



**DOUGLAS DE OLIVEIRA PRETO**

**QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL E SISTEMA DE  
PRODUÇÃO ORGÂNICA NO MUNICÍPIO DE INCONFIDENTES-MG**

**INCONFIDENTES – MG**

**2017**

**DOUGLAS DE OLIVEIRA PRETO**

**QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL E SISTEMA DE  
PRODUÇÃO ORGÂNICA NO MUNICÍPIO DE INCONFIDENTES-MG**

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:** Luiz Carlos Dias Rocha

**INCONFIDENTES – MG**

**2017**

**DOUGLAS DE OLIVEIRA PRETO**

**QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL E SISTEMA DE  
PRODUÇÃO ORGÂNICA NO MUNICÍPIO DE INCONFIDENTES-MG**

**Data da aprovação: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 2017.**

---

**Prof.º DSc. Luiz Carlos Dias Rocha**  
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes  
Orientador

---

**Prof.º DSc. Evando Luiz Coelho**  
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes

---

**Prof.ª DSc. Lilian Vilela Andrade Pinto**  
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, Everton e Dalva, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.*

## **EPIGRAFE**

“Não sabendo que era impossível, foi lá e fez”.

**- Jean Cocteau**

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

**-Madre Teresa de Calcuta**

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

**-Marthin Luther King**

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço primeiramente a Deus que iluminou meu caminho durante esta jornada.*

*Aos meus pais, minha namorada e toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.*

*Ao instituto, seu corpo docente, direção e administração que me proporcionaram as condições necessárias durante todo o curso para alcançar meus objetivos.*

*Ao professor Luiz Carlos Dias Rocha, orientador e amigo, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, por todos seus ensinamentos durante o curso, sua dedicação e esforço para realização deste trabalho, sou eternamente grato.*

*Ao grande amigo Daniel Rebuá, que por meio de seus esforços e ensinamentos, nos ajudou em muito para a realização deste trabalho.*

*A todos professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e me possibilitaram chegar até onde estou.*

*Agradeço em especial ao Grupo Raiz do Campo, a todos seus membros e orientadores, pela enorme ajuda para a realização deste trabalho, também por seus ensinamentos e vivências incríveis que pude participar, contribuindo de forma excepcional para minha formação profissional.*

*Aos meus “irmãos” de graduação, Messias, Paulo e Thomás, pela amizade, ajuda, incentivo e muitas risadas compartilhadas.*

*Aos membros da banca, Evando Coelho e Lilian Vilela, que com muito carinho aceitaram o convite para participação.*

*Ao Taciano, que sou muito grato por sua grande ajuda na formatação deste trabalho.*

*Em especial aos meus queridos amigos, Rafael Mota, Giovani, Welisson, Igor Corsini e Cléber, pela amizade e primordial ajuda para a realização deste trabalho.*

*E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação acadêmica, a minha eterna gratidão.*

## RESUMO

A qualidade do solo refere-se a sua funcionalidade dentro dos ecossistemas naturais ou manejados. O uso intensivo do solo leva a perda de qualidade e, desta forma, há a necessidade da adoção de sistemas de manejo sustentáveis, procurando a preservação da sua qualidade. Neste sentido, os sistemas agroflorestais (SAFs) e os sistemas de produção orgânica (SPOs) representam uma alternativa, por buscar maior equilíbrio do agroecossistema e melhorar as suas condições químicas, físicas e biológicas. O presente trabalho objetivou avaliar a qualidade física do solo em dois diferentes sistemas de manejo, sendo um com SAF e outro com SPO, comparando-os em relação aos seguintes atributos físicos: Densidade do Solo (DS), Densidade de Partículas (DP), Umidade do Solo (U), Porosidade (P) e a Estabilidade de Agregados (EA). Para tais avaliações foram coletadas amostras de solo, nas faixas de profundidade de 0-20 e 20-40 cm, no Setor de Agroecologia do IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes* e as amostras foram submetidas aos procedimentos metodológicos conforme padrão para cada parâmetro estudado. A DS apresentou diferença significativa entre os sistemas e as profundidades, possuindo menores valores para o SAF. A DP, como já era esperado, não apresentou diferença estatística por ser uma característica intrínseca do solo, com um valor médio para as áreas de  $2,52 \text{ g cm}^{-3}$ . A PT e a U também não apresentaram diferenças estatísticas, fator este que pode estar relacionado com as características texturais dos solos avaliados. Para todos os índices de estabilidade de agregados (EA), não foram encontradas diferenças significativas, e os valores encontrados indicam um bom estado de agregação. Os resultados obtidos demonstram o potencial destes sistemas de manejo para a melhoria das qualidades físicas dos solos, com destaque para o SAF.

