



RAFAELA TEODORO DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS SOB DIFERENTES USOS

INCONFIDENTES - MG

2009

RAFAELA TEODORO DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS SOB DIFERENTES USOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes como parte das exigências para obtenção do título de Tecnóloga em Meio Ambiente.

Orientador: Dr. Luiz Carlos Dias Rocha

Co-orientador: Dr. Ademir José Pereira

**INCONFIDENTES-MG
2009**

RAFAELA TEODORO DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS SOB DIFERENTES USOS

DATA DE APROVAÇÃO: _____ de _____ 2009

Orientador: Dr. Luiz Carlos Dias Rocha

Dr. Ademir José Pereira

Dra. Lucia Ferreira

“Não existe nada em toda a natureza que seja mais importante ou que mereça mais atenção que solo. O solo é que verdadeiramente torna o mundo um ambiente agradável para a Humanidade. É o solo que nutre e provê toda a natureza; toda a criação depende do solo que é o alicerce básico para a nossa existência.”

(Friedrich Albert Fallon, 1862)

Dedico

Para aqueles que acreditam em mim;
Quando eu não mais acreditava em mim mesmo;
Para aqueles que com seu sorriso removeram a sombra do meu rosto;
Para aqueles que trocaram se regatear;
Sua alegria sincera pelos meus pesares;
Para aqueles cujo amor e cujo riso me deram asas;
E um céu azul para voar;
Para aqueles por quem minha gratidão será sempre pequena;
Nesta vida ou na próxima;
Para meus amigos.

(Bradley Trevor Greive, 2005)

Ofereço

Aos meus pais, José Teodoro de Oliveira Neto e
Juscélia Aparecida de Oliveira

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer uma pessoa de que foi de grande importância no meu trabalho, era meio difícil de encontrá-lo ou podia até encontrá-lo mais para conseguir falar com ele era muito complicado, mas gostaria de dizer que ele foi essencial em meu trabalho. Porque ser mestre não é apenas lecionar, ensinar não é apenas transmitir o conteúdo programático. Ser mestre é ser orientador e amigo, guia e companheiro. É transmitir os segredos da caminhada. Ser mestre é ser exemplo de dedicação, de doação, de dignidade pessoal e amor. Meu agradecimento sincero ao mestre e amigo, professor Luiz Carlos o meu muito obrigado.

Aos meus pais pela educação, dignidade, generosidade, pelo caráter, que serviram de inspiração para escolher meu caminho e, pela paciência e compreensão que sempre tiveram comigo durante esses anos de estudo, possibilitando obter êxito neste trabalho.

A Marcella e o Miguel, meus sobrinhos, pelos momentos alegres, pelo carinho que me concederam quando passava meus finais de semana em casa, meu sincero obrigado.

A minhas irmãs Maria Isabel e Marieli, que me apoiaram quando precisava, meu sincero obrigado.

Agradeço de modo especial aos professores do Instituto Federal Sul Minas – Campus Inconfidentes, que proporcionaram aprendizagem teórica e prática em Gestão Ambiental.

Agradeço o professor Ademir José Pereira pela colaboração, paciência e compreensão, o meu sincero obrigado.

Agradeço a professora Lucia Ferreira por aceitar participar da minha banca, o meu muito obrigado.

Ao meu amigo Carlos Alexandre, que esteve sempre comigo em todas as horas, as difíceis, as alegres, que sempre me escutou mesmo estando cheio de coisas para fazer, ele não é simplesmente um amigo, ele é um irmão, me sinto privilegiada por ter ele por perto.

Ao meu amigo Thiago Augusto (Da Borda), pela ajuda nas análises e práticas do meu trabalho, pelo companheirismo, mesmo ele ficando bravo às vezes por eu dizer que o TCC dele era sem estrutura e de nunca tirar os óculos escuro, meu muito obrigado.

A Erika Matos e Itane que ajudaram também nas análises e nas práticas para a realização deste trabalho.

A Sara Bittecourt que brigava tanto comigo por causa do meu TCC, mas sempre esteve ao meu lado todas as horas me apoiando em tudo, até nas cervejinhas no final da tarde para relaxarmos.

A Gabrielle Mangará (Bia) que sempre dizia que eu tinha que conhecer todas as cores do arco-íris e sempre me motiva nas horas difíceis.

A minha turma do “Arrebenta” que me animavam aos fins de semana e até mesmo durante a semana com as jantas nas quartas-feiras, meu sincero obrigado.

A Flávia Ferroni anos de convívio, companheira de festas, mesmo quando não indo as festas me ajudava muito quando chegava a casa, brava às vezes, mas que me ajudava em todas as horas.

Aos meus amigos de sala de aula sentirei muita falta das nossas festas, do nosso companheirismo, aprendi muito com eles.

Ao Mauro Cavenaghi (Bar do Maurão) pelo café servido pelas manhãs, pela paciência que tinha quando estávamos nervosos e pela cervejinha gelada que nos servia depois de um dia de trabalho.

Agradeço especialmente a Deus, que me deu força para conduzir-me a mais um objetivo em minha vida.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
5.7 Resistência a Penetração.....	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Classes de solo em função da resistência a penetração (adaptada de USDA 1993).....	10
TABELA 2. Valores de fator K para diferentes tipos de solo.....	12
TABELA 3. Fator C para determinação da perda do solo conforme seu uso e manejo.....	13
TABELA 4. Fator P – para determinação de perda de solo conforme as práticas conservacionistas adotadas em seu manejo.....	14
TABELA 5. Valores de tolerância de perda de solo para cada grande grupo (T).....	24
TABELA 6. Classes de sensibilidade ambiental para a área estudada.....	24
TABELA 7. Granulometria do solo em NaOH, representado pelos teores de argila, silte e areia (%) e a classificação textural em função da escala da SBCS, de solos sob diferentes usos na Fazenda experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes,.....	25
TABELA 8. Granulometria do solo (dispersa em água), representado pelos teores de argila, silte e areia (%) em solos sob diferentes usos na Fazenda experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes.....	26
TABELA 9. Grau de floculação (%) da argila de solos da Fazenda Experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes, sob diferentes usos.....	27
TABELA 10. Densidade de solo (g cm ⁻³) de solos da Fazenda Experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes, sob diferentes usos.....	28
TABELA 11. Densidade de partículas (g cm ⁻³) de solos da Fazenda Experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes, sob diferentes usos.....	29
TABELA 12. Porosidade total do solo (%) de solos da Fazenda Experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes, sob diferentes usos.....	30

RESUMO

A Física do Solo é o estudo das características e propriedades do solo, no âmbito de distinguir seus atributos que podem ou não serem alterados pelo uso e manejo do mesmo. Estudos desta magnitude permitem a definição de estratégias para o manejo adequado por meio da conservação do solo e água, preparo, aeração e estruturação do solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar as características físicas dos solos em quatro áreas na Fazenda Experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes sob diferentes usos (mata nativa, pastagem, cafeicultura e fruticultura), utilizando-se as características físicas do solo como densidade do solo, densidade de partículas, porosidade, resistência a penetração, índice de flocculação, perda do solo, grau de fragilidade e equação da perda do solo. O solo foi coletado na camada de 0 a 10 cm para as análises densidade do solo, densidade de partículas, porosidade, índice de flocculação, perda do solo e grau de flocculação e para a resistência a penetração foi coletado na camada de 0 a 20cm. Os resultados mostraram que a textura do solo dispersa em NaOH não apresentaram diferenças estatísticas entre si, a textura dispersa em água apresentou uma forte agregação de partículas do solo sob a mata nativa, o grau de flocculação apresentou uma boa agregação de partículas na área da mata nativa, a densidade do solo apresentou valores baixos que não apresentam problemas com compactação, a densidade de partícula apresentou valores próximos e estatisticamente iguais a porosidade do solo não apresentou diferença entre si, a resistência a penetração não apresentou camadas compactadas na superfície do solo (0 a 10 cm), mas quando aprofundou nas camadas de 30 a 40 cm houve um pico de camada compactada nas áreas de cafeicultura e fruticultura, a equação da EUPS teve resultado significativo apesar de não utilizarmos o Sistema de Informação Geográfica,

Palavras-chave: característica do solo, propriedades do solo, física do solo, manejo adequado, conservação, preparo, controle.

1. INTRODUÇÃO

O equilíbrio ambiental pode ser entendido como sendo o resultado de fatores ligados ao solo, clima, fauna e ao homem. Assim, as práticas agropecuárias desenvolvidas pelo homem podem provocar alterações no ambiente, sendo o solo, o principal agente de transformação (MORAES et al., 2002).

O solo é o meio onde as plantas se desenvolvem e consiste na base do complexo ecossistema terrestre. Sendo assim, é de grande importância que as condições desse meio sejam adequadas para o desenvolvimento. O conhecimento das propriedades físicas do solo, em particular sua densidade, sua interação com o crescimento e desenvolvimento das plantas, representa o centro das atenções da física do solo (PEREIRA & REZENDE, 2001).

O uso adequado do solo é o primeiro passo no sentido da preservação dos recursos naturais e na busca de uma agricultura sustentável. Para isso, devem-se empregar em cada parcela deste substrato vital ações consoantes com a sua aptidão, capacidade de sustentação e produtividade econômica, de tal forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem para o seu melhor uso e benefício, ao mesmo tempo em que são preservados para gerações futuras (FLORES, 2008).

O uso de indicadores da qualidade do solo para avaliação da sustentabilidade ambiental é de grande importância. Esta qualidade pode ser definida como a capacidade do solo funcionar dentro dos limites do ecossistema; sustentar a produtividade biológica; manter a qualidade ambiental e promover a saúde vegetal e animal (DORAN et al., 1996). A avaliação dessa qualidade por meio de atributos do solo é bastante complexa devido à grande diversidade de usos, à multiplicidade de inter-relações entre fatores físicos, químicos e biológicos que controlam os processos e aos aspectos relacionados a sua variação no tempo e no espaço (MENDES et al., 2006).

