência do processo de compactação. A maioria das ocorrências do processo de compactação do solo na agricultura moderna deve-se ao tráfego de implementos agrícolas, o qual é parte integrante do sistema de manejo das culturas. O aumento do tamanho dos implementos agrícolas e a alta freqüência

de tráfego são causas importantes da indução da compactação e deterioração da estrutura do solo. (Lipiec e Hatano, 2003 apud Gontijo., 2008).

8. CONCLUSÃO

A maioria das ocorrências do processo de compactação do solo na agricultura moderna se dá pelo tráfego de implementos agrícolas, o qual é parte integrante do sistema de manejo das culturas, por isso deve-se buscar alternativas que proporcionem a sustentabilidade do solo agrícola, principalmente em relação à estrutura do solo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. G.; CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R. **Máquinas para semear**. Grupo Cultivar, Iapar, n.02, p.01-02, abr. 2001. Disponível em: www.grupocultivar.com.br/artigos/artigo.asp?id=177

ARAÚJO JUNIOR, C.F.; DIAS JUNIOR, M. S.. **Manejo Integrado de doenças de cafeeiro**. Café Point, Lavras, Disponível em: www.cafepoint.com.br/?actA=9&erroN=1&areaID=34&referenciaURL=noticiaID=33270||actA=7||areaID=32||secaoID=82>. Acesso em: 19 mai. 2009.

BRANDÃO, V. S. et al. **Infiltração da água no solo**. Viçosa: UFV, 2006. p.01-120.

CARVALHO FILHO, A.; SILVA, R.P.; FERNANDES, A.L.T. **Compactação do solo em cafeicultura irrigada**. Uberaba, Universidade de Uberaba, 2004. 44p. (Boletim Técnico, 3)

GONTIJO, I. et al. Atributos físico-hídricos de um latossolo de cerrado em diferentes posições de amostragem na lavoura cafeeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras, n 06 p.2227-2234, 2008. Disponível em: www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n6/v32n6a02.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2009.

Grupo Falker. Disponível em: <http://www.falker.com.br/datasheet.php?Id=2>. Acesso em 22 abr. 2009

HILLEL, D. **Solo e água: Fenômenos e princípios físicos**. Traduzido pelo convênio UFRGS-USAID/ Wisconsin. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231p.

JACKSON, A.B; et al. Resistência ao cisalhamento de um argissolo vermelho-amarelo submetido ao tráfego de um trator agrícola. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, n 2-3 p 01-12,dez. 2004. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662004000200024

OLIVEIRA, G. C. et al. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n 02, p.291-299, 2003. Disponível em: www.scielo.br/pdf/pab/v38n2/v38n2a17.pdf

OLIVEIRA, C. G.. et al. Caracterização química e físico-hídrica de um latossolo vermelho após vinte anos de um manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n 02, p.01-09, abr. 2004. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000200011>. Acesso em: 14 abr. 2009.

SANTINI, A. L.. Perdas causadas pela compactação. **Revista Agrícola: falker Automação agrícola**, Santa Maria, p.01-06, abr. 2008. Disponível em: www.falker.com.br/sfile.php?id=43>. Acesso em: 21 maio 2009.

SILVA, A. R. et al. Modelagem da capacidade de suporte de carga e quantificação dos efeitos das operações mecanizadas em um Latossolo Amarelo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n 30:207-216. , p.01-22, abr. 2006.

SILVEIRA, G. M. **Preparo de solo: técnicas e implementos**. Viçosa: UFV, 2001.vol. 02 p.01-277.

STRECK, C. A. et al. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, n 03, p.755-760, 2006.