



RAFAEL MOTA DE CARVALHO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE UM SOLO APÓS TRÊS ANOS DE
CULTIVO ORGÂNICO**

INCONFIDENTES-MG

2017

RAFAEL MOTA DE CARVALHO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE UM SOLO APÓS TRÊS ANOS DE
CULTIVO ORGÂNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação em Engenharia Agrônômica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - *Campus Inconfidentes*, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: D.Sc. Luiz Carlos Dias Rocha

INCONFIDENTES-MG

2017

RAFAEL MOTA DE CARVALHO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE UM SOLO APÓS TRÊS ANOS DE
CULTIVO ORGÂNICO**

Data de aprovação: 04 de maio de 2017

D.Sc. Luiz Carlos Dias Rocha
IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes
Orientador

PhD. Wilson Roberto Pereira
IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes

D.Sc. Ademir José Pereira
IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem ele nada possível e aos meus pais, Gilberto e Zilda pela educação, amor, carinho e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Meus imensos agradecimentos a Deus pela vida, saúde, força de vontade e coragem de ter enfrentado essa jornada, foi um longo caminho percorrido, com muitas dificuldades e obstáculos, mas graças a Ele hoje olho para trás e penso que tudo que passou, de alguma forma me fez mais forte para enfrentar os desafios que ainda estão por vir, a grande jornada apenas está começando.

Aos meus pais Gilberto e Zilda, pela vida e anos de dedicação, apoio educação, minhas irmãs Simone e Juliana, sempre me apoiando das mais diversas maneiras, me cuidando e sempre me aconselhando.

Ao IFSULDEMINAS pela oportunidade de estudar em uma instituição tão renomada e de excelente qualidade de ensino, a todos os seus colaboradores, que todos os dias estão trabalhando duro que a missão do Instituto se cumpra.

A todos os professores que se dedicam para nossa formação, saímos levando um pedacinho de conhecimento que cada um nos doou.

Em especial ao professor, amigo, orientador e eterno companheiro de luta Luiz Carlos Dias da Rocha, pelos anos de trabalho e dedicação, por todos seus ensinamentos e perseverança. Tornamo-nos pessoas melhores graças a seu comprometimento e amor pela profissão de professor e educador, minha imensa gratidão.

Agradeço a Aloísia Rodrigues Hirata pela amizade, carinho e sua dedicação ao trabalho. Sua experiência de Extensão Rural e a Agroecologia nos proporcionou oportunidades únicas e foi uma honra poder ter trabalhado todo esse tempo juntos. Obrigado pelos ensinamentos.

Ao professor Mark Pereira dos Anjos, um excelente profissional e amigo, que veio a somar forças com o grupo e nos apoiar e coordenar nas mais diversas formas.

Gostaria de agradecer em especial a todos os membros do “GRUPO DE ESTUDOS EM ENTOMOLOGIA E AGROECOLOGIA RAIZ DO CAMPO”, e a seus coordenadores pelos grandes projetos realizados e ainda em realização.

Aos grandes amigos e irmãos de jornada, Igor, Douglas Preto, Douglas Santos, Cleber, Felipe, Welisson, Rafaela, Isabela, Julia, Fernanda, Rafael Serone, e muitos outros que de alguma forma foram importantes pessoas na minha vida.

A minha tia Maria Carvalho, que me ajudou imensamente, cedendo sua casa por todo esse período de graduação, foi uma pessoa chave para que esse meu sonho se concretizasse.

Ao amigo Álvaro, pela imensa ajuda e companheirismo, por ceder sua propriedade para realização de minha monografia, também a seus pais Sr. Sérvulo e sua esposa Clarete, por abrir as portas de sua casa, e me receber tão bem.

Agradeço a todos que de alguma forma colaboraram para que esse momento se concretizasse, minha eterna gratidão.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 O SOLO E SEU USO.....	3
2.2 DEGRADAÇÃO DO SOLO.....	3
2.3 IMPACTOS PELO MAU USO DOS SOLOS.....	4
2.4 PRÁTICAS AGROECOLÓGICAS E SEUS BENEFÍCIOS.....	5
2.5 ESTUDO DO SOLO.....	5
2.5.1 Densidade de partícula.....	6
2.5.2 Densidade do solo.....	7
2.5.3 Umidade gravimétrica.....	7
2.5.4 Porosidade.....	8
2.5.5 Resistência à penetração.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	9
3.2 HISTÓRICO DO SOLO EM ESTUDO.....	10
3.3 DENSIDADE DE PARTÍCULA.....	11
3.4 DENSIDADE DO SOLO.....	11
3.5 RESITÊNCIA A PENETRAÇÃO.....	12
3.6 POROSIDADE.....	12
3.7 UMIDADE.....	13
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14

4.1	Densidade de partícula.....	14
4.2	Densidade do solo	15
4.3	Porosidade.....	16
4.4	Umidade.....	18
4.5	Resistência à penetração	18
5.	CONCLUSÕES	21
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

RESUMO

O modo de preparo e manejo do solo determina as condições físicas e químicas para o crescimento das plantas e pode contribuir ou não para a produtividade das culturas. O uso intensivo de máquinas agrícolas, fertilizantes e agroquímicos interfere diretamente na qualidade química, física e biológica do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar propriedades físicas do solo, em uma área que vem sendo trabalhado há três anos com práticas agroecológicas com certificação orgânica. Foram feitas avaliações em setembro de 2014 e fevereiro de 2017, com o intuito de avaliar as mudanças provocadas pelo manejo, analisando os parâmetros de densidade do solo (DS), densidade de partículas (DP), resistência do solo à penetração (RP), porosidade (PO) e umidade (U), nas camadas de níveis 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm e de 40-50 cm. O ensaio foi realizado em um Cambissolo Háplico Tb Distrófico Léptico, de textura Franco-argilo-arenoso, de uma propriedade rural localizada no bairro Laranjal, Município de Ouro Fino, MG. Nas duas etapas de campo (2014 e 2017) as amostras foram coletadas a campo e analisadas no Laboratório de Física do Solo do IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes, os resultados foram submetidos à análise estatística e aplicou-se o teste de Scott-Knott para comparação de médias, considerando-se os efeitos da resistência do solo a penetração, densidade do solo, umidade e porosidade em nível de 5% de probabilidade. Os resultados apontaram teores de densidade de partículas normais para solos de textura média. A densidade do solo apresentou níveis de compactação nas camadas de 0-10 e 10-20 cm na segunda análise. A umidade gravimétrica apresentou porcentagens baixas na segunda análise para camadas superiores, indicando baixa retenção de água. A porosidade total apresentou baixas porcentagens na segunda análise, com diferenças significativas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, devido o manejo realizado na área. A resistência à penetração nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 cm foi considerada de baixa a moderada, Nas camadas 30-40, 40-50 cm foi considerado resistência a penetração alta.

Palavras-chave: Solo; agricultura sustentável; física do solo.

ABSTRACT

Soil preparation and management methods determine the physical and chemical conditions for plant growth and may or may not contribute to crop productivity. The intensive use of agricultural machinery, fertilizers and agrochemicals directly interferes with the chemical, physical and biological quality of the soil. This aimed of this work was to evaluate soil physical properties in an area that has been working for three years with agroecological practices with organic certification. Evaluations were made in september 2014 and february 2017, to evaluate the changes brought about by the management, analyzing the parameters of soil density (Ds), particle density (Dp), soil resistance to penetration (Pr), porosity (Po) and humidity (u) in the layers of 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm and 40-50 cm. The experiment was carried out in a soil Tb Distrophic haplic Cambisol Lyptic, of sandy-loam texture, a rural property in the neighborhood of Laranjal, in the municipality of Ouro Fino, MG. In the two field stages (2014 and 2017) the samples were collected in the field and analyzed in the soil physics laboratory of the IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes, the results were submitted to statistical analysis and the Scott-Knott test was applied for comparison of averages, considering the effects of soil penetration resistance, soil density, moisture and porosity at a 5% probability level. The density of particles presented levels normally found for soils of medium texture, the soil density presented levels of compaction in the layers of 0-10 and 10-20 cm in the second analysis. Gravimetric moisture presented low percentages in the second analysis for upper layers, indicating low water retention, total porosity presented low percentages in the second analysis, with significant differences in the layers of 0-10 and 10-20 cm, due to the management performed in the area. The penetration resistance in the layers of 0-10, 10-20, 20-30 cm was considered low to moderate. In layers 30-40, 40-50 cm was considered resistance to high penetration.

Keywords: Soil; sustainable agriculture; Physical properties of the soil

1. INTRODUÇÃO

O solo é a base do cultivo orgânico e agroecológico, pois além de fornecer os nutrientes necessários para o bom desenvolvimento das plantas, proporciona condições para suporte e acondicionamento necessários para o seu crescimento. Os usos e o manejo interferem diretamente nas propriedades físicas do solo e o acúmulo de matéria orgânica no solo, proporciona uma maior retenção de água e nutrientes e contribui direta e indiretamente em atributos físicos do solo e também com a produtividade das culturas (BLAINSKI et al., 2012).

O atual modelo de agricultura no Brasil, caracterizado principalmente pelos monocultivos tem sido um problema para a biodiversidade dos agroecossistemas, em que o uso excessivo de máquinas agrícola, fertilizante e agrotóxico vem causando grandes danos a nossos solos. O mau uso do solo pode causar danos de difícil correção, como o aumento da densidade e a compactação, que predispõem o solo a erosão, voçorocas, aumento a resistência à penetração e diminuição da porosidade e retenção de água.

Antes de iniciar algum cultivo é importante conhecer os parâmetros físicos do solo da área que será utilizada, uma vez que estes parâmetros são importantes para o bom desenvolvimento das culturas. Um solo com boas qualidades de cultivo deve apresentar boa porosidade e baixa resistência à penetração, onde garante a aeração e acúmulo de água no solo.

Solos compactados podem contribuir para a elevação das perdas na agricultura, tendo em vista que a compactação resulta em alta densidade do solo, o que reduz o espaço poroso e dificulta a retenção de água e desenvolvimento das raízes, podendo ocasionar com isso a elevação da resistência à penetração e potencializar o risco de erosão.

A densidade do solo segundo Costa et al. (2003) tende a aumentar com a profundidade o que se deve a fatores tais como: teor reduzido de matéria orgânica, menor agregação, menor

penetração de raízes, maior compactação ocasionada pelo peso das camadas superiores, diminuição da porosidade total devido à eluviação de argila, dentre outros.

Práticas agroecológicas contribuem para a preservação das qualidades do solo, embasando-se no tripé da sustentabilidade, uma propriedade orgânica deve optar pela adoção de práticas que venham a melhorar o solo como: cultivo mínimo, adubação verde, manutenção da cobertura do solo, rotação de cultura, plantio em nível ou em faixas, uso de adubos orgânicos, não utilização de agrotóxicos e uso de controle biológico de pragas e doenças. Estas práticas tornam o cultivo orgânico menos danoso a natureza, sendo considerada uma agricultura de baixo carbono, pela pouca dependência de insumos externos, pelo reaproveitamento de resíduos orgânicos, não utilização de adubos sintéticos e agroquímicos. As práticas que preservam o solo são importantes para a melhoria dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo.

Neste sentido, objetivo deste trabalho foi estudar e avaliar as propriedades físicas do solo, em uma área que vem sendo trabalhada há três anos com práticas agroecológicas e certificação orgânica, com o intuito de avaliar as alterações provocadas pelo manejo, em parâmetros como densidade do solo (DS), resistência à penetração (RP), porosidade (PO) e umidade (U).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O SOLO E SEU USO

É a partir do solo que as plantas buscam água e nutrientes para o seu crescimento. Ao solo é também atribuída outras funções como o escoamento e armazenamento de água, a filtragem de poluentes que garante a qualidade da água, e também é utilizado na construção de casas, estradas, cerâmica e artesanato (LIMA; LIMA; MELO, 2007).

No Brasil o manejo convencional do solo emprega técnicas que tendem a matar a vida do solo, como exemplos, a calagem corretiva, que mata os microrganismos benéficos e acelera a decomposição da matéria orgânica (MO), a aração profunda que desestrutura o solo favorece os microrganismos decompositores de MO e, também é responsável por liberar grande quantidade de gás carbônico para a atmosfera e, a adubação nitrogenada que contamina os lençóis freáticos e aumenta a relação C/N aumentando a perda de MO. Com a redução da MO no solo eleva-se a mortalidade de microrganismos pela redução na oferta de alimento e como uma das consequências, podemos citar a desagregação do solo, que contribui para a compactação, erosão e maior dependência de pacotes tecnológicos (PRIMAVESI, 2008).

2.2 DEGRADAÇÃO DO SOLO

A degradação do solo tem sido um assunto muito estudado na atualidade, devido ao manejo convencional que demanda intenso uso de máquinas agrícolas que gera compactação e erosão ou na pecuária que intensifica o pisoteio de animais, ou nos casos onde o solo se encontra descoberto e propenso a danos causados pelas chuvas, sol e intempéries (BENINI, 2007).