Uma das principais conseqüências do manejo inadequado do solo é sua compactação que resulta na perda da sustentabilidade e redução da produtividade das culturas (OLIVEIRA et al., 2003), podendo ainda interferir no crescimento das plantas (BEUTLE et al., 2003) e ser

importante na ocorrência de alterações na profundidade do sistema radicular (BEUTLE et al., 2004). A adoção de sistemas de manejo conservacionistas e a sucessão de culturas com adubos verdes são práticas que visam preservar a qualidade do solo e do ambiente, sem prescindir da obtenção de elevadas produtividades das culturas de interesse econômico (CARVALHO et al., 2004).

O grande desafio dos estudos sobre sustentabilidade é com relação ao desenvolvimento de metodologias para avaliação da qualidade do solo e do ambiente sob a interferência do homem. O uso de atributos físicos do solo para o estudo de sua qualidade apresenta vantagens relacionadas ao baixo custo, metodologias simples e rápidas e relação direta com os demais atributos químicos e biológicos do solo (MENDES, 2006).

Desta forma, acredita que conhecer os impactos provocados pelos diferentes usos do solo pode representar uma importante ferramenta para o desenvolvimento de estratégias de manejo de solo consoantes com a nova realidade mundial, buscando a mitigação de impactos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar a caracterização física dos solos sob diferentes usos na Fazenda Experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes (FE-IFSMG).

2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar a textura de solos sob mata nativa, cafeicultura, fruticultura e pastagem;
- b) Determinar a densidade do solo e densidade de partículas de solos sob mata nativa, cafeicultura, fruticultura e pastagem;
- c) Determinar a resistência à penetração de solos sob mata nativa, cafeicultura, fruticultura e pastagem;
- d) Calcular a porosidade e o índice de floculação do solo solos sob mata nativa, cafeicultura, fruticultura e pastagem;
- e) Determinar a perda de solo sob diferentes usos na FE-IFSMG.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Caracterização física do solo

A física do solo consiste em uma parte da Ciência do Solo responsável pelo entendimento das propriedades físicas, bem como da medida, predição e controle dos processos físicos que ocorrem no solo. Estudam os mecanismos que governam o comportamento do solo e seu papel na biosfera, incluindo processos inter-relacionados como as trocas de energias terrestres e, procura também, estratégias para o manejo adequado do solo por meio da conservação do solo e água, preparo, aeração e controle da temperatura do solo. Podemos então definir como sendo o estudo das características e propriedades do solo, que as expressões “características” e “propriedades” são empregadas no sentido de se distinguir atributos do solo que podem ou não ser alterados com o uso e manejo do solo (FERREIRA et al., 2003, GREGO & VIEIRA, 2005).

O tipo e a natureza das variações físicas dos solos que ocorrem ao longo do seu perfil, na superfície da paisagem e ao longo do tempo definem a qualidade do mesmo. Um solo é considerado fisicamente ideal para o crescimento de plantas quando apresenta boa retenção de água, boa aeração, bom suprimento de calor e pouca resistência ao crescimento radicular. Paralelamente, boa estabilidade dos agregados e boa infiltração de água no solo são condições físicas importantes para qualidade ambiental dos ecossistemas (REINERT & REICHERT, 2006).

As propriedades físicas do solo (textura, densidade, porosidade, permeabilidade, fluxo de água) são responsáveis pelos mecanismos de atenuação física de poluentes, como filtração e lixiviação, possibilitando ainda condições para que os processos de atenuação química e biológica possam ocorrer (CETESB, 2001). Outras características como resistência a penetração e a perda de solo fornecem importantes subsídios para o entendimentos dos mecanismos reguladores do solo.

3.1.1 Textura do solo

A textura representa a distribuição quantitativa das classes e tamanhos de partículas que se compõe um solo, as partículas < 2 mm de ϕ são areia, silte e argilas e são as de maior importância. As propriedades físicas e químicas do solo dependem da proporção dessas partículas, são propriedades permanentes do solo que dependem das características do material originário e dos agentes naturais de formação do solo. A textura é um dos mais importantes fatores na determinação do uso do solo e as praticas de cultivo do solo devem estar associadas com a textura¹.

De acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) são definidas quatro classes de tamanho de partículas (SBCS, 2009):

Areia grossa: 2 a 0,2 mm ou 2000 a 200 μm

Areia fina: 0,2 a 0,05 mm ou 200 a 50 μm

Silte: 0,05 a 0,002 mm ou 50 a 2 μm

Argila: menor do que 0,002mm ou 2 μm

A textura do solo constitui-se numa das características físicas mais estáveis, e esta estabilidade faz com que a textura seja considerada elemento de grande importância na descrição, identificação e classificação do solo (FERREIRA et al., 2003).

A proporção de areia, silte ou argila na composição do solo pode influenciar diretamente na taxa de infiltração da água, armazenamento da água, aeração, mecanização do solo e na distribuição de determinados nutrientes (fertilidade do solo)¹.

A textura é considerada uma propriedade básica do solo porque ela não está sujeita a mudanças rápidas. Um solo rico em areia permanece arenoso e outro rico em argila irá permanecer argiloso por longo período (FERREIRA et al., 2003).

A mudança textural somente ocorrerá se houver mudança da composição do solo devido à erosão seletiva ou processos de intemperismo, que ocorrem em escalas seculares ou milenares. Portanto, o uso e o manejo do solo afetam muito pouco a textura de um solo, implicando no fato que em nível de propriedade rural, em área com classe textural similar, as

¹ FERREIRA, L. Anotações de aula. Disciplina de conservação da água e do solo. Curso de Gestão Ambiental do IFSMG– Campus Inconfidentes, 2007.

variações da qualidade física estão associadas à variação de outras propriedades físicas (REINERT & REICHERT, 2006).

Segundo MEDINA (1975), o êxito da análise textural está na dependência de se conseguirem suspensões de solo onde suas partículas se apresentem realmente individualizadas e assim se mantenham até sua separação e quantificação.

3.1.2 Estrutura

A estrutura do solo é a parte da física do solo que caracteriza a forma como as partículas de areia, silte ou argila se organizam juntamente com a matéria orgânica.

Como substrato básico de vida na terra, o solo presta-se não somente como um meio para o crescimento das plantas e para a atividade microbiana, mas também como fator de dreno e reciclagem para numerosos grupos de resíduos que podem acumular-se e poluir nosso ambiente. O solo e a água são elementos fundamentais em nossas vidas, a necessidade de se manejar esses recursos eficientemente, numa base sustentável, é uma responsabilidade de todos (FERREIRA et al., 2003). A presença da água no solo e a sua quantidade dependem da forma como as partículas do solo se encontram.

O solo é um fator preponderante na manutenção da produção agrícola, pois é nele que encontramos os nutrientes necessários ao desenvolvimento da planta e uma estrutura responsável pelo armazenamento de água, suporte para raiz e a atividade microbiana, é uma das mais importantes características físicas do solo (OLIVEIRA et al., 2007).

Segundo SÁ et al. (2000) a estabilidade de agregados é um indicador dos processos envolvidos na degradação do solo, pois influencia a infiltração, a retenção de água, a aeração e a resistência à penetração de raízes e a erosão hídrica e eólica. Portanto, estabilidade dos agregados é importante indicador da qualidade do solo. Quanto mais estável o solo, maior será sua capacidade de resistência aos processos erosivos que ocorrem nas áreas de cultivos intensivos, principalmente. A estrutura é também importante para mensurar o impacto do manejo adotado, dos fatores climáticos, dos ciclos de umedecimento e secagem, da atividade biológica e da atividade humana (práticas de manejo) sobre o solo.

A estrutura do solo está relacionada indiretamente com todos os fatores, como o suprimento de água, a aeração, a disponibilidade de nutrientes, a atividade microbiana e a penetração de raízes, dentre outros, que são afetados pela estrutura dos solos (FERREIRA et al., 2003).

Os solos que são fortemente estruturados apresentam poros adequados para a entrada de ar e água no solo, que a água se movimenta através do solo sendo disponível para as culturas, facilitando a exploração do substrato pelas raízes das plantas em busca de ar, umidade e nutrientes (REINERT & REICHERT, 2006).

3.1.3 Densidade do solo e de partículas

A densidade é utilizada como um indicador da qualidade de solo analisando a relação entre massa e volume do perfil do solo (MENDES et al., 2006). Apresenta uma estreita relação com a compactação e relaciona-se com as alterações da estrutura e porosidade do solo.

A determinação da densidade do solo dos horizontes de um perfil permite avaliar propriedades do solo como a sua drenagem, sua condutividade hidráulica, sua permeabilidade ao ar e a água, sua capacidade de saturação de água, etc. Através dela teremos informações sobre o manejo atual do solo, e a possibilidade de uso para algumas culturas como as produtoras de raízes e tubérculos (SENGIK, 2005).

A densidade de partículas é uma propriedade física bastante estável porque depende exclusivamente da composição da fração sólida do solo (FERREIRA et al., 2003).

A densidade das partículas é definida pela relação entre o peso das partículas sólidas (minerais e orgânicas), e o volume das partículas do solo, sem considerar a porosidade. É quase uma constante, sendo dependente da natureza mineralógica de suas partículas. Assim, a densidade das partículas do solo está em torno de 2,60 a 2,75 kg dm⁻³. O conhecimento da densidade das partículas do solo é importante para os cálculos da velocidade de sedimentação das partículas, porosidade e teor de umidade do solo (KLAR, 1991).

3.1.4 Porosidade

Dentro do solo existem pequenos espaços vazios chamados de poros do solo, onde fica guardado o ar e a água que as raízes das plantas e outros organismos necessitam para sua hidratação e respiração (JARBAS et al., 2002).

A porosidade do solo corresponde ao volume do solo não ocupado por partículas sólidas, incluindo todo o espaço poroso ocupado pelo ar e água. A porosidade total inclui a macroporosidade e a microporosidade (CURI et al., 1993).