**Palavras-chave:** SAF; Agroecologia; Sustentável.

## ABSTRACT

Soil quality refers to its functionality within natural or managed ecosystems. The intensive use of the soil leads to the loss of quality and, in this way, there is a need for the adoption of sustainable management systems, seeking the preservation of its quality. In this sense, agroforestry systems (SAFs) and organic production systems (SPOs) represent an alternative, for seeking a better balance of agroecosystems and improving their chemical, physical and biological conditions. The objective of this study was to evaluate soil physical quality in two different management systems, one with SAF and another with SPO, comparing them to the following physical attributes: Soil Density (DS), Density of Particles (DP), Soil Moisture (U), Porosity (P) and Aggregate Stability (EA). For these evaluations, soil samples were collected in the depths of 0-20 and 20-40 cm in the Agroecology Sector of IFSULDEMINAS - *Campus Inconfidentes* and the samples were submitted to the methodological procedures according to the standard for each parameter studied. The DS presented significant difference between the systems and the depths, having lower values for the SAF. The DP, as expected, did not present statistical difference because it is an intrinsic soil characteristic, with an average value for the areas of  $2.52 \text{ g cm}^{-3}$ . The PT and U also did not present statistical differences, which factor may be related to the textural characteristics of the evaluated soils. For all aggregate stability indexes (EA), no significant differences were found, and the values found indicate a good state of aggregation. The results obtained demonstrate the potential of these management systems for the improvement of the physical qualities of the soils, especially the SAF.

**Keywords:** SAF; Agroecology; Sustainable.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>x</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
2.1 SISTEMAS AGROFLORESTAIS .....	3
2.2 BENEFÍCIOS DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS .....	4
2.3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICA.....	5
2.4 QUALIDADE DO SOLO.....	5
2.5 INDICADORES DE QUALIDADE FÍSICA DO SOLO.....	6
2.5.1 Densidade do solo .....	7
2.5.2 Densidade de partículas .....	8
2.5.3 Porosidade.....	8
2.5.4 Estabilidade de agregados.....	9
2.5.5 Umidade do solo .....	10
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO E CLIMA.....	11
3.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	11
3.3 COLETA E ANÁLISES LABORATORIAIS.....	18
3.4 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO .....	18
3.4.1 Densidade do solo .....	18
3.4.2 Densidade de partículas .....	19
3.4.3 Porosidade total.....	19
3.4.4 Estabilidade de agregados.....	20
3.4.5 Umidade gravimétrica.....	21
3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	21
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>18</b>
4.1 DENSIDADE DO SOLO .....	18
4.2 DENSIDADE DE PARTÍCULAS.....	19
4.3 POROSIDADE TOTAL .....	20
4.4 ESTABILIDADE DE AGREGADOS.....	22
4.5 UMIDADE GRAVIMÉTRICA .....	23
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>25</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>26</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Arranjo do Sistema Agroflorestal (SAF) no setor de agroecologia (Fonte: Elaboração própria). .....	17
Tabela 1 - Valores de Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) em Sistema Agroflorestal (SAF) e Sistema de Produção Orgânica (SPO) com duas faixas de profundidade. Inconfidentes, 2017. ....	18
Tabela 2 – Valores de Densidade de Partículas ( $\text{g cm}^{-3}$ ) em Sistema Agroflorestal (SAF) e Sistema de Produção Orgânica (SPO) com duas faixas de profundidade. Inconfidentes, 2017. ....	20
Tabela 3 – Valores de Porosidade Total (%) em Sistema Agroflorestal (SAF) e Sistema de Produção Orgânica (SPO) com duas faixas de profundidade. Inconfidentes, 2017. ....	21
Tabela 4 - Diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) em Sistema Agroflorestal (SAF) e Sistema de Produção Orgânica (SPO) com duas faixas de profundidade. Inconfidentes, 2017. ....	22
Tabela 5 –Valores de Umidade Gravimétrica (%) em Sistema Agroflorestal (SAF) e Sistema de Produção Orgânica (SPO) com duas faixas de profundidade. Inconfidentes, 2017. ....	23