Os cultivos anuais, com o revolvimento do solo mais de uma vez ao ano, têm sido muito danosos, a degradação pelo mau uso pode ser recuperada com espécies de diferentes famílias botânicas e modos de ação do sistema radicular, como gramíneas e leguminosas, que adicionam material orgânico e promove a fixação de nitrogênio ao solo. O plantio direto tem se mostrado o mais eficiente na conservação do solo, pois além de não haver revolvimento do solo ele acumula grande quantidade de carbono orgânico no solo, promovendo melhorias nos aspectos físicos, químico e biológico (WOHLENBERG et al., 2004).

De acordo com Primavesi (2008), no sistema de cultivo tradicional com o uso de pacotes tecnológicos, o solo é considerado somente um suporte para as plantas, onde a nutrição das plantas, controle de pragas e doenças são utilizados produtos externos, não considerando a interação solo planta.

A degradação do solo ocorre por diferentes motivos, o principal responsável é o homem, pelo uso excessivo e depois abandono do solo, geralmente associada ao uso excessivo, retirada da vegetação natural e exposição do solo sem proteção, exposto a chuvas, sol e intempéries, a consequência de tais atos acarreta a problemas como: desertificação, arenização, processos erosivos, salinização, laterização, poluição direta e contaminação (PENA, 2017).

2.3 IMPACTOS CAUSADOS NO SOLO

A erosão é um dos problemas causados pelo homem devido o mau uso do solo, problemas que podem reduzir a capacidade do solo em produzir alimentos e gerar renda. O seu uso errôneo compromete os recursos hídricos rios, lagoas e oceanos. De forma que acaba causando o assoreamento e contaminação dos mananciais, conseqüentemente, a degradação dos ecossistemas como um todo (FONTES, 2014).

O tráfego de maquinário responsável pelo manejo de uma determinada cultura, em um solo propenso a compactação e alta umidade, contribui para alterações significativas nos atributos físicos e na qualidade estrutural do solo (OLIVEIRA et al., 2013).

O manejo incorreto de máquinas e equipamentos agrícolas que leva à formação de camada subsuperficial compactada e provoca o aumento da densidade e diminuição da macroporosidade, tem sido apontado como uma das principais causas da degradação da estrutura do solo e do decréscimo da produtividade das culturas (CAMPOS et al., 1995).

O acompanhamento dos atributos físicos do solo é algo essencial. Alguns dos fatores que determinam a resistência do solo e sua alteração temporal são: número de partículas,

distribuição espacial das partículas e distribuição do tamanho dos poros, conteúdo de água à base de volume no solo, distribuição da água, ligações entre partículas e distribuição das ligações (JONG VAN LIER, 2010).

A paisagem está em constante mudança, quando ocorre de maneira natural, dificilmente é percebida, e costuma não causar alterações drásticas. Ao contrário, quando isso ocorre por ações do homem, gera danos de curto e médio prazo, no Brasil é um problema tanto urbano como rural, apesar da especificidade de cada um ambos devem ser mitigados (GUERRA e JORGE, 2014).

2.4 PRÁTICAS AGROECOLÓGICAS E SEUS BENEFÍCIOS

Os problemas ambientais, econômicos e sociais comumente ocasionados pela agricultura convencional fez que alguns agricultores repensassem as suas e buscassem a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, que priorizasse o uso de compostos orgânicos, controle natural e biológico de pragas e doenças, rotação de culturas, diversidade de cultivos e interação com animais, e não utilização de adubos químicos de alta solubilidade e agrotóxicos (FALCÃO et al., 2013). Muitas destas práticas já são conhecidas na agricultura a centenas de anos e que haviam sido deixadas de lado.

Nesta ótica, podemos citar o manejo ecológico que se baseia no sistema natural de interação entre o solo, clima e seres vivos, respeitando as inter-relações entre esses três fatores, assim a agroecologia depende muito dos saberes do agricultor. O manejo ecológico do solo se baseia em cinco pontos fundamentais: Solos vivos e agregados e bem estruturados; biodiversidade; proteção do solo contra o aquecimento, chuva e vento; bom desenvolvimento das raízes e autoconfiança do agricultor (PRIMAVESI, 2008).

De acordo com os autores Alcântara e Madeira (2008) o manejo do solo no sistema orgânico também contribui para a sua melhoria à medida que utiliza práticas sustentáveis. Ainda segundo os autores, o solo é peça fundamental da agricultura orgânica, o emprego de práticas como revolvimento mínimo, adição de matéria orgânica, métodos alternativos de controle de pragas e doenças, é possível promover melhorias nos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, garantindo sua qualidade.

2.5 ESTUDO DO SOLO

Os aspectos qualitativos do solo podem ser mensurados por meio de alguns parâmetros, dentre eles podemos citar: a textura que se refere à quantidade de areia, silte e argila presente no solo. A areia varia de 2,0 mm a 0,02 mm de diâmetro de partícula, silte apresentando partículas entre 0,02 a 0,002 mm e a Argila, com partículas menores que 0,002 mm. A estrutura do solo representa o arranjo das partículas ou a forma como estas se justapõem para a formação dos poros. Por sua vez a porosidade relaciona-se com a densidade do solo, com a quantidade de ar e água armazenados (ANTONIO e MARCO, 20017).

De acordo com Falcão et al. (2013) a qualidade do solo não pode ser medida diretamente, mas pode ser inferida por um conjunto básico de indicadores que podem nortear a respeito da qualidade do solo em estudo, com destaque os indicadores biológicos, físicos, químicos. Desta forma, conhecer os parâmetros físicos do solo pode ser uma forma de compreensão da sua qualidade e potencial de uso.

2.5.1 Densidade de partícula

Conhecer a densidade de partícula do solo (D_p) é importante para o conhecimento do material de origem da formação do solo. Esta característica, também é utilizada para calcular a velocidade de sedimentação e indiretamente a porosidade do solo (FORSYTHE, 1975).

A densidade de partícula (DP) do solo pode ser definida como a massa por unidade de volume de solo, referindo-se assim, ao volume sólido de uma amostra de solo ao desconsiderar sua porosidade. A densidade de partícula representa a relação existente entre a massa específica de uma amostra de solo, determinada pela estrutura cristalina do mineral constituinte e o volume ocupado pelas partículas sólidas (HEINRICH, 2010).

A densidade de partículas não é alterada pelo espaço poroso, assim, não está relacionada com o tamanho ou arranjo das partículas, dependendo somente da natureza mineralógica e do conteúdo de matéria orgânica do solo. Em geral, os solos brasileiros apresentam predominância dos minerais, quartzo, feldspato, mica e colóides silicatados, o que resulta em valores de DP na faixa de 2,60 a 2,75 g.cm³ (COOPER; MAZZA, 2015).

Dentre os métodos existentes para a determinação da DP, utiliza-se, predominantemente no Brasil, o método do balão volumétrico (EMBRAPA, 2011) com uso álcool, pois este possui tensão superficial menor que a água e por isso penetra com maior facilidade no solo, expulsando o ar nele contido. Este método apresenta como vantagens a rapidez, a facilidade de execução, entre outras.

2.5.2 Densidade do solo

A densidade do solo (DS) é um índice de condição estrutural do solo, é definida como a massa de um solo seco dividido por seu volume ocupado, pode ser expressa por Mg.m^{-3} , ou g.cm^{-3} . Os solos que possuem elevado teor de matéria orgânica como os organossolos, tendem a possuir DS abaixo de 1 g.cm^{-3} , um solo com baixa densidade é um solo mais permeável, melhorando a infiltração da água, das raízes, trocas gasosas, melhorando a produtividade das culturas (FAGERIA e STONE, 2006).

Densidade do solo é um dos principais aspectos do solo a ser verificado para a determinação da qualidade do solo, pois ele está diretamente relacionado com a resistência à penetração do solo, armazenamento de água e a textura do solo (BENINI, 2007).

2.5.3 Umidade gravimétrica

A água é um dos principais componentes do solo, ocupando com o ar, todo o espaço poroso existente sendo que a máxima presença de um destes componentes implica na ausência do outro. O equilíbrio entre os componentes visa um adequado suprimento de água e ar para as plantas, constituindo um dos mais importantes fatores do solo, indicando a sua adequação como meio de desenvolvimento radicular (KIEHL, 1979).

De acordo com Reinert e Reichert (2006) a quantidade de água retida por unidade de massa de sólido é definida como umidade gravimétrica (U_g) e por unidade de volume do solo (V_t) é definida como umidade volumétrica (U_v ou θ). Ambas podem ser expressas em termos unitários e percentuais. A medida da umidade é importante e de fácil execução, porém para a medição da U_v , necessita-se de coletar amostra com volume conhecido e estrutura preservada.

Segundo Camargo e Alleoni (1997) o uso de máquinas pesadas em solos muito úmidos podem causar compactação, por isso operações com máquinas agrícolas devem ser feitas em umidade adequadas. Em geral, quanto maior o teor de umidade do solo maior a compactação para uma mesma pressão aplicada, devido a melhor lubrificação entre suas partículas que reduz o atrito entre elas e possibilitando maior compressão. Ao contrário, solos secos apresentam menor deformação com o tráfego de máquinas resultando em baixos níveis de compactação (FORSYTHE, 1975).

2.5.4 Porosidade

A porosidade é considerada os espaços vazios do solo, podendo ser ocupados por ar ou água, há poros de diferentes tamanhos e formas, dependendo dos arranjos das partículas e da textura (KIEHL, 1979). O solo possui duas classes de poros, micro e macroporos. A microporosidade poros que, após o solo ser saturado com água, a retém contra a gravidade. Os macroporos, ao contrário, após serem saturados em água não retém, ou são esvaziados pela ação da gravidade. A função dos microporos é pela retenção e armazenamento da água no solo e os macroporos responsáveis pela aeração e pela maior contribuição na infiltração de água no solo (REINERT e REICHERT, 2006).

O desenvolvimento da planta é diretamente dependente da porosidade do solo, os poros garantem uma boa infiltração, drenagem, aeração, e manutenção da água no perfil do solo, facilitando assim a penetração das raízes, a microbiota do solo e trocas gasosas. (REICHERT et al., 2009).

2.5.5 Resistência à penetração

A resistência do solo à penetração RP , é um parâmetro que pode indicar a qualidade dos solos, limitações para seu cultivo e susceptibilidade a erosão, Esta resistência pode ser limitante para o crescimento de plantas acima de valores que variam entre 1,5 a 3,0 MPa, segundo ARSHAD et al. (1996), sendo aceito valores maiores a cinco MPa em sistema de plantio direto (SPD).

A resistência à penetração é um parâmetro muito utilizado na atualidade para mensuração da compactação do solo, é um método de rápida resposta, é de extrema importância para o bom desenvolvimento das plantas (STOLF et al., 1983).

A determinação da resistência a penetração é uma forma muito eficiente e de rápida determinação, serve para indicar o nível e as camadas de compactação do solo Silveira et al. (2010), os quais são marcados por uma diminuição no conteúdo de macroporos ,devido a pressão exercida sobre a camada superficial do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O trabalho foi realizado em uma área de 0,8 ha, que vem sendo cultivada no sistema de produção orgânica há três anos. A área se localiza no sítio São João, Bairro Laranjal, no município de Ouro Fino, MG, nas coordenadas 22° 20' 13,0" S e 46° 22' 29,3" W e altitude de 950m. O solo do local foi classificado segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como *Cambissolo Háptico Tb Distrófico Léptico*, e textura Franco-argilo-arenoso com 46,62% de areia, 23,66% de silte e 29,72% de argila (GUERREIRO 2014).

A área foi dividida em quatro unidades experimentais onde foram realizadas as análises com quatro repetições A, B, C e D.

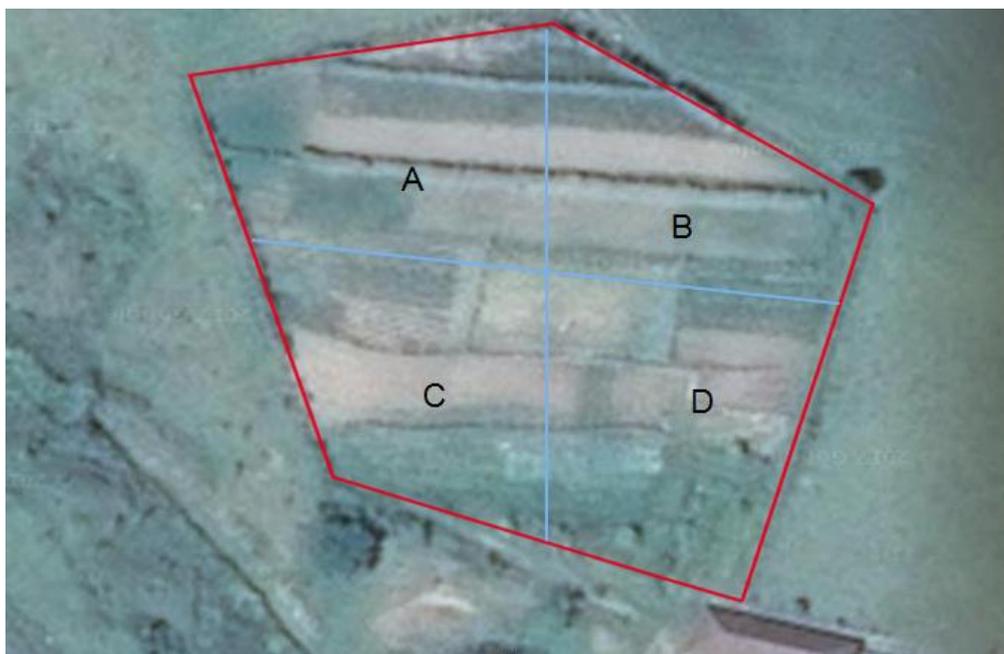


Figura 1: Imagem da área em estudo, e os pontos (A, B, C e D) Latitude (22° 20' 13,0" S e 46° 22' 29,3" W), Fonte: Adaptado do Google Earth (2017).

3.2 HISTÓRICO DO SOLO EM ESTUDO

O solo onde foram realizadas as análises vem sendo trabalhado há três anos com práticas agroecológicas e produção orgânica. O plantio utiliza práticas sustentáveis de produção, de acordo com as normas de produção orgânica, como exemplo: não utilização de agrotóxicos, controle biológico de pragas e doenças, insumos naturais e respeito ao meio ambiente, cultura e questões sociais. Antes de se iniciar o cultivo a área estava em pousio por um período de um ano. Durante Agosto 2014 a outubro de 2015 foram cultivadas diversas espécies olerícolas como: abóbora italiana, (*Cucurbita pepo*) cenoura (*Daucus carota*), brócolis (*Brassica oleracea*), couve flor (*Brassica oleracea*), repolho (*Brassica oleracea*), salsinha (*Petroselinum crispum*), couve (*Brassica carinata*), quiabo (*Hibiscus esculentus* Linnaeus), batata yacon (*Smallantus sonchifolius*), ervilha (*Pisum sativum* Linnaeus), berinjela (*Solanum melongena* Linnaeus), pimentão (*Capsicum annuum*), batata-doce (*Ipomoea batatas.*), rúcula (*Eruca sativa*) e adubação verde como o feijão guandú (*Cajanus cajan*).

Já em outubro de 2015 foi realizado o plantio feijão (*Phaseolus vulgaris*) sendo feito o seguinte preparo, primeiro com a roçadeira costal e depois com a rotativa de um microtrator de 12 cavalos força, fazendo o preparo sempre respeitando a curva de nível, o feijão foi colhido em fevereiro de 2016, após a colheita foi preparado o solo novamente com a rotativa do microtrator e em seguida feito o plantio de cebola (*Allium cepa*), a cebola foi colhida em maio. O solo esteve em pousio de maio até outubro de 2016 onde mais uma vez a área foi roçada e feito o preparo com a rotativa do microtrator para o plantio de feijão das águas, sendo este colhido em fevereiro de 2017, as análises foram feitas após a colheita do feijão.

O preparo do solo sempre foi realizado com o auxílio de um microtrator de doze cavalos, os implementos utilizados são: rotativa e encanteiradora, a capina na maioria das vezes era manual com auxílio de uma enxada, sendo o plantio sempre feito em nível para reduzir a perda de solo por erosão.

As análises foram realizadas em quatro repetições A, B, C e D, sendo aplicando os parâmetros de: densidade de partículas (DP) de 0-20 cm, densidade do solo (DS) resistência à penetração (RP), porosidade (PO) e umidade (U), nas camadas de níveis 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, e de 40-50 cm.

3.3 DENSIDADE DE PARTÍCULA

As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-20 cm com a utilização de uma sonda, Após coletado o solo, o mesmo foi encaminhado para o laboratório de solos do IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes onde foi peneirado e seco a 105°C por 24 horas, obtendo-se a amostra de terra fina e seca. Para a pesagem utilizou-se de uma balança de precisão e Becker identificado e tarado.

Após pesagem, transferiu-se para o balão volumétrico com capacidade de 50 mL, 10 g de amostra de solo, com uma piceta contendo álcool 70% encheu-se uma bureta, com a bureta completa até 50 mL. Em seguida, abriu-se a torneira da bureta e completou-se o volume do balão volumétrico. Agitou-se a mistura por 5 minutos que a seguir ficou em descanso durante 15 minutos após os 15 minutos foi completado o balão volumétrico até 50 mL.

O volume de álcool gasto para completar o balão volumétrico foi utilizado para calcular a densidade de partículas do solo através da seguinte equação:

$$\text{Densidade de partículas (g.cm}^{-3}\text{)} = \text{massa seca da amostra (g)} / (50 \text{ cm}^{-3} - \text{volume de álcool gasto em cm}^{-3}\text{)}$$

3.4 DENSIDADE DO SOLO

Para a determinação da densidade do solo, o método adotado foi o do anel volumétrico, de acordo com o descrito no manual da Embrapa (2011). A densidade do solo também pode ser definida como densidade global ou densidade aparente, a densidade do solo é obtida pela massa do solo seco a 110°C por 24 horas depois feitas a relação massa sobre volume.

A área foi dividida em quatro talhões ou unidades experimentais A, B, C e D, em cada talhão foram coletadas cinco profundidades por trincheira, sendo elas de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, e de 40-50 cm. Totalizando quatro trincheiras e vinte amostras.

O aparelho utilizado foi o amostrador de Cilindro de Uhland. Após a coleta, a amostra foi levada ao Laboratório de Física do Solo do IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidente e pesadas úmidas, e depois permanecendo em estufa de secagem por 24 horas a 110°C, depois

de secas foram pesadas novamente para se estipular a densidade do solo nos cinco. A fórmula utilizada foi:

$$\text{Densidade do Solo (g.cm}^{-3}\text{)} = a / b$$

a = peso da amostra seca a 105°C (g)

b = volume do anel (cm³)

3.5 RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

Para a análise de resistência a penetração o equipamento utilizado foi o penetrômetro de impacto de ponta cônica.

Em cada parcela experimental foram feitos 10 perfis de RP, onde as médias dos pontos geraram um gráfico. O número de impactos com o equipamento variou de 1 a 4 batidas, de acordo com a resistência do solo.

A resistência à penetração (RP) pode ser determinada por meio de um penetrômetro de impacto, onde se considera uma profundidade X após o 1º impacto; o número de impactos variando entre 1 e 4; determinando-se a profundidade (cm) e convertendo-se o impacto para kgf/cm² e posteriormente convertido para MPa (Mega Pascal), a partir da equação 1 e 2 (STOLF 1991):

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

$$\text{Onde } N = [\text{N}^\circ \text{ de impactos} / \text{profundidade (cm)}] / \times 10$$

$$\text{Equação 2. RP (Mpa)} = 0,0980665 \times \text{Kgf/cm}^2$$

3.6 POROSIDADE

A porosidade do solo (PT) foi calculada a partir da relação entre a densidade do solo (DS) e a densidade de partículas (DP), através da equação:

$$PT = (100 - (DS / DP)) \times 100$$

Onde:

PT: Porosidade Total (%)

DS: Densidade do Solo (g.cm³)

DP: Densidade de Partículas (g.cm^{-3})

Determinando o volume de poros totais do solo ocupados por água e/ou ar. No qual as variáveis densidade do solo (DS) que foi determinada pelo método do anel volumétrico e a densidade de partículas (DP) que foi determinada pelo método do balão volumétrico.

3.7 UMIDADE

Para a determinação da umidade do solo foram aproveitados os anéis retirados de densidade do solo para o cálculo da umidade. Os anéis coletados no campo foram encaminhados para o laboratório e cada anel foi pesado em balança analítica para determinação do peso da massa úmida de terra. Depois desse processo, os anéis foram levados para estufa onde ficaram por 24 horas até serem pesados novamente para a obtenção da massa seca das amostras. Obtido esses valores, foi utilizado a seguinte fórmula para o cálculo da umidade:

$$U_g = ((M_u - M_s) / M_s * 100)$$

Sendo:

U_g – Umidade gravimétrica (kg.kg^{-1})

M_u – massa do solo úmido (kg);

M_s – massa do solo seco (kg);

3.8 ANÁLIE ESTATISTICA

As análises de variância dos resultados referentes aos aspectos físicos observados no trabalho foram realizadas comparando-se os solos e as profundidades.

Aplicou-se o teste de Scott-Knott para comparação de médias, considerando-se os efeitos da resistência à penetração, densidade do solo, densidade de partículas, umidade e porosidade em nível de 5% de probabilidade, sendo conduzidas com o programa SISVAR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DENSIDADE DE PARTÍCULA

Os valores determinados variaram de 2,51 g.cm⁻³ a 2,56 g.cm⁻³ (Tabela 1), valores esses que são característicos de solos constituídos de minerais leves e silicatados.

Tabela 1. Valores obtidos para densidade de partículas em quatro pontos utilizando o método do balão volumétrico (EMBRAPA, 2011).

Profundidade 0-20	Densidade de Partículas (g.cm ⁻³) ¹
Área A	2,56
Área B	2,51
Área C	2,55
Área D	2,56

Em estudos realizados por Heinrichs (2010), estabeleceu-se uma relação entre densidade de partículas do solo e composição mineral, indicando que valores de DP entre 2,30 e 2,90 g.cm⁻³ caracterizam solos formados por minerais leves.

Os minerais predominantes nos solos brasileiros são quartzo, mica, feldspato e os silicatos de alumínio coloidais, que possuem densidade de partícula por volta de 2,65 g.cm⁻³, fazendo que em média a Dp seja próximo a esse valor (COOPER; MAZZA, 2015).

Outro fator importante que interfere na Dp é a matéria orgânica, solos orgânicos possuem Dp mais baixos, pois a matéria orgânica possui densidade específica entre 0,9 a 1,3 g.cm⁻³ (Reichert, 2006).

A determinação da Dp é de grande importância para analisar o material de origem do solo, é importante salientar que a presença de matéria orgânica pode influenciar nos valores, reduzindo a Dp, outra função importante da Dp é na determinação da porosidade através da

relação entre densidade do solo e densidade de partícula, os valores de D_p não são influenciados pelo manejo do solo, e sim pelo intemperismo do solo, levando milhares de anos para alterar o seu valor.

4.2 DENSIDADE DO SOLO

Tabela 2. Resultados encontrados para a Densidade do Solo (D_s) para a área estudada, valores expressos em g.cm^{-3} para duas épocas de amostragem. Inconfidentes, 2017.

Profundidade	Época de amostragem	
	D_s - 2014 (g.cm^{-3})	D_s - 2017 (g.cm^{-3})
0-10 cm	1,39 a	1,55 b
10-20 cm	1,38 a	1,63 b
20-30 cm	1,51 a	1,70 a
30-40 cm	1,52 a	1,66 a
40-50 cm	1,46 a	1,65 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Skott e Knott a 5% de probabilidade.

A compactação do solo aumenta sua densidade e reduz a porosidade assim, diminuindo a infiltração de água e raízes no solo, subsolos compactados apresentam D_s iguais ou maiores que $1,8 \text{ g.cm}^{-3}$, solos de cultivo com D_s acima de $1,6 \text{ g.cm}^{-3}$, representam limitada aeração e baixo movimento de água e restrições de crescimento radicular (BENINI, 2007).

De acordo Siqueira (2006) a cobertura do solo é importante para diminuir os impactos das gotas de chuva, que por sua vez potencializa a degradação das partículas e deixa o solo suscetível à erosão e compactação, sendo esse problema a motivação de muitos agricultores em optarem pelo plantio direto.

Houve diferença significativa nos valores de densidade do solo nas duas épocas de amostragem para as camadas de 0-10 e 10-20 cm, que são as camadas onde há maior revolvimento do solo pela rotativa do microtrator.

Antes da realização das primeiras análises o solo havia passado por um ano em pousio, e depois feito o primeiro plantio em agosto de 2014, e em seguida foram feitas as primeiras análises em setembro de 2014, o período de um ano de pousio da área fez que a D_s do solo estivesse mais baixa, quando comparada às análises de fevereiro de 2017, isso devido à

reestruturação do solo e melhoria da Ds, através da recomposição da vegetação espontânea, acúmulo de matéria orgânica e não revolvimento do solo no período anterior.

Os valores de Ds do solo verificados em 2017 foram afetados pelo revolvimento constante do solo, fazendo que a matéria orgânica fosse consumida mais rápido, deixando o solo exposto, e contribuindo para a compactação neste período de agosto de 2014 a fevereiro de 2017.

Segundo Reinert e Reichert (2006) a Ds em solos arenosos variam entre 1,2 a 1,9 g.cm^{-3} , solos argilosos variam entre 0,9 a 1,7 g.cm^{-3} , essa variação se dá por conta do manejo e uso do solo, quanto mais desestruturação e exposição do solo a intempéries maiores valores de Ds, Valores de Ds críticos a solos arenosos seriam acima de 1,65 g.cm^{-3} e 1,45 g.cm^{-3} para solos argilosos.

Com esses resultados é possível observar um crescente aumento na densidade do solo, sendo verificados nas camadas de 0-10, 10-20 cm valores abaixo de 1,65 g.cm^{-3} , que ainda não atingiram valores críticos segundo Reinert e Reichert (2006) para solos arenosos, porém nas camadas de 20-30, 30-40, 40-50 cm, a Ds está acima de 1,65 g.cm^{-3} sendo esses valores críticos para o solo.

4.3 POROSIDADE

A porosidade foi determinada de acordo com o método descrito pela Embrapa (2011), utilizando os valores de Densidade de Partículas e a Densidade do Solo para a sua determinação, houve diferença significativa nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, essa diferença vai de encontro aos dados obtidos para a densidade do solo, onde um interfere diretamente no outro, se o solo está compactado conseqüentemente os números de poros são menores (Tabela 3).

Observaram-se valores de porosidade baixos em 2017, variando de 33 a 38,76 %, tendo diferença significativa nas camadas superiores de 00-10 e 10-20 cm devido a compactação gerada pelo manejo do solo (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados encontrados para a Porosidade Total nas cinco camadas de solo analisadas em duas épocas de amostragem. Inconfidentes, 2017.

Profundidade	Época de amostragem	
	Porosidade em 2014 (%)	Porosidade em 2017 (%)
0 - 10 cm	45,18 a	38,76 b
10 - 20 cm	45,41 a	35,63 b
20 - 30 cm	40,34 a	33,00 a
30 - 40 cm	39,92 a	34,65 a
40 - 50 cm	42,21 a	35,08 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Skott e Knott a 5% de probabilidade.

A porosidade foi determinada de acordo com o método descrito pela Embrapa (2011), utilizando os valores de Densidade de Partículas e a Densidade do Solo para a sua determinação, houve diferença significativa nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, essa diferença vai de encontro aos dados obtidos para a densidade do solo, onde um interfere diretamente no outro, se o solo está compactado conseqüentemente os números de poros são menores.

Observaram-se valores de porosidade baixos em 2017, variando de 33 a 38,76 %, tendo diferença significativa nas camadas superiores de 00-10 e 10-20 cm devido a compactação gerada pelo manejo do solo.

Nota-se que o uso constante e revolvimento do solo acarretam a compactação e também a diminuição da porosidade, tais fatores interferem diretamente na produtividade das culturas, sendo o uso de subsolador e adubação verde e pousio da área algumas alternativas do agricultor para mitigar esse problema.

De acordo com Benini (2007) a compactação do solo está diretamente ligada à pastagem de animais, uso intenso e excessivo de máquinas e implementos agrícolas, podendo a perda da qualidade do solo ser avaliada a partir de atributos de qualidade do solo, sendo um deles a porosidade.

Quanto mais elevada a D_s, maior a compactação, mais degradada a estrutura, e conseqüentemente menor a porosidade total, tais fatores criam restrições para o crescimento e desenvolvimento das plantas (KIEHL, 1979).

A composição de um solo ideal possui em média 50% de porosidade sendo esse volume ocupado por ar e água, quando o solo se encontra saturado todos os poros se encontram ocupados com água, já quando está com pouca água se diz que está no ponto de

murcha permanente onde a planta não consegue mais absorver a água e morre, (COOPER; MAZZA, 2015).

4.4 UMIDADE

A umidade é um fator que está em constante mudança no solo, devido a entrada e saída de água por chuvas, irrigação, evaporação e transpiração das plantas, porém notou-se diferença significativa na umidade nas camadas de 0-10 e 10-20 e 40-50 cm, de modo geral o manejo do solo fez que aumentasse a densidade do solo, reduziu a porosidade e consequentemente diminuiu a retenção e armazenamento de água no solo nas camadas superiores (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados encontrados para a umidade nas cinco camadas de solo analisadas. Inconfidentes, 2017.

Profundidade	Época de amostragem	
	Umidade em 2014 (%)	Umidade em 2017 (%)
0-10 cm	22,35 a	13,50 b
10-20 cm	21,42 a	14,00 b
20-30 cm	16,60 a	14,50 a
30-40 cm	21,17 a	16,32 a
40-50 cm	21,70 a	16,12 b

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Skott e Knott a 5% de probabilidade.

Segundo Reinert e Reichert (2006) deve-se evitar o tráfego de máquinas agrícolas em solos muito úmidos, por provocar e aumentar sua compressibilidade, compactabilidade, capacidade suporte, devendo-se orientar manejo de solo em umidades ótimas de uso.

4.5 RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

Não houve diferença significativa para os resultados de resistência a penetração, porém se observou valores mais elevados na segunda análise em todas as camadas do solo, isso devido à densidade do solo estar mais elevada, contribuindo para maior impedimento na penetração (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados encontrados para resistência a penetração nas cinco camadas analisadas. Inconfidentes, 2017.

Profundidade	Épocas de amostragens	
	RP – 2014 (MPa)	RP – 2017 (MPa)
0 - 10 cm	0,56 a	0,60 a
10 - 20 cm	0,88 a	1,17 a
20 - 30 cm	1,72 a	1,96 a
30 - 40 cm	2,72 a	2,78 a
40 - 50 cm	3,15 a	3,21 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Skott e Knott a 5% de probabilidade.

Nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30cm, a resistência à penetração foi considerada de baixa a moderada RP, que segundo SoilSurvey Staff (1993), não são comprometedoras ao crescimento das plantas (Tabela 6 e Gráfico 1).

Tabela 6. Classes de solo em função da resistência à penetração Adaptado de SoilSurvey Staff (1993).

Classes	Resistência (MPa)
Extremamente pequena	<0,01
Muito baixa	0,01-0,1
Baixa	0,1-1
Moderada	1-2
Alta	2-4
Muito alta	4-8
Extremamente alta	>8

Nas camadas 30-40, 40-50 cm foi considerado resistência à penetração alta, podendo comprometer o crescimento das culturas, uma possível explicação é que os cambissolos possuem valores elevados de argilas nas camadas mais profundas contribuindo para o aumento da densidade do solo e a resistência à penetração.

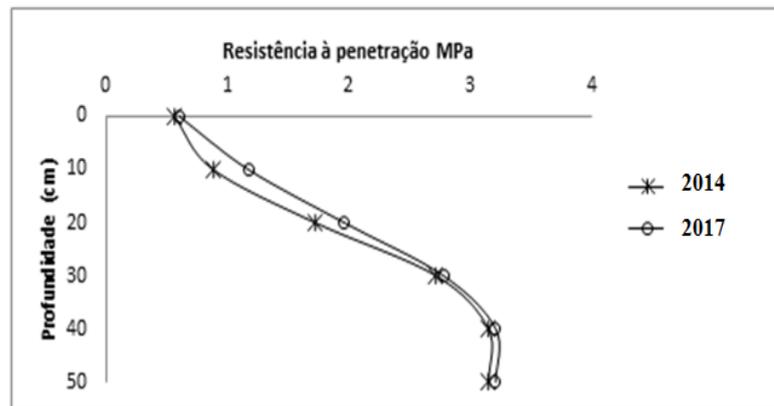


Gráfico 1: Resultados encontrados para resistência a penetração nas cinco camadas analisadas.

Houve um pequeno aumento na resistência a penetração com o manejo empregado ao longo do tempo e provocou diferenças significativas no aumento da densidade do solo, e diminuição da porosidade nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, tais resultados mostram que medidas de mitigação deste problema devem ser utilizadas a fim de melhorar a conservação do solo, e dar boas condições de desenvolvimento as plantas.

5. CONCLUSÕES

A Densidade de Partículas apresentou teores semelhantes aos normalmente encontrados para solos de textura média.

A Densidade do Solo apresentou valores que remetem a uma possível compactação nas camadas de 0-10 e 10-20 cm na análise realizada em 2017.

A Porosidade Total apresentou baixos valores na segunda análise (2017), com diferenças significativas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, podendo estar relacionada o manejo realizado na área.

Houve diferença significativa na umidade nas camadas de 0-10 e 10-20 e 40-50 cm, devido o aumento da densidade do solo.

A resistência à penetração nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 cm foi considerada de baixa a moderada, Nas camadas 30-40, 40-50 cm foi considerado resistência à penetração alta.

O manejo orgânico com práticas agroecológicas sustentáveis tende a melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, porém o uso intenso do solo em estudo de 2014 a 2017 ocasionou uma perda de sua qualidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, F. A; MADEIRA, R.N. Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças. Embrapa e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, jul. 2008.

ANTONIO, F.G; MARCO, F.F.H. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola: Indicadores. 2. Disponível em : <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Gomes_Filizola_indicadoresID-u1keja1HAN.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, **Soil Science Society of America**. p. 123-141, 1996.

BENINI, L.C. **Estimação da densidade de solos utilizando sistemas de inferência fuzzy**. 2007. 211 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

BLAINSKI, E; TORMENA, C. A; GUIMARÃES, R. M. L; NANNI, M. R. Qualidade física de um latossolo sob plantio direto influenciada pela cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 79-87, jan./fev. 2012.

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

CAMPOS, B. C.; REINERT, D .J ; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.;PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19:121-126, 1995.

COSTA, A. M.; SOUZA, M.A.S.; SILVA JUNIOR, A. M.; FALQUETO, R. J.; BORGES, E.N. Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos de cerrado. In: **Anais. II Simpósio Regional de Geografia**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 2003.

COOPER, M; MAZZA, J.A. Densidade do solo e densidade de partículas: relação entre a massa sólida e o volume total. 2015. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/300387/mod_resource/content/0/Aula Teórica3 - Densidade do Solo e Densidade de Partícula.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/300387/mod_resource/content/0/Aula%20Teórica3%20-%20Densidade%20do%20Solo%20e%20Densidade%20de%20Partícula.pdf)>. Acesso em: 4 fev. 2017

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1999. 412p.

FAGERIA, N.K.; STONE., L.F. **Qualidade do solo e meio ambiente**. Embrapa arroz e feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, v.1, n. 3, p. 2-35, fev. 2006.

FALCÃO. J.V. Qualidade do solo cultivado com morangueiro sob manejo convencional e orgânico. **Revista de Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, p.450-459, 2013. Mensal.

FONTES, M. **Mau uso do solo pode gerar diversos impactos ambientais**. 2014. Disponível em: <<http://www.odebateon.com.br/site/noticia/detalhe/31169/-mau-uso-do-solo-pode-gerar-diversos-impactos-ambientais->>. Acesso em: 20 fev. 2017.

FORSYTHE, W. **Física de suelos**. Costa Rica: IICA, 1975. 212p.

GUERRA, A. J. T; JORGE, M. C. O. (Org.). **Degradação dos Solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

GUERREIRO, A, R. **Caracterização física do solo em estágio inicial de cultivo orgânico**. 2014. 44 f. Monografia - Curso de Gestão Ambiental, IFSULDEMINAS, Inconfidentes, 2014.

HOMMA, S K. **Caracterização pedológica, uso da terra e modelagem da perda de solo em áreas de encosta do rebordo do planalto do RS**. 2005. 11 f.

HEINRICHS,R. **Densidade do solo e de partícula: solos**. 2010. Disponível em: <http://www2.dracena.unesp.br/graduacao/arquivos/solos/aula_3_densidade_do_solo_e_de_particulas.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2017.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. New York: Academic, 1980. 413 p.

JONG VAN LIER, Q. (Editor). **Física do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298p.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.

LIMA,V.C;LIMA, M.R.;MELO, V.F. **O solo no meio ambiente: Abordagem para professores do ensino fundamental e médio**. 2007. Disponível em: <<http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/livro.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2017.

OLIVEIRA, P. R; CENTURION, J. F; CENTURION, M. A. P. C; ROSSETI, K. V. FERRAUDO, A. S; FRANCO, H. B. J; PEREIRA, F. S; BÁRBARO JÚNIOR, L. S. Qualidade estrutural de um latossolo vermelho submetido à compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 604-612, maio/jun. 2013.

PRIMAVESI, Ana Maria. Agroecologia e manejo do solo: O manejo do solo. **Revista Agriculturas**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 3, p.32-36, 12 set. 2008. Semestral. Agricultura Familiar.

PENA, R.F.A. "**Formas de degradação do solo**" - *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/formas-degradacao-solo.htm>>. Acesso em 24 de marco de 2017.

REICHERT, J. M. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 5, p. 49-134.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Propriedades física do solo**. 2006. Disponível em: <https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo_texto.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2017.

SILVEIRA, D.C. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrófico no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.659-667, 2010.

SIQUEIRA, G.M. **Variabilidade de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos**. 2006. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, IAC, Campinas SP, 2006.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.229-235, 1991.

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

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.891-900, 2004.