Entre as partículas maiores, como de areia ou entre agregados, predominam poros de maior diâmetro (macroporos); entre partículas pequenas, como a de argila, predominam poros de menor diâmetro (microporos) (VIEIRA, 1988). Os macroporos são responsáveis pela aeração, movimentação de água e penetração de raízes, e os microporos são responsáveis pela retenção de água pelo solo (LIMA, 1996).

Segundo LEPSCH (1976) e JARBAS et al. (2002) em um solo encharcado, todos os poros estarão preenchidos com água e se um solo estiver seco ela estará praticamente ausente. Naturalmente, a água chega ao solo pelas chuvas e seu espaço poroso é preenchido por esta.

As características do espaço poroso de um solo estão intimamente ligadas com os processos físico-mecânicos e biológicos que ocorrem no solo, sendo dependente da textura, estrutura, compactação e teor de matéria orgânica. Os valores de porosidade do solo variam de 0,3 a 0,6 m³.m⁻³. Solos de textura grosseira são menos porosos quando comparados aos solos de textura fina (KLAR, 1991).

3.1.5 Resistência a penetração

A compactação dos solos ocorre pela alteração da estrutura por diversos usos, incluindo o emprego de máquinas e implementos agrícolas ou pisoteio de animais culmina, com sérias conseqüências na porosidade, densidade do solo, retenção de água e nutrientes e na dificuldade de penetração de raízes das plantas. As camadas de impedimento ao crescimento radicular podem ser avaliadas em função da densidade global, porosidade e resistência à penetração do solo (MANTOVANI, 1987). Uma maneira prática de se identificar a profundidade em que se encontram as camadas, naturalmente adensadas ou compactadas devido ao manejo inadequado do solo é por meio do uso do penetrômetro de impacto, aparelho que mede a resistência dinâmica do solo à penetração.

A resistência do solo à penetração das raízes é uma das propriedades físicas que influencia diretamente o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas. Alguns autores utilizaram a resistência do solo à penetração para a avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (BENGHOUGH & MULLINS, 1990; TORMENA & ROLOFF, 1996).

DANIEL et al. (1994) estudando as mudanças nas características da resistência do solo sob diferentes manejos, concluíram que ferramentas que provocam um grau maior de mobilidade do solo, como arado de disco, grade aradora e a enxada rotativa, proporcionaram

valores mais elevados de resistência do solo à penetração, indicando a presença de camadas compactadas; constataram ainda, que a compactação ou a dureza do solo está intimamente ligada à umidade e que uma possível compactação pode ser mascarada pela elevação da umidade do solo, no momento da amostragem.

O aumento da densidade do solo pode diminuir o desenvolvimento radicular das plantas devido ao impedimento físico.

O valor de resistência à penetração de 2,0 MPa tem sido o mais indicado na literatura como impeditivo ao desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas (TAYLOR et al., 1966; TORMENA et al., 1998; TORMENA et al., 1999). No entanto há indicações de culturas que se desenvolvem normalmente até valores superiores a 3,0 MPa (BEUTHER & CENTURION, 2003), assim como há plantas que já sofrem limitações em valores de 1,4 MPa (FOLONI et al., 2003).

A resistência à penetração do solo é diretamente afetada pela umidade do solo, sendo que para maiores umidades têm-se menores resistências e a recomendação é que esta avaliação mecânica seja realizada na umidade correspondente à capacidade de campo.

A resistência a penetração é um parâmetro que pode ser enquadrado em categorias, conforme proposto pelo USDA (1993) (Tabela 1).

TABELA 1. Classes de solo em função da resistência a penetração (adaptada de USDA 1993).

Classes	Resistência (Mpa)
Pequena	< 0,1
Extremamente pequena	<0,01
Muito baixa	0,01-0,1
Intermediária	0,1-2
Alta	2-4
Muito alta	4-8
Extremamente alta	≥8

Esta classificação permite a comparação de diferentes tipos de solo e sob os diferentes tipos de manejo adotados, facilitando o entendimento sobre este parâmetro físico.

3.1.6 Perda do solo

O solo é o recurso natural mais intensamente utilizado, podendo, por isso, ter sua capacidade produtiva comprometida pela erosão. Para MORETI et al. (2003) o conhecimento das relações entre os fatores que causam as perdas de solo e os que permitem reduzi-las é de fundamental importância.

CASTRO & VALÉRIO FILHO (1997) destacaram que as atividades de exploração intensiva de recursos naturais são vistas como elementos de alto potencial de impacto ambiental e econômico. As formas de contornar tal tendência centram-se, de imediato, na adequação dos planos de manejo às condições previamente observadas no ambiente, em particular quanto ao grau de fragilidade ou suscetibilidade a determinadas classes de distúrbios.

E podemos também ressaltar que os fenômenos erosivos são causados pela ocupação de forma desordenada do solo, tendo como conseqüências redução da fertilidade, assoreamento de cursos de água, enchentes, voçorocas, entre outros. As preocupações atuais com o meio ambiente têm ressaltado a necessidade de desenvolver as atividades agrícolas preservando e até melhorando os solos para que no futuro nossos filhos e netos também possam usufruir desse recurso natural (VIEIRA, 2008).

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) relataram que vários autores vêm trabalhando com o objetivo de se avaliar a erosão dos solos utilizando fatores da Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS), desenvolvida nos Estados Unidos e adaptada para as

condições brasileiras. Para se calcular a perda de solos com base na EUPS, deve-se considerar fatores de erosividade da chuva, erodibilidade do solo, comprimento de rampa, declividade, uso do solo, manejo e práticas conservacionistas complementares.

3.1.6.1 Equação universal de perdas de solo (EUPS)

O modelo matemático, proposta por WISCHMEIER & SMITH (1965, 1978), modificada por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985) para o cálculo de perdas de solo por erosão, foi extensamente testado e comprovado com base em mais de dez milhões de medições em diferentes condições ambientais. O cálculo é obtido aplicando-se a equação:

$A=R*K*LS*C*P$, em que:

A= Perda de Solo ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$);

R= Erosividade (poder erosivo das chuvas) (MJ. mm/mj.ano);

K= Erodibilidade do solo (suscetibilidade dos solos à erosão) (t.h/mj.mm);

LS= Fator Topográfico – comprimento de rampa e declividade (adimensional);

C= Fator Uso/Cobertura vegetal manejo (adimensional);

P= Fator Práticas Conservacionista (adimensional);

Erosividade do solo

Para o cálculo da erosividade do solo (R) empregou-se a fórmula adaptada por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985):

El mensal= $89,823(r^2 / P)^{0,759}$ em que:

El= Média mensal do índice de erosão (MJ. mm/ha⁻¹.h⁻¹);

R= Precipitação média mensal (mm);

P= Precipitação média anual (mm).

$R=\sum El$ (período estudado).

Fator K- Erodibilidade solo

Alguns solos são facilmente erodidos que outros, mesmo quando o declive, a precipitação, a cobertura vegetal e as práticas de controle de erosão são as mesmas. Essas diferenças, devida as propriedades inerentes do solo, é referida como erodibilidade do solo BERTONI & LOMBARDI NETO (1990).

Neste trabalho foi utilizada a tabela de BAPTISTA (1997) e WISCHMEIER & SMITH (1978) (Tabela 2).

TABELA 2. Valores de fator K para diferentes tipos de solo.

Tipo de solo	Fator K (t.ha.h/ha.MJ.mm)
Argissolo	0,027 (BAPTISTA, 1997)
Nitossolo	0,027 (BAPTISTA, 1997)
Latossolo Vermelho-Escuro (LEa)	0,013 (BAPTISTA, 1997)
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVa)	0,020 (BAPTISTA, 1997)
Latossolo Roxo (LR)	0,010 (WISCHMEIER & SMITH, 1978)
Neossolo Eutrófico (Re)	0,035 (WISCHMEIER & SMITH, 1978)
Neossolo Distrófico (Rd)	0,035 (WISCHMEIER & SMITH, 1978)

Fator LS - Comprimento e grau de declividade das rampas

Para facilitar a aplicação da EUPS, a maioria dos autores que trabalham com esse método, recomenda a utilização dos fatores L e S combinados, pois comprimento de rampa e declividade estão diretamente relacionados à topografia. Dessa forma, para integralização dos fatores L e S utilizou-se o método de BERTONI (1985), representado pela equação:

$$LS = 0,00984 C^{0,63} D^{1,18} \text{ em que:}$$

LS= Fator topográfico

C= Comprimento de rampas (em metros)

D= Grau de declive (em porcentagem)

Fator C- uso e ocupação do solo

O fator uso e manejo do solo, segundo WISCHMEIER & SMITH (1971) diz respeito à relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado. Fator

que está diretamente relacionado às seguintes variáveis: variação da cobertura vegetal, seqüência de culturas, práticas de manejo e estágio de crescimento e desenvolvimento da cobertura vegetal durante o período das chuvas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). O fator C mede, portanto, o efeito combinado das relações dessas variáveis de cobertura e manejo.

No presente estudo foram adotados os valores de fator C conforme descrito na Tabela 3.

TABELA 3. Fator C para determinação da perda do solo conforme seu uso e manejo.

Cultura	Fator C
Solo descoberto	1,0
Culturas (média)	0,28
Pastos (média)	0,07
Floresta	0,001

Fonte: BERTONI & LOMBARDI NETO (1990)

Fator P - práticas conservacionista

O fator práticas conservacionista da EUPS refere-se à relação entre a intensidade esperada de perdas de solo com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive, morro abaixo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

O Fator P empregado neste (Tabela 4) foi descrito por RIGHETTO (1998).

TABELA 4. Fator P – para determinação de perda de solo conforme as práticas conservacionistas adotadas em seu manejo.

Tipo de Manejo	Inclinação do Terreno (%)			
	2 a 7	8 a 12	13 a 18	19 a 24
Plantios morro abaixo	1,00	1,00	1,00	1,00
Faixas niveladas	0,50	0,60	0,80	0,90
Cordões de vegetação permanente	0,25	0,30	0,40	0,45
Terraceamento	0,10	0,12	0,16	0,18

Fonte: RIGHETTO (1998)

3.2 Degradação do solo

A atividade humana sem o conhecimento dos recursos naturais – solo, água e biodiversidade, a falta de planejamento em diferentes escalas, o uso de sistemas não adequados de manejo, a exploração do solo acima de sua capacidade - dão origem a uma seqüência de ações que influem sobre as propriedades e a natureza do solo, o tornando mais susceptível às forças naturais de degradação (FLORES, 2008).

Algumas práticas de manejo do solo e das culturas provocam alterações nas propriedades físicas do solo, as quais podem ser permanentes ou temporárias. Assim, o interesse em avaliar a qualidade física do solo tem sido incrementado por considerá-lo como um componente fundamental na manutenção ou sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola (LIMA, 2004).

Os impactos do uso e manejo na qualidade física do solo têm sido quantificados, utilizando-se diferentes propriedades físicas relacionadas com a forma e com a estabilidade estrutural do solo. As modificações nestas propriedades ocasionadas pelo manejo inadequado resultam em decréscimo de produção aumento da suscetibilidade do solo a erosão e aumento da potência necessária para o preparo do solo (RICHART et al., 2005).

Segundo SMUCKER & ERICKSON (1989) a compactação do solo pode ter efeitos benéficos ou adversos. Os efeitos benéficos têm sido atribuídos à melhoria do contato solo-semente e ao aumento da disponibilidade de água em anos secos (CAMARGO, 1983; RAGHAVAN & MICKYES, 1983). Por outro lado, a compactação excessiva pode limitar a adsorção ou absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento do sistema radicular, resultando em decréscimo da produção, aumento da

erosão e da potência necessária para o preparo do solo (SOANE, 1990; BICKI & SIEMENS, 1991).

Os fatores que causam a degradação do solo agem de forma conjunta e a importância relativa de cada um varia com as circunstâncias de clima, do próprio solo e de culturas. Entre os principais fatores, destacam-se: a compactação, a ausência da cobertura vegetal do solo, a ação das chuvas de alta intensidade, o uso de áreas inaptas para culturas anuais, o preparo do solo com excessivas gradagens superficiais e o uso de práticas conservacionistas isoladas. Com a degradação da estrutura do solo, ocorre redução da porosidade total e macroporosidade, aumento da macroporosidade com restrição de aeração, aumento da densidade do solo e redução da habilidade do solo em resistir à degradação e à redução da estabilidade de agregados (EMBRAPA, 2006).

REINERT & REICHERT (2006) constataram que as perdas das condições adequadas e originais estão relacionadas ao processo de degradação estrutural e podem ser causadas principalmente por preparo intensivo e queima dos resíduos, tráfego intenso de máquinas com umidade inadequada, impacto da gota de chuva e inaptidão agrícola.

A compactação do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas tem sido uma preocupação desde o início da mecanização na agricultura brasileira, pois é um dos fatores que mais influencia a sustentabilidade dos solos agrícolas, em virtude das modificações ocasionadas em algumas propriedades físicas do solo (RICHART et al., 2005).

3.2.1 A degradação em diferentes usos do solo: pastagem, mata nativa, fruticultura e café

Os diferentes sistemas de manejo do solo têm a finalidade de criar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas. O desrespeito às condições mais favoráveis (consistência friável) para o preparo do solo e o uso de máquinas cada vez maiores e pesadas para essas operações podem, no entanto, levar a modificações da sua estrutura, causando-lhe maior ou menor compactação, que poderá interferir na densidade do solo, na porosidade, textura, resistência a penetração, infiltração de água e no desenvolvimento radicular das culturas, e, conseqüentemente, reduzir sua produtividade (DE MARIA et al., 1999).

a) Pastagem

As pastagens são consideradas boas coberturas do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990), entretanto, em consequência de práticas incorretas de manejo como: pouca ou nenhuma adubação e pastoreio excessivo; ocorre aumento da densidade do solo, redução da macroporosidade e queda na disponibilidade de forragem, devido a perda da capacidade de regeneração natural da pastagem e escassez de cobertura do solo, culminando na compactação do solo pelo pisoteio dos animais.

Na literatura os atributos físicos do solo são relacionados favoravelmente ao crescimento do sistema radicular e são necessários para a obtenção e manutenção de elevadas produtividades. Com isso, os solos devem possuir suficiente espaço poroso para o movimento de água e gases e resistência favorável à penetração das raízes, pois a compactação causada pelo pisoteio dos animais concorre para a diminuição da produtividade e longevidade das pastagens (IMHOFF et al., 1999).

Segundo SATTLER (2006) a extensão e natureza das modificações nos atributos do solo ocasionadas pelo pisoteio dependem da intensidade dos mesmos, da umidade e tipo de solo. Assim o efeito da compactação é de efeito direto da desestruturação e desagregação do solo, modificando os fatores de estabilização dos agregados.

A degradação das pastagens faz com que haja perda de vigor, de produtividade e da capacidade de recuperação natural, resultando no processo de aumento de densidade na camada superficial e conseqüente redução da porosidade do solo (CAMARGO & ALLEONI, 1997).

b) Mata nativa

A floresta consiste em um importante recurso natural de caráter renovável uma vez que conserva a água, fornece proteção ao solo, regula o volume das nascentes, fornece áreas de recreação e é ambiente adequado à fauna (BERTONI et al., 1999).

A introdução de sistemas agrícolas, substituindo às florestas, vem causando um desequilíbrio no ecossistema em que a retirada da cobertura vegetal original e a implantação de culturas, aliadas às práticas de manejo inadequadas, promovem o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, desta forma modifica-se as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, limitando sua utilização agrícola. Estas alterações ocorrem quando os ecossistemas naturais vão sendo substituídos por atividades voltadas para fins industriais e/ou para

produção de alimentos (GODEFROY & JACQUIN, 1975; CENTURION; CARDOSO; NATALE, 2001).

As plantações florestais, além de melhorar a paisagem como um todo promove a redução de erosão do solo, ajudando na potencialização da infiltração da água da chuva no solo, para que esta possa abastecer os lençóis subterrâneos, além de reduzir a pressão do setor madeireiro sobre as espécies nativas (OLERIANO et al., 2007).

De modo geral, o solo mantido em estado natural, sob vegetação nativa, apresenta características físicas adequadas ao desenvolvimento normal das plantas (ANDREOLA et al., 2000). Nessas condições, o volume de solo explorado pelas raízes é relativamente grande. À medida que o solo vai sendo submetido ao uso agrícola, as propriedades físicas sofrem alterações, geralmente desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal (SPERA et al., 2004).

c) Café

A cultura do cafeeiro no Brasil destaca-se por se tratar de um produto importante na balança comercial brasileira. Atualmente, o Estado de Minas Gerais é o maior produtor do Brasil, com cerca de 50 % da produção total, sendo grande parte da área cultivada originalmente ocupada por vegetação de cerrado (BRASIL, 2007). Essa região é lugar de destaque pelas excelentes condições de topografia e clima favoráveis à cafeicultura (TEODORO et al., 2003).

O desenvolvimento das plantações de café demandou o corte e a limpeza de extensas áreas de florestas. A erosão do solo tem sido causada pela ausência de práticas de conservação de solos, como plantio em terraços ou curva de nível. O uso excessivo de fertilizantes minerais, particularmente uréia, também tem contribuído para a degradação dos solos e, em algumas áreas, há poluição devido à falta de controle no uso e manejo de defensivos agrícolas. Para muitos produtores familiares - que se esforçam para sobreviver - a proteção ambiental não é prioridade.²

O desenvolvimento da cafeicultura está relacionado com o uso de máquinas agrícolas que podem causar compactação do solo (LARSON et al., 1989; DIAS JUNIOR, 2000), alterando o meio onde o sistema radicular se desenvolve (GYSI, 2001). Portanto, o tráfego em condições inadequadas de umidade em áreas cultivadas com cafeeiros tem-se tornado preocupante em decorrência da compactação causada pelas máquinas ao longo dos anos, que pode levar à redução da produtividade. Assim, estudos que visem à identificação,

² http://www.cncafe.com.br/artigos_1er.asp?id=3112&t=5&counter=3

quantificação e minimização dos efeitos causados pelo manejo da cultura sobre o solo são importantes para adaptar, de forma condizente, o manejo, tendo em vista o desenvolvimento de uma cafeicultura sustentável (MIRANDA et al., 2003).

d) Fruticultura

Há grandes variedades de espécies frutíferas em nosso país, sendo que muitas delas não são exploradas adequadamente, cujos estudos para transformá-las em culturas racionais, na sua maioria, ainda não foram iniciados (MAURAYAMA, 1973).

Um fator importante a se destacar na fruticultura é a experiência de que, nos próximos 15 anos, seja duplicado o consumo de frutas frescas, e sucos sofram um aumento de 25%, abrindo, dessa forma, novas oportunidades à fruticultura brasileira e mineira (SILVA, 1996).

Em termos mundiais, a fruticultura é uma das atividades mais importantes, movimentando influentes mercados e gerando grandes montantes em divisas, além de proporcionar o desenvolvimento de muitos países que priorizaram a produção frutífera (VALE, 1999).

A fruticultura permite que sua exploração seja em situações adversas de clima e solo, desde as regiões de clima temperado até as regiões de clima tropical e nos tipos mais diversos de solo e relevo. As áreas de relevo ondulado, predominante nessa região, são utilizadas, principalmente, com pastagem devido à dificuldade de mecanização e por propiciar uma boa conservação dos solos. Com a fruticultura tem se apresentado como uma alternativa ao uso desses solos com topografia mais acentuada buscou-se determinar o grau de conservação desses solos e a forma de implantação e manejo das culturas (VALE, 1999).

De maneira geral, podemos dizer que as plantas cítricas são pouco exigentes em relação aos solos. Adaptando-se às condições quase extremas em relação às propriedades físicas e químicas dos mesmos. Desenvolvem-se regularmente nos solos arenosos como sílico-argilosos, argilo-silicosos e até mesmo nos fracamente argiloso. Entretanto, não é aconselhável o aproveitamento de terrenos que apresentem condições gerais e desfavoráveis, devem-se evitar os terrenos demasiadamente pobres (campos e cerrados) (SILVA, 1996)

O caqui cresce bem nos mais variados tipos de solos, desde que sejam dotados de boa capacidade de retenção de umidade. As condições mais propícias ao seu desenvolvimento são encontradas nos solos argilosos ou argilo-silicosos, profundos, bem drenados e bem supridos de matéria orgânica humificada.

Um grave problema encontrado em pomares refere-se à compactação do solo, que se dá devido ao tráfego excessivo, representado pelo elevado número de operações como adubações, pulverizações e controle de plantas daninhas, facilitando a compactação pela passagem das carretas e caminhões (TERSI & ROSA, 1995). Na área estudada não trafego há excessivo de carretas e caminhões, mas podemos ressaltar que ha o uso de adubações, pulverizações e controle de plantas daninhas, com isso temos uma alteração nas características físicas do solo.

MACHADO et al. (1981) verificaram que em um Latossolo Vermelho - Escuro, as operações de preparo do solo no sistema convencional não provocaram alterações nas suas características físicas nos primeiros quatro anos. A partir do oitavo ano, foi alterada a densidade do solo, a porosidade total, a macroporosidade e a microporosidade; entretanto, as alterações foram mais evidentes no décimo quarto ano. Isso afirma que as características físicas do solo da fruticultura estão alteradas, pois há mais de 20 anos no mesmo local. .

3.3 Manejo adequado do solo

Segundo SENTÍS (1993) na maioria dos países da America Latina, os problemas de uso, manejo e conservação das terras não foram no passado e não são atualmente considerados com a importância e prioridade devidas. Esse fato deveu-se, em parte, à disponibilidade de terras e de população para a implantação da agricultura e pecuária, o que permitiu àquele conjunto de países, no passado, satisfazer o consumo próprio e atender às demandas de exportação por um longo período, incorporando cada vez mais novos espaços, à medida que os anteriores denotavam sinais de degradação.

O solo é um dos recursos naturais mais disponíveis na superfície terrestre, sendo essencial para grande parte das atividades humanas, dentre as principais, a produção de alimentos (GALLARDO, 1988). Com a finalidade de usufruir de condições ambientais propícias ao uso agrário, o homem tem buscado meios consonantes com seu nível tecnológico, para transformar cada vez mais as terras em espaços produtivos, o que nem sempre o tem levado a considerar seu potencial e suas limitações (GUERRA et al., 2005).

Nos trópicos, constantemente, novas terras são incorporadas como áreas de cultivo, sob o denominado “sistema de mecanização moderna”. Ainda que as técnicas sejam consideradas modernas, os resultados, de um modo geral, se traduzem por uma desastrosa erosão que afeta as terras (LAL, 1990).

Para se fazer o uso adequado do solo deve-se conhecer algumas práticas conservacionistas para o cultivo do solo sem que haja a depuração, quebrando assim um aparente conflito ecológico que existe entre a agricultura do homem e o equilíbrio do meio ambiente. As práticas conservacionista evitam, entre outras vantagens, o impacto da chuva ou escoamento das enxurradas, porque quando evitado esses fatores a água das chuvas mais fortes infiltra-se no solo, enriquecendo os mananciais subterrâneos com isso não haverá escoamento súbito, os rios não sobrecarregarão fazendo com não haja inundações dos campos de cultivo e das cidades. Existem muitos meios de se conservar o solo, que podem ser classificados em três grupos, práticas de caráter edáfico, mecânico e vegetativo (LEPSCH, 2002).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área

O trabalho foi realizado no município de Inconfidentes (Minas Gerais), na Fazenda Experimental do Instituto Federal Sul de Minas (FE-IFSMG), situada na latitude 22° 19' 1,2'' S, longitude 46° 19' 40,8'' W, altitude média de 855m.

Foram realizadas oito amostras em cada área de estudo, as amostras foram coletadas no período de 13 a 17 de outubro de 2008. As áreas em estudos foram em solos com pastagem (*Brachiaria* sp.), fruticultura (Citros e Caqui), mata nativa e cafeicultura.

A área sob cultivo de pastagem foi implantada há vinte anos para a destinação da alimentação de gado de corte com a cultura *Brachiaria* sp.. A área apresenta uma declividade média de 20% e o solo foi classificado como Argissolo Vermelho eutrófico (PRADO, 2005).

A área da fruticultura 30% é composta pelas culturas de citros e caqui, dentre outras, implantada desde 1991, pouca utilização de defensivos agrícolas, adubação com matéria orgânica e esterco. Apresenta uma declividade média de 30% e solo classificado como Argissolo Vermelho amarelo.

A área da mata nativa está situada próximo à suinocultura da FE-IFSMG. O local, há 30 anos, foi utilizado para o cultivo de pastagem, a mata sobre a área em estudo caracteriza-se como secundária semi-decídua. A área apresenta declividade média de 30%, com solo classificado como Argissolo Vermelho distrófico (PRADO, 2005).

A área de café foi implantada há quarenta anos e é constituída pela variedade 'Icatu Amarelo', com espaçamento de 2,5m x 2m. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico (PRADO, 2005) e apresenta declividade média de 20%.

As amostras foram coletadas numa área de 1.000 m² nos diferentes usos, numa profundidade de 0-20 cm, aleatoriamente, o solo em estudo foram Argissolo Vermelho eutrófico e Argissolo Vermelho Argissolo distrófico.

Os parâmetros analisados foram: grau de floculação, textura, densidade do solo, porosidade total, resistência do solo a penetração, densidade de partículas, perda de solo (a) e índice de fragilidade (IF).

4.2 Determinação da textura do solo

A textura do solo das áreas estudadas foram determinadas pelo método do densímetro em dispersão de água e em NaOH. As análises seguiram o seguinte procedimento, conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997):

Argila Dispersa em NaOH (T):

- Foram pesados 25 gramas de solo já peneirado (2 mm);
- Adicionou-se 12,5 de NaOH (informar a normalidade) e 40 mL de água destilada e deixou em repouso por 15min;
- Adicionou água destilada suficiente para atingir 2/3 do copo metálico do agitador Hamilton Beach;
- Agitou durante 10 minutos no agitador;
- Aguardou 4 minutos e determinou-se a temperatura e quantidade de argila e silte;
- Após 2 horas mediu a quantidade de argila e a temperatura novamente.

As análises em dispersão em água (ADA) seguiram procedimento semelhante, porém sem a adição de NaOH.

O Grau de Floculação foi determinado em função dos teores de argila encontrados nos ensaios com e sem a presença de NaOH. De acordo com a fórmula:

$$GF = [(T-ADA)/T].100.$$

4.3 Determinação da densidade do solo

A Densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (Uhland). A análise foi feita a partir da coleta de uma amostra de solo indeformada em um anel volumétrico de volume conhecido. Após a coleta, a amostra foi levada à estufa de secagem regulada a temperatura de 105° C por um período de 24 horas. Em seguida foi determinada a massa para o cálculo da densidade usando a expressão:

$$D_s = M_s/V.$$

4.4 Determinação da densidade de partícula

A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico, conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997): seguindo o seguinte procedimento:

- Foram pesados 20 gramas de solo seco em estufa;
- Utilizou-se 50 mL de álcool (em bureta ou em proveta de 50 mL);
- O solo foi colocado no balão volumétrico e adicionou mais ou menos 15 mL de álcool;
- Agitou por 1 minuto, para que facilitasse a penetração do álcool nos capilares do solo;
- O material ficou em repouso por 15 minutos e foi completado até o volume do balão volumétrico com o álcool;
- Procedeu-se a leitura do álcool na bureta;
- Fórmula:
 $D_p = M_s / V_s$

4.5 Cálculo da porosidade total

Porosidade total foi calculada usando-se os volumes da densidade do solo (D_s) e densidade de partícula (D_p), pela equação proposta por VOMOCIL (1965):

$$VTP(\%) = (1 - D_s/D_p) \times 100$$

4.6 Determinação da resistência a penetração

A resistência a penetração (RP) foi determinada por meio de um penetrômetro de impacto, onde se considerou a profundidade após o 1º impacto. O número de impactos, variou entre 1 e 4 por leitura e determinou-se a profundidade (cm). Posteriormente, os valores foram convertidos kgf cm^{-2} e depois MPa, a partir das seguintes equações:

$$- \text{Kgf/cm}^2 = 5,6 + 6,89 \times N \quad (1)$$

$$\text{onde } N = \frac{\text{número de impactos}}{\text{prof (cm)} \times 10}$$

$$- \text{Mpa} = 0,0980665 \times \text{Kgf/cm}^2 \quad (2)$$

A classificação final seguiu a tabela da USDA (1993), conforme descrito na Tabela 1.

4.7 Cálculo da perda total de solo

O método utilizado para o cálculo das perdas de solo devido à erosão laminar apoiou-se na Equação Universal de Perda de Solo – EUPS. Os parâmetros da EUPS utilizados foram: $A=R*K*LS*C*P$, conforme descrito no subitem 3.1.6.1.

4.7.1 Cálculo do Índice de Fragilidade

O Índice de Fragilidade foi obtido a partir de :

$$IF = A/T$$

Onde:

IF= Índice de Fragilidade;

A= Perda de solo;

T= Tolerância á perda de solo.

TABELA 5. Valores de tolerância de perda de solo para cada grande grupo (T).

Grande Grupo de Tolerância de perdas de solo	(t/ha ⁻¹ ano ⁻¹)
Latossolo Vermelho-Escuro	22,90
Latossolo Vermelho-Amarelo	13,38
Cambissolo	10,85
Hidromórficos indiscriminados	16,96

Fonte: BERTONI & LOMBARDI NETO (1990)

TABELA 6. Classes de sensibilidade ambiental para a área estudada.

Classes de Sensibilidade	Índice de Fragilidade do solo
Muito Estável	IF<1 a tolerância de perda de solo
Estável	IF= 1 a 2 tolerância de perda de solo
Moderadamente Estável	IF= 2 a 5 tolerância de perda de solo
Frágil	5 a 10 tolerâncias de perda de solo
Muito Frágil	IF > 10 tolerância de perda de solo

Fonte: BERTONI & LOMBARDI NETO (1990)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Granulometria do solo em NaOH

Os resultados da porcentagem de argila, silte e areia de classe textural, dispersa em NaOH, estão apresentados na Tabela 1. A classe textural das áreas de uso solo mata nativa e fruticultura foram classificadas de acordo com a escala da SBCS como terreno argiloso e as áreas de cafeicultura e pastagem foram classificados como franco argiloso.

A textura do solo em NaOH os teores de argila, silte e areia não apresentaram diferenças estatisticamente entre si (Tabela 7).

TABELA 7. Granulometria do solo em NaOH, representado pelos teores de argila, silte e areia (%) e a classificação textural em função da escala da SBCS, de solos sob diferentes usos na Fazenda experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes,.

Textura do solo em NaOH				
Uso do solo	Argila	Silte	Areia	Classificação
Mata nativa	45,0 a	12,0 a	42,8 a	Argiloso
Cafeicultura	40,8 a	15,1 a	43,9 a	Franco Argiloso
Pastagem	39,6 a	11,4 a	48,8 a	Franco Argiloso
Fruticultura	40,6 a	14,3 a	45,5 a	Argiloso
CV(%)	14,5	46,9	14,4	

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott ($P > 0,05$).

Os resultados obtidos para os teores de argila variaram entre 39,6 a 45,0%, a areia de 42,8 a 48,8% e o silte de 11,4 a 15,1%. Segundo FERREIRA et al. (2003) a textura pode ser considerada uma característica estável no solo e dessa forma, não está sujeita a alterações temporais curtas ou em função de tipos de manejos.

Os valores de argila, silte e areia obtidos em análises texturais com dispersão em NaOH, segundo LIMA et al. (1990), são de significativa relevância, uma vez que podem prever sobre a erodibilidade dos solos.

5.2 Granulometria do solo em água

Os resultados da porcentagem de argila, silte e areia de classe textural, dispersa em água, estão apresentados na Tabela 8. Pode-se observar que a mata nativa teve o menor valor em argila e obteve o maior valor de areia em relação às outras áreas. O resultado indica uma forte agregação das partículas do solo sob mata nativa, reduzindo a quantidade de argila solta ou livre, promovendo uma menor predisposição do solo à erosão.

TABELA 8. Granulometria do solo (dispersa em água), representado pelos teores de argila, silte e areia (%) em solos sob diferentes usos na Fazenda experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes.

Uso do solo	Textura do solo em água		
	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
Mata nativa	29,4 b	16,6 a	53,9 b
Cafeicultura	37,8 a	17,8 a	44,3 a
Pastagem	36,8 a	18,4 a	44,7 a
Fruticultura	36,1 a	18,4 a	45,3 a
CV(%)	14,4	34,2	12,1

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott ($P>0,05$).

Pode-se observar que a mata nativa difere das outras áreas. Segundo EMBRAPA (2003) solos com teores de argila superiores a 35% possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. Esses solos apresentam maior força de coesão entre as partículas, o que além de dificultar a penetração, facilita a aderência do solo aos implementos. Embora sejam mais resistentes à erosão, é altamente suscetível à compactação, o que merece cuidados especiais no seu preparo, principalmente no que diz respeito ao teor de umidade, no qual o solo deve estar com consistência friável. Observando estes aspectos, a mata nativa apresentou um teor de argila de 29,4%, considera-se que aumente sua capacidade de infiltração de água por ser mais permeável.

As áreas da cultura do café, pastagem e fruticultura apresentaram teores semelhantes de argila e areia. A argila variou entre 36,1 a 37,8%, e a areia de 44,3 a 45,3%, levando em consideração os usos do solo, sua semelhança deve-se ao fato de haver interferência antrópica nestas culturas, exceto na mata nativa, apresentando teor inferior de argila (29,4%) e superior de areia (53,9%), assim como mostra a Tabela 8.

Em relação ao silte, não houve diferença estatisticamente, esta partícula é uma fração intermediária do solo (0,05 a 0,002 mm), representando grande variação no tamanho das partículas, como podemos observar na Tabela 8.

5.3 Grau de Flocculação

Os resultados da porcentagem do grau de flocculação estão apresentados na Tabela 9. Observa-se que a mata nativa teve o maior valor em relação outras áreas, com esse resultado pode-se considerar que a mata nativa tem uma boa agregação de partículas

TABELA 9. Grau de flocculação (%) da argila de solos da Fazenda Experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes, sob diferentes usos.

Grau de Flocculação – GF (%)	
Uso do solo	GF (%)
Mata nativa	34,07 b
Cafeicultura	7,49 a
Pastagem	6,49 a
Fruticultura	10,28 a
CV(%)	14,46

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott ($P > 0,05$).

De acordo com LEITE & MEDINA (1984) em solos sob floresta, observaram valor médio de 59,60%. ALBUQUERQUE et al. (2005) associa valores referentes ao grau de flocculação nas camadas superiores do solo à ação conjunta da matéria orgânica, atividade microbiana, sistema radicular e concentração de cátions trocáveis.

5.4 Densidade do solo

Os resultados da densidade do solo estão apresentados na Tabela 10. Pode-se observar que os valores variaram entre 1,32 a 1,41 g cm⁻³. A mata nativa e a área de café apresentaram valores idênticos (1,41 g cm⁻³), nos solos sob pastagens constatou-se densidade de 1,32 g cm⁻³ e a fruticultura 1,40 g cm⁻³, não sendo observadas diferenças significativas entre os resultados (Tabela 10).

TABELA 10. Densidade de solo (g cm⁻³) de solos da Fazenda Experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes, sob diferentes usos.

Densidade de solo (Ds)	
Uso do solo	Ds (g cm ⁻³)
Mata nativa	1,41 a
Cafeicultura	1,41 a
Pastagem	1,32 a
Fruticultura	1,40 a
CV(%)	12,02

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott (P>0,05).

Segundo REINERT & REICHERT (2006) os valores normais para solos arenosos podem variar de 1,2 a 1,9 g cm⁻³, enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a 1,7 g cm⁻³. Valores de densidade do solo associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de 1,65 g cm⁻³ para solos arenosos e 1,45 g cm⁻³ para solos argilosos. Contudo, mesmo não sendo observadas diferenças os valores estão próximos ao risco de compactação.

De acordo com LAURANI et al. (2004) verificaram que, independentemente da utilização dos solos, os maiores valores de densidade são observados na camada de 0,0-0,2 m. Os autores inferem que, com as rotações de culturas, não se alteram a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo.

5.5 Densidade de partícula

As densidades de partículas dos solos estudados apresentaram valores próximos e estatisticamente iguais, com valores variando de 2,60 para solos sob uso de fruticultura a 2,65 para solos ocupados com mata nativa (Tabela 11). FERREIRA et al. (2003) relataram que a densidade de partículas relaciona-se com o material de origem de determinados solos e que sofrem pequenas variações de valores em termos absolutos.

REICHARDT (1985) afirma que a densidade de partículas é pouco influenciada pelo manejo do solo e sua distribuição é simétrica para uma mesma classe de solo (LIBARDI et al., 1996).

TABELA 11. Densidade de partículas (g cm^{-3}) de solos da Fazenda Experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes, sob diferentes usos.

Uso do solo	Densidade de partí (g.cm^{-3})
Mata nativa	2,65 a
Cafeicultura	2,62 a
Pastagem	2,64 a
Fruticultura	2,60 a
CV(%)	4,95

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott ($P>0,05$).

5.6 Porosidade total dos solos

Os resultados da porosidade total do solo estão apresentados na Tabela 12. Pode-se observar que os valores variaram entre 44,44% a 50,03 %. A mata nativa e a área de café apresentaram valores próximos (46,84% e 46,14%), nos solos sob pastagens constatou-se a porosidade de 50,03% e a fruticultura 44,44%, não sendo observadas diferenças significativas entre os resultados (Tabela 12). Estando, portanto, estes resultados, em conformidade com os obtidos no parâmetro densidade do solo.

Segundo REICHARDT & TIMM (2004) a porosidade do solo está diretamente dependente da densidade do solo. Essa também é afetada pelo nível de compactação do solo, pois quanto maior a densidade, menor será o volume do espaço poroso.

TABELA 12. Porosidade total do solo (%) de solos da Fazenda Experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes, sob diferentes usos.

Uso do solo	Porosidade do solo (%)
Mata nativa	46,84 a
Cafeicultura	46,14 a
Pastagem	50,03 a
Fruticultura	44,44 a
CV(%)	5,43

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott ($P > 0,05$).

5.7 Resistência a Penetração

Os dados referentes à resistência a penetração encontram-se apresentados na Figura 1. Observou-se que as camadas superficiais do solo (0 a 10 cm) não apresentaram características de solo compactado, confirmando os resultados obtidos na avaliação da densidade do solo nesta profundidade. Entretanto, nas camadas mais profundas, pode-se notar que para as áreas de cafeicultura e fruticultura a camada compactada tem seu pico entre 30 e 40 cm de profundidade.

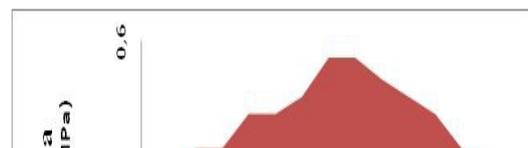
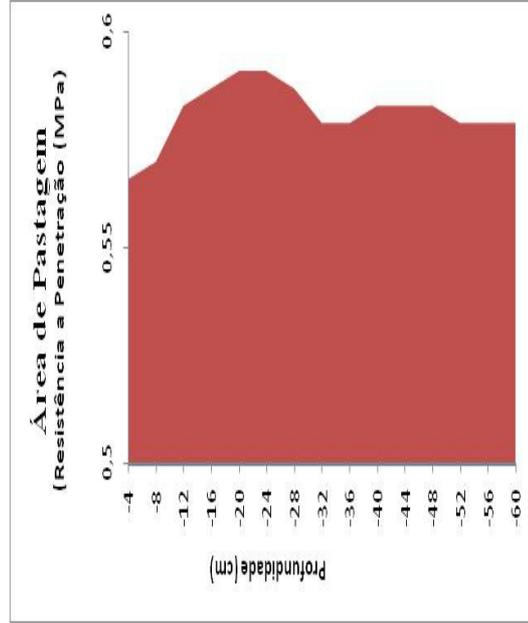
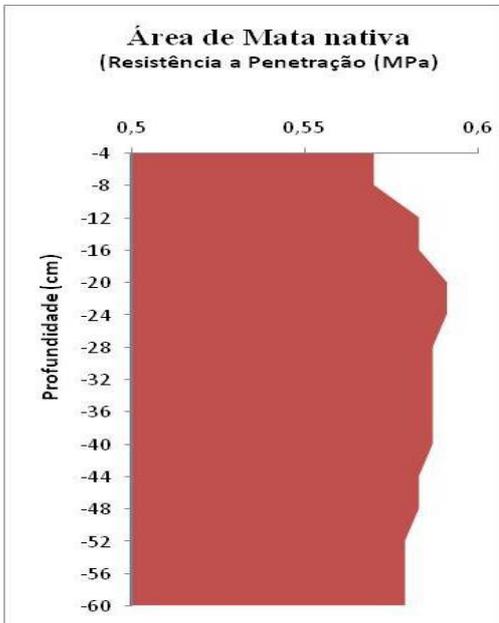


FIGURA 1. Curvas características de resistência a penetração para solos sob diferentes usos. A. Mata nativa; B. Pastagem; C. Cafeicultura; D. Fruticultura.

Na área ocupada com pastagem a camada compactada encontra-se situada numa profundidade de 10 a 30 cm e que, na área de mata nativa observou-se uma menor expressão de faixas de compactação no perfil do solo (Figura 1).

Quando as áreas são utilizadas com pastagem, a degradação das propriedades físicas se pronuncia de forma intensiva. Segundo MORAES & LUSTOSA (1997), a deterioração das condições físicas do solo sob pastagem é atribuída ao pisoteio do gado, que causa sua compactação, causando um aumento na densidade e uma redução do espaço poroso, aumento assim a resistência à penetração.

No caso, quando se estuda o mesmo solo, quanto maior a densidade do solo, maior será a resistência à penetração e menor será a macroporosidade, que é o principal espaço para o crescimento das raízes (MERCANTE et al., 2003).

Segundo TAYLOR et al. (1991) limitações ao crescimento radicular ocorrem normalmente com valores de resistência do solo à penetração superiores a 2 Mpa. Quando se tem um estabelecimento da capacidade de carga à valores de resistência à penetração, não haverá impedimentos ao crescimento de raízes, com isso poderá evitar a degradação da qualidade estrutural de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. Considerando-se a importância da resistência do solo à penetração em diversos aspectos do processo produtivo, a avaliação deste atributo torna-se indispensável e deve ser utilizada para orientar o manejo e o controle da qualidade física do solo (IMHOFF et al., 2002).

5.8 Perda de Solo

Os resultados obtidos na perda total do solo por meio do cálculo da Equação Universal de Perda de Solo – EUPS estão apresentados na Tabela 11.

Pode-se observar que na mata nativa e pastagem o solo se apresenta muito estável, de acordo com BERTONI & LOMBARDI NETO (1990); isso significa que não há propensão a erosão. No café o solo está estável, pouco propenso a erosão. Na fruticultura o solo está moderadamente estável não havendo risco a erosão

Essas características do solo que varia de muito estável, estável e moderadamente estável sobre a erosão, estão relacionadas com o manejo adequado do solo e práticas conservacionistas.

TABELA 13. Perda Total do solo sob diferentes usos na Fazenda Experimental do IFSMG – Campus Inconfidentes.

Uso do solo	Perda do Solo	
	Perda do solo (t/ha/4meses)	Classificação ¹
Mata Nativa	0,0055	Muito Estável
Cafeicultura	1,6105	Estável
Pastagem	0,0556	Muito Estável
Fruticultura	2,7768	Moderavelmente Estável

¹ Conforme BERTONI & LOMBARDI NETO (1990)

Segundo MOREIRA & SIQUEIRA (2002) com a manutenção dos resíduos vegetais no solo, com ou sem incorporação e as práticas de conservação do solo, favorecem a atividade microbiana e reduzem os impactos negativos na qualidade dos solos agrícolas, tornando-os assim solo muito estável e estável, apresentando baixos riscos à erosão. O que pode justificar a alta estabilidade dos solos sob mata nativa e cafeicultura, onde foi possível, em observações visuais, constatar grande presença de matéria orgânica no solo.

De acordo com BAPTISTA (1997) as perdas laminares de solo são mais críticas em áreas degradadas e ocupadas para fins agrícolas, devendo ser atendidas prioritariamente com técnicas conservacionistas. Uma vez que nas áreas de cafeicultura e fruticultura o solo encontra-se muito estável ou estável, pode-se inferir que o manejo adotado nestas áreas é adequado para a preservação do solo.

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1993) as diferenças relacionadas às propriedades do solo permitem que alguns solos sejam mais susceptíveis a erosão que outros, ainda que variáveis como chuva, declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo sejam as mesmas. De acordo com esses autores as propriedades do solo que influenciam na erodibilidade são aqueles que afetam a infiltração, a permeabilidade, a capacidade total de armazenamento de água e aquelas que resistem às forças de dispersão, salpicamento, abrasão e transporte pelo escoamento. A redução da erosão vai depender do tipo de cultura e manejo

adotado, da quantidade de chuvas, da fase do ciclo vegetativo entre outras variáveis, cujas combinações apresentam diferentes efeitos na perda de solo

De acordo PEREIRA (2006) a cobertura vegetal contribui para atenuar a taxa de erosão, mas o fato mais importante é a cobertura do solo, representada naturalmente pela serrapilheira ou artificialmente por geomantas, que protege totalmente, mantendo a umidade, favorecendo a infiltração desejada. Portanto não adianta haver 100% de cobertura vegetal e 0% de cobertura do solo, pois permanecerá o risco de perda do solo.

6. CONCLUSÕES

A granulometria do solo disperso em NaOH não sofreu alteração em função do tipo de cultivo no solo;

A granulometria do solo disperso em água apresentou uma forte agregação de partículas do solo sob a mata nativa;

Solo sob mata apresentou elevado grau de flocculação e uma boa agregação de partículas;

A densidade do solo evidenciou valores baixos, não sendo observados riscos de compactação;

Nas áreas de mata nativa, cafeicultura, pastagem e fruticultura não foi constatada diferença nos valores de porosidade do solo;

A resistência a penetração não apresentou camadas compactadas na superfície do solo de (0 a 10 cm), mas quando aprofundou-se nas camadas de 30 a 40 cm verificou-se um pico de camada compactada nas áreas de cafeicultura e fruticultura.

Em nenhuma das áreas estudadas o solo apresentou risco de erosão, não sendo recomendada nenhuma medida de caráter corretivo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. A.; ARGENTON, J.; BAYER, C. Relationship of soil attributes with aggregate stability of a hapludox under distinct tillage systems and summer cover crops. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.29, n.3, p.415-424. Mai/Jun. 2005.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Viçosa, v.24, p.857-865, 2000.

BAPTISTA, G.M.M. **Diagnóstico ambiental da perda laminar de solos por meio do geoprocessamento**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 1997.

BENGHOUGH, A. G.; MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal Soil Science**. Baltimore, v.41, n.3, p.341-58, 1990.

BERTONI, J.; LOMBARDI-NETO F. **Conservação do Solo**. Ícone Editora, 4º edição, São Paulo, p. 32-33, 1999.

BERTONI, J.; LOMBARDI-NETO, F. **Conservação do solo**. 3ed. São Paulo: Icone, 1990. 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI-NETO, F.; BENATTI JR, R. **Equação de perdas de solo**. Instituto Agrônomo, Campinas, SP, 1985. 25p.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.38, n.7, p.849-856,2003.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.6, p.581-588, 2004.

BICKI, T.J.; SIEMENS, J.C. Crop response to wheel traffic soil compaction. **Transaction of the ASAE**. St. Joseph, v.34, p.909-913, 1991.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Informe estatístico do Café**. 17p. 2007. Disponível em: < www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2009.

CARVALHO, M. A. C.; ATHAYDE, M. L. F. Adubação verde e sistemas de manejo do solo na produtividade do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.12, p.1205-1211, 2004.

CAMARGO, O.A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1983. 44p.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132 p.

CASTRO, A.G.; VALÉRIO FILHO, M. Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacia sob diferentes manejos florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.21, n.1, 419-426p, 1997

CENTURION, J.F.; CARDOSO, J.P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, 254-258p, 2001.

CETESB, **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**, Secretaria de estado do Meio Ambiente, 2001. Disponível em< <http://www.cetesb.com> >. Acessado em: 20/10/2008.

CURI, N.; LARACH, J.O.I.; KAMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L.E.F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: SBCS, 1993.

DANIEL, L. A.; CARVALHO, J.F.; JUNQUEIRA, G.S. Avaliação de camadas de solo compactado: Efeito de diferentes sistemas de preparo e cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 1994, p.300-305.

DE MARIA, I.C., Castro O.M.; Souza Dias, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 23, n. 3, p. 703-709, 1999.

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. **Advances in Agronomy**. San Diego, v.56, p.1-54, 1996.

DIAS, J. M. S & MIRANDA, E. E. V. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras - MG. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, 24: 337-346, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa. Sistema de Produção, 2003. Disponível em <<http://www.embrapa.com.br>>. Acesso em: 04/12/2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa. Sistema de Produção, 2006. Disponível em <<http://www.embrapa.com.br>>. Acessado em: 06/10/2008.

FERREIRA, M.M.; DIAS-JÚNIOR, M.S.; MESQUITA, M.G.B.F.; ALVES. E.A.B. **Física do solo**. Textos Acadêmicos. Lavras: Editora UFLA, 2003. 79p..

FLORES, C.A. **O uso da terra e a necessidade de mudanças**. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_3/usoterra/index.htm>. Acesso em: 25/10/2008

FOLONI, J.S.S.; CALONEGO, J.C.; LIMA, S.L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.38, p.947-953, 2003.

GALLARDO, D.J. **Usos y Conservación de Suelos**. Geología Ambiental. Série Ingeniería Geoambiental. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. 1988. p.23.

GODEFROY, J.; JACQUIN, F. Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales; comparasion avec les sols forestiers. *Fruits*, Paris, v.30, .595-612p, 1975.

GREGO, C.R. & VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas de solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Brasília, v.29, p.169-177, 2005.

GYSI, M. Compaction of a Eutric Cambisol under heavy wheel traffic Switzerland: Field data and a critical state soil mechanics model approach. **Soil Tillage Research**, v.61, p.133-142, 2001.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos - conceitos, temas e aplicações**. 2ª Ed.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 305p..

IMHOFF, S., SILVA, A. P., TORMENA, C. A. **Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem**. Piracicaba, 1999. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP).

IMHOFF, S. SILVA, A. P.; DIAS JUNIOR, M. S.; TORMENA, C. A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.25, p.11-18, 2002.

KLAR, A.E. A água no sistema solo – planta – atmosfera. 2 ed. São Paulo: Nobel, 1991. 408p.

JARBAS, T.; MANZATTO, C.; STRAUCH, J.; LIMA, E. **Assim, vamos aprender sobre os solos!** Disponível em: <www.cnps.embrapa.br/search/mirins/mirim01/mirim01.html> Acesso em 20 /10/2002.

LAL, R. **Soil Erosion in the Tropics: principles and management**. Mc Graw-Hill, Inc. 1990.

LARSON, W.E.; BLAKE, G.R.; ALLMARAS, R.R.; W.B.; GUPTA, S.C. **Mechanics and related processes in structured agricultural soils**. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1989. 273p.

LAURANI, R.A.; RALISCH, R.; TAVARES FILHO, J.; SOARES, D.S.; RIBON, A.A. Distribuição de poros de um Latossolo Vermelho eutroférico na fase de implantação de um sistema de plantio direto. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.24, n.2, p.347-354, 2004.

LEITE, J. A.; MEDINA, B. F. Efeito de sistemas de manejo sobre as propriedades físicas de um Latossolo Amarelo do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.19, n.11, p.1417-1422, 1984.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de Textos. Oficina de Texto: São Paulo, 2002.

LEPSCH, I. F. **Solos: formação e conservação**. 2a. ed. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1976.

LIBARDI, P. L. Manfron P.A.; Moraes, S.O.; Tuon, R.L. . Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.20, n.1, p.1-12, 1996.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005, 335p..

LIMA, J.M.; CURI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D.P. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade em latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.85-90, Jan./Abr. 1990.

LIMA, C.L.R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. 2004. 70p. Tese (Doutorado em Agronomia) –Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP).

LIMA, V.C.; LIMA, J.M.J.C. **Introdução à pedologia**. Curitiba: UFPR, 1996, 98p..

MACHADO, J. A.; PAULA SOUZA, D. M. de; BRUM, A. C. R. de. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.5, n.3, p.187-189, 1981.

MANTOVANI, E.C. Compactação do solo. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.13, n.147, p.52-55, 1987.

MAURAYAMA, SHIZUTO, **Fruticultura**. 2^a. ed. Campinas, Instituto de Ensino Agrícola, 1973. 150p

MEDINA, H. P. **Constituição física**. In: MONIZ, A. C. (coord.) Elementos de Pedologia. Rio de Janeiro. Livros Técnico e Científicos, 1975. P 11-20.

MENDES, F.G.; MELLONI, E.G.P.; MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas em Itajubá/MG. **Revista Cerne**. Lavras, v.12, n.3, p.211-220, 2006.

MERCANTE, E., URIBE-OPAZO, M. A. e SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.27, n.6, p.1149-1159, nov./dez. 2003.

MIRANDA, E.E.V.; DIAS JUNIOR, M.S.; GUIMARÃES, P.T.G.; PINTO, J.A.O.; ARAÚJO JUNIOR, C.F. & LASMAR JUNIOR, E. Efeito do manejo e do tráfego nos modelos de sustentabilidade da estrutura de um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiros. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, p.1506-1515, 2003. (Edição especial).

MORAES, M.F.; OLIVEIRA, G.C.; KLIEMANN, H.J.; SEVERIANO, E.C.; SARMENTO, P.H.L.; NASCIMENTO, M.O. Densidade e porosidade do solo no diagnóstico do estado de degradação dos solos sob pastagens na região dos cerrados. In: V SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2002, Belo horizonte. V SIMPÓSIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. **Resumos expandidos...** Belo Horizonte, MG: SOBRADE 2002. p.256-258.

MORAES, A.; LUSTOSA, S. B. C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS. MARINGÁ, 1997. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p.129-149.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed. UFLA, 2002. 625p.

MORETI, D.; PRADO, J.P.B.; NOBREGA, M.T. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.1, n.1, p.713-726, 2003.

OLERIANO, E. S.; DIAS, H. C. T. **A dinâmica da água em microbacias hidrográficas reflorestadas com eucalipto**. ANAIS I SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 215-222.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes

sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.38, n.2, p.291-299, 2003.

OLIVEIRA, R.T.; ARAÚJO, A.L.; ALMEIDA, M.V.R.; OLIVEIRA, T.S. Metodologia de avaliação da estrutura do solo para agricultores em consórcios agroecológicos no semi-árido cearense. XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, CONQUISTA & E DESAFIOS DA CIÊNCIA DO SOLO BRASILEIRA, **Anais...** Gramado, RS, 2007.

PRADO, H.do. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo**. 4.ed. Piracicaba, 2005. 282 p.

PEREIRA, A. R. Boletim Técnico, Belo Horizonte – MG, Ano 01 – N.º 001 – Março 2006.

PEREIRA, J.R.A.; REZENDE, M.A. Determinação da densidade do solo para diferentes tipos de manejos e metodologias. **Revista Irriga**. v.6, n.3, p.1-9, 2001.

RAGHAVAN, G.S.V.; MICKYES, E. Physical and hydraulic characteristics in compacted clay soils. **Journal of Terramechanics**. Elmsford, v.19, p.235-242, 1983.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Propriedades físicas do solo**. Apostila didática. UFSM, Santa Maria, 2006. 18p..

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445p.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceito, processo e aplicações**. Barueri: Manole, 2004, 478 p.

RESENDE, M; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4 ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 338p.

RICHART, A.; FILHO, J. T.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R.
Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, jul./set. 2005.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. São Paulo: EESC/USP, 1998. p. 731 - 813

SÁ, M.A.C.; LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N.; JUNIOR, M.S.D. Comparação entre métodos para o estudo da estabilidade de agregados em solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.35, p.1825-1834, 2000.

SATTLER, M. A. variabilidade espacial de atributos de um argissolo vermelho-amarelo sob pastagem e vegetação nativa na bacia hidrográfica do Itapemirim. Universidade Federal do Espírito Santo Centro de Ciências Agrárias Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Alegre, Espírito Santo, 2006.

SENGIK, E. **Física do solo: roteiro de aulas práticas da disciplina Solos e Adubação**. Curso de zootecnia. UEM/PR, Maringá, 2005. 16p..

SENTÍS, P.I. Uso, manejo y degradación de suelos em América Latina: situación actual y perspectivas de futuro. XII CONGRESO LATINOAMERICANO DE CIÊNCIA DEL SUELO. Salamanca, España, 1993.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.533-542, 2004.

SILVA, J.M.M. Mercados nacional e internacional de frutas frescas (perspectiva de exportação). ENCONTRO DE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO,1, 1996. Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: EPAMIG/UFLA. P1-10.

Smucker, A.J.M.; Erickson, A.E. Tillage and compactive modifications of gaseous flow and soil aeration. In: Larson, W.E.; Blake, G.R.; Allmaras, R.R.; Voorhees, W.B.; Gupta, S.C.

(eds.). Mechanics related process in structured agricultural soils. NATO applied sciences. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 1989. v.172, p.205-221.

SOANE, B.D. Process of soil compaction under vehicular traffic and means of alleviating it. In: LAL, R.; SANCHEZ, P.A.; CUMMINGS, R.W. Land clearing and development in the tropics. Rotterdam: Balkema Publisher, 1986. p.265-297..

TEODORO, R.E.F.; MELO, B.; SEVERINO, G.M.; FERNANDES, D.L.; FERREIRA NETO, J.G. & MARCUZZO, K.V. Avaliação de diferentes lâminas de irrigação do cafeeiro no cerrado mineiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., Porto Seguro, 2003. **Anais...** Brasília, Embrapa Café, 2003. p.114.

TERSI, F.E.A.; ROSA, S.M. A subsolagem no manejo de solo para os pomares de citros. **Laranja**, v.16, n.2, p.289-298, 1995.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER JUNIOR, J.J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. *Soil Science*, 102: 18-22, 1966.

TAYLOR, H. M.; BRAR, G. S. Effect of soil compaction on root development. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.19, p.111-119, 1991.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.20, n.2, p.333-339, 1996.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDE, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.22, p.573-581, 1998.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDE, P.L. Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage systems using the least limiting water range approach. **Soil and Tillage Research**. v.52, p.223-232, 1999.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.4, p.795-801, out/dez, 2002.

USDA, **Soil survey manual**. Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, (Handbook, 18), 1993. 437p.

VALE, M.R. **Caracterização da fruticultura nos municípios da AMALG-MG**. Lavras: UFLA, 1999. 61p..

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C.; VIEIRA, N.F. **Solos: propriedades, classificação e manejo**. Brasília: MEC/ABEAS, 1988. 70p..

VIEIRA, V.F. Estimativa de perdas de solo por erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências. Geografia - v.17, n.1, jan./jun. 2008.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to a conservation planning**. Washington: USDA, 1978. 58p..