## **1. INTRODUÇÃO**

O nosso atual modelo agrícola e florestal, baseado na ótica da maximização de uso dos recursos naturais sem levar em consideração o limite de suporte dos ecossistemas tem provocado problemas de erosão e degradação dos nossos solos, além de impactos nos recursos florestais, hídricos e biológicos. O desmatamento e a utilização de tecnologias não adaptadas as nossas condições tropicais têm exercido grande influência para a redução dos nossos recursos ambientais, gerando conflitos socioeconômicos que influenciam em toda a sociedade (SANTOS et al., 2002; DUARTE, 2003).

Atualmente e em razão dos problemas relacionados a degradação do solo, a proteção do meio ambiente tem sido muito debatida em várias partes do mundo, com o fim de adotar sistemas com um padrão de desenvolvimento para o futuro. Em uma abordagem agroecológica da situação, um agroecossistema é um sistema ecológico que foi modificado pelo homem para atender suas necessidades (produção de alimentos, madeira, combustíveis e outros produtos) (REIJNTJES, 1999).

Uma das alternativas que pode ser empregada nesse cenário atual e que contribui com o desenvolvimento agrícola é a utilização de Sistemas Sustentáveis de Produção.

Os SAF's podem ser considerados como um sistema baseado no uso integrado da terra para fins de produção florestal, agrícola e pecuária (DUBOIS, 1996). Esses sistemas buscam conservar a integridade das condições do solo (física, química e biológica) o mais próximo de uma condição natural. Objetiva-se também o aumento da diversidade de espécies cultivadas e relacionando-as em consórcios com componentes arbóreos e/ou animais, possibilitando um maior aproveitamento dos componentes do agroecossistema, no tempo e no espaço (NAIR, 1993).

Um das principais vantagens da implantação de um sistema agroflorestal é a capacidade de manter os níveis de produção ao longo do tempo, melhoria da produtividade de maneira sustentável e de redução dos custos com insumos agrícolas.

No sistema de produção orgânica, o manejo correto do solo é um dos pilares deste tipo de sistema. Desta forma, há a necessidade de se desenvolver e aplicar soluções inovadoras para diminuir o uso de insumos externos e maximizar o uso dos recursos da própria propriedade, levando-se em consideração o controle da erosão e adoção de práticas conservacionistas, buscando a melhoria da fertilidade do solo e a dinâmica da vida no solo.

O presente trabalho objetivou avaliar a qualidade física do solo em dois diferentes sistemas de manejo, um com sistema agroflorestal (SAF) e outro com sistema de produção orgânica (SPO), comparando-os em relação aos seguintes atributos físicos: Densidade do Solo (DS), Densidade de Partículas (DP), Umidade do Solo (U), Porosidade (P) e a Estabilidade de Agregados (EA).

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Os sistemas agroflorestais ou SAFs como são conhecidos, são modelos de produção e exploração do solo que se assemelham as condições naturais de uma floresta, envolvendo a introdução planejada de árvores ou arbustos em conjunto com cultivos agrícolas em um mesmo local de produção, com o fim de atingir benefícios ambientais e econômicos dessas interações (DUBOIS, 1996). Desta maneira, os SAF's mostram-se como alternativas viáveis, pois são um conjunto de técnicas que proporcionam um rendimento econômico e sustentável ao longo do tempo (DEITENBACH et al., 2008).

A principal abordagem de uma agrofloresta é a introdução de árvores no sistema agrícola em relação as funções que estas poderão proporcionar ao mesmo. As funções podem atender as questões ambientais ou socioeconômicas do produtor e resultam de suas interações com outros componentes do sistema (VAZ, 2002).

Existem vários modelos de SAF's, desde os mais simples aos mais diversos. No sistema de alta diversidade, na mesma área convivem vários tipos de espécies vegetais (madeireiras, ornamentais, frutíferas, medicinais e forrageiras). Todo o sistema é planejado de modo a permitir colheitas desde sua instalação, permitindo ao produtor um rendimento com culturais anuais, frutíferas de ciclo curto e hortaliças, enquanto aguarda o crescimento e maturação das lenhosas e frutíferas com ciclo maior (ARMANDO et al., 2002).

A escolha dos componentes arbóreos e espécies que serão introduzidas no sistema é de fundamental importância. Serão escolhidas com base na observação das características ecofisiológicas daquelas que compõe a vegetação local. Desta forma, cada planta terá uma função específica no sistema, contribuindo com a melhoria do ecossistema, com uma

determinada velocidade de crescimento, ocupando um extrato da vegetação e exigindo o mínimo de condições do solo para seu desenvolvimento (VAZ, 2002; GOTSH, 1995).

## 2.2 BENEFÍCIOS DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS

A simples existência de um componente arbóreo no sistema possibilita inúmeros benefícios na ciclagem de nutrientes, na fertilidade do solo, no combate a erosão e também na manutenção da umidade do solo. As árvores podem favorecer a quantidade e disponibilidade de nutrientes no solo, pois as suas raízes agressivas e profundas conseguem realizar o processo de interceptação radicular dos nutrientes que estão no subsolo, normalmente distantes da zona de absorção das raízes das culturas e retorná-los de volta a superfície na forma de serrapilheira (GOTSCH, 1995; ALTIERI, 2002). Além de proporcionar melhorias nas propriedades químicas do solo, como citado acima, as árvores atuam na melhora das propriedades físicas do solo, considerando a estrutura como a mais importante. Esse fato ocorre devido ao aumento no teor de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e também com uma maior atividade microbiana no solo (PRIMAVESI, 1992; ALTIERI, 2002).

Os SAF's atuam na recuperação dos aspectos dos ecossistemas florestais como a estrutura da vegetação de uma floresta e também sua biodiversidade, restabelecendo a ligação existente entre as funções ecológicas (ciclagem de nutrientes e a proteção do solo). A entrada de componentes arbóreos surge como uma estratégia para aumentar o teor de matéria orgânica do solo, que traz benefícios para as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, proporcionando ao sistema uma condição mais sustentável. Conseqüentemente, um aumento da diversidade vegetal contribui para um aumento da fauna do solo, que atuam diretamente como agentes de controle biológico e condicionadores de solo (YOUNG, 1994).

A proteção fornecida pela copa das árvores em relação ao solo pode ser utilizada para diminuir os danos da degradação ambiental. Deve-se levar em consideração que em agroflorestas as espécies podem competir entre si por nutrientes, luz e água, ou seja, devem ser considerados esses contratempos. Basta uma boa delimitação do sistema e um manejo adequado para minimizar essas interferências e valorizar as interações entre as plantas (ALTIERI, 2002).

## 2.3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICA

A produção orgânica é definida como um sistema sustentável, onde há o manejo correto e a proteção da natureza, a proibição do uso de agrotóxicos que são prejudiciais a nós e ao ambiente e, contribuindo para a melhoria da fertilidade, da vida do solo e de sua diversidade biológica (BETTIOL et al., 2002). Neste tipo de sistema, a fertilidade do solo e a nutrição das plantas pode ser realizada com compostos orgânicos, que levam em sua composição resíduos de animais e vegetais, que elevam o conteúdo de carbono orgânico e a atividade microbiana, além disso também são utilizados pó de rochas e componentes de cobre, que melhoram a qualidade física do solo (ALTIERI, 2002).

O uso de adubos orgânicos no solo contribui para o aumento dos estoques de matéria orgânica do solo que influenciam no seu estado de agregação, atuando como agentes ligantes, juntamente com os minerais de argila, na formação de agregados estáveis (KIEHL, 1979).

Segundo Primavesi (2008), quando se realiza um manejo agroecológico do solo pressupõe-se que esteja saudável e com vida, pois nele está presente inúmeras formas de organismos que interagem entre si e com as partículas minerais e orgânicas do solo. A interação biológica que ocorre exerce um papel crucial na agregação do solo, de maneira a torná-lo grumoso e permeável para o ar e para a água, favorecendo os microrganismos do solo, os quais mobilizam e disponibilizam os nutrientes para as plantas.

O sistema de produção orgânica deve ser ambientalmente correto, economicamente viável e socialmente justo. O produtor deve ter uma viabilidade econômica positiva no seu negócio rural, que promova um lucro líquido. O fator social está relacionado às boas condições de trabalhos e respeito aos direitos trabalhistas dos empregados. Para ser considerado ambientalmente correto, a propriedade não deve causar nenhum tipo de dano ao meio ambiente e não gera um passivo ambiental com a produção. O fator econômico tem que ser conquistado sem impacto negativo gerado ao meio ambiente (MIRANDA, 2007).

## 2.4 QUALIDADE DO SOLO

A qualidade de um solo está relacionada a um complexo conjunto de propriedades. Os vários fatores que determinam essa qualidade são essencialmente aqueles que têm influência no desenvolvimento das espécies vegetais (MAGDOFF, 2002).

De acordo com Sans (2000), a compreensão da qualidade do solo é fundamental para a adoção de estratégias para um manejo adequado e sustentável dos diversos modelos de produção. Quando se discute sobre qualidade de um solo, comumente refere-se as condições ótimas para que o mesmo funcione corretamente. O seu funcionamento depende da interação de processos químicos, físicos e biológicos, que mantêm o fluxo do sistema constante (TÓTOLA; CHAER, 2002).

A matéria orgânica muitas vezes não considerada importante na agricultura convencional, embora seja apenas uma pequena porcentagem em peso nos solos (entorno de 1% a 6%), a sua quantidade e qualidade influenciam as propriedades que contribuem para a qualidade de um solo. Como já citado, a matéria orgânica pode sim modificar as propriedades de um solo, já que a estrutura e disponibilidade de nutrientes de um solo estão diretamente relacionados ao teor de matéria orgânica. Os seus vários efeitos podem ser agrupados segundo suas influências nas propriedades químicas, biológicas e físicas do solo (MAGDOFF, 2002).

Com o conhecimento de que a qualidade do solo envolve a combinação dessas propriedades (físicas, químicas e biológicas) que dão condições para seu funcionamento, o acompanhamento de sua qualidade só poderá ser realizado com parâmetros/atributos já definidos por vários autores, que tem a capacidade de refletir o seu potencial de produção e sua sustentabilidade para a adoção de um sistema de cultivo (REICHARDT; TIMM, 2004).

## 2.5 INDICADORES DE QUALIDADE FÍSICA DO SOLO

A estrutura do solo é um dos indicadores mais importantes para o desenvolvimento das plantas, pois influencia diretamente nas condições de adensamento, compactação, infiltração de água e suscetibilidade do solo à erosão (CAMPOS et al., 1995).

Em monocultivo de café em Matas de Minas, a densidade do solo, a argila dispersa em água, a macroporosidade e a estabilidade de agregados mostraram-se adequadas para avaliar mudanças na qualidade do solo, podendo ser priorizadas como indicadores físicos de qualidade do solo (NUNES, 2003).

Partindo do ponto de vista das atividades agrícolas, as propriedades físicas do solo possuem grande importância pois estabelecem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como variação da taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Além de ter papel essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo. A textura, estabilidade de agregados, densidade do solo, resistência à

penetração, porosidade e percolação da água estão entre os atributos físicos do solo utilizados como indicadores de qualidade do solo e que influenciam diretamente o desenvolvimento e produção das culturas (GOMES, 2006).

### 2.5.1 Densidade do solo

A densidade do solo é um atributo que indica o estado de compactação do solo e é muito utilizado nas avaliações da condição estrutural do solo (SCAPINI et al., 1998). Existem indicações de limites críticos de densidade do solo ao crescimento radicular, embora variem para diferentes tipos de solos e plantas (RUBIN et al., 1998). Valores críticos de densidade do solo são propostos por Reinert e Reichert (2001), em que solos argilosos (mais de 55% de argila) o valor seria aproximadamente de  $1,45 \text{ g cm}^{-3}$  para solos de textura média (argila entre 20 e 55%)  $1,55 \text{ g cm}^{-3}$  e para solos de textura arenosa (menos de 20% de argila) o valor seria de  $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ .

Segundo Reichert (2007), dentre os métodos utilizados para verificar a compactação do solo, a densidade surge como a mais segura, pois apresenta menor ou nenhuma dependência de fatores como a umidade, sendo uma importante ferramenta na identificação da qualidade do solo.

A densidade do solo é um fator que está diretamente relacionado ao arranjo das partículas do solo, que, por sua vez, define as características de seu espaço poroso. Assim, qualquer manejo inadequado que possa influenciar o arranjo das partículas refletirá diretamente nos valores da densidade do solo. Confirmando que a densidade, em todos os aspectos, é dependente da estrutura (JONG VAN LIER, 2010).

Em uma comparação de diferentes solos ou camadas, pode-se encontrar valores de densidade diversos, o qual é reflexo das diferentes estruturas morfológicas que compõem o solo. São encontrados aqui no Brasil, somente no horizonte diagnóstico subsuperficial Bw da classe de Latossolos, valores de densidade variando de 0,90 a  $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ . Para esses solos os valores inferiores são associados à estrutura granular, enquanto os valores superiores estão associados à estrutura do tipo em blocos ou similar (JONG VAN LIER, 2010).

### 2.5.2 Densidade de partículas

A densidade de partículas ( $D_p$ ) baseia-se na relação entre a massa de determinada amostra de solo e o volume ocupados por suas partículas. Considera o volume do solo ocupado efetivamente pelas partículas, desconsiderando o espaço poroso. É uma característica que sofre variação de acordo com a composição das partículas e não pelo seu tamanho. Embora se um solo apresentar quantidades significativas de minerais densos, como magnetita, por exemplo, o valor da densidade de partículas também se elevará (SILVA, 2000).

A densidade de partículas do solo possui grande importância como indicadora da mineralogia do solo, cálculo da velocidade de sedimentação de partículas em líquidos e determinação indireta da porosidade (FORSYTHE, 1975).

Considerada uma característica intrínseca do solo, a densidade de partículas depende somente dos constituintes da fração sólida do solo e determinada pela proporção relativa de material mineral e orgânico e suas respectivas densidades. Como a densidade da matéria orgânica varia de 1,0 a 1,3  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  e a densidade da parte mineral varia de 2,50 a 5,20  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , valores equivalentes a estes podem indicar dominância de partículas orgânicas ou minerais em sua fase sólida (FERREIRA, 1996).

O método do balão volumétrico (MBV), descrito por KIEHL (1979) e EMBRAPA (1997), é considerado um dos métodos mais utilizados para a determinação da  $D_p$ . Embora apresente rapidez, um laboratorista para processar cem amostras necessita de aproximadamente sete horas. A maior parte do tempo é gasto para o enchimento da bureta e descarga gradual do álcool no balão contendo o solo.

### 2.5.3 Porosidade

A estrutura do solo é formada pelo arranjo das partículas sólidas (agregados), que apresenta porosidade. A porosidade do solo está relacionada ao volume do solo que não é ocupado por partículas sólidas, incluindo todo o espaço poroso que contém ar e água. A porosidade total do solo é reflexo deste volume e está subdividida em macroporos e microporos (CURI et al., 1993).

Dentre os atributos físicos que podem sofrer alterações pelo intenso uso do solo, a porosidade total merece certa atenção, pois nesses espaços ocorrem os principais fenômenos que regulam o desenvolvimento e a produção vegetal (GROHMAN, 1972). Segundo

Carvalho et al. (1999), a rápida degeneração das propriedades físicas da camada superficial (0-20 cm) estão diretamente relacionadas com o cultivo intensivo e também com a frequente exposição do solo à ação direta das gotas de chuva, diminuindo assim o espaço poroso que traz reflexos no desenvolvimento das culturas.

Nos solos arenosos, onde há o predomínio de partículas maiores, o espaço poroso é constituído por poros de maior diâmetro (macroporos), porém o volume total de poros nestes solos é menor se comparado com solos argilosos, onde a formação de microagregados pelas partículas de argila aumentam a microporosidade (KLEIN, 2005).

A relação existente entre a macroporosidade e microporosidade são fatores importantes para a avaliação da estrutura do solo. A microporosidade está relacionada com o armazenamento de água no solo, influenciando o desenvolvimento das plantas, especialmente nas épocas críticas de suprimento hídrico (JESUS, 2006). Em contrapartida, segundo Beutler e Centurion (2003), a quantidade de macroporos tem influência no crescimento de raízes e na absorção de água e nutrientes, e sua redução pode ocasionar o crescimento lateral das raízes, que diminuem seu diâmetro a fim de buscarem os poros menores.

#### 2.5.4 Estabilidade de agregados

A estabilidade de agregados refere-se à capacidade que as partículas (agregados) têm de resistir aos processos de desagregação mecânica. De acordo com Lima et al. (2003), “a formação e estabilização de agregados acontecem devido a atuação de processos físicos, químicos e biológicos no solo”.

A agregação das partículas do solo tem controle sobre os movimentos internos de água, ar e calor e o crescimento de raízes. Os sistemas de manejo conservacionistas aumentam a quantidade de matéria orgânica e auxiliam na estabilidade de agregados. Desta forma, manejos de solo que possuem essas características, como os sistemas agroflorestais, favorecem a melhoria e a conservação dos agregados do solo, enquanto sistemas de preparo convencionais que se baseiam na pulverização das camadas superficiais do solo com as arações e gradagens, reduzem a estabilidade de agregados e aumentam a taxa de oxidação da matéria orgânica (D'ANDRÉA et al., 2002).

Para se avaliar a estabilidade de agregados são definidos alguns parâmetros, entre eles: o diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico e o índice de estabilidade de agregados (IEA). O DMP equivale a porcentagem de agregados grandes retidos nas

peneiras com malhas maiores; o DMG representa uma estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência; o IEA baseia-se em uma medida da agregação total do solo e não considera a distribuição por classes de agregados. Quanto maior a quantidade de agregados < 0,25 mm, menor será o IEA (CASTRO FILHO et al., 1998).

#### 2.5.5 Umidade do solo

O teor de água no solo é fundamental em diversas situações na agricultura e sua determinação é crucial para definir o momento adequado para as operações mecanizadas e o manejo da irrigação. A umidade do solo é um atributo que interfere na porosidade e suscetibilidade à compactação, que exige equipamentos que permitam seu monitoramento espacial e temporal (KAISER et al., 2010).

São considerados fatores que afetam diretamente a umidade do solo: o manejo, a quantidade e intensidade de aplicação de água e o estágio de desenvolvimento das culturas (MICHELON et al., 2007).

Existem vários métodos e técnica para a determinação do teor de água do solo, embora algumas sejam caras e muitas vezes imprecisas em função da condição do solo. As principais diferenças entre os métodos são: a forma de medição, custo, tempo de resposta e facilidade de operação. O método mais utilizado é o da estufa, em que água é extraída da amostra por calor e determina-se, assim, a umidade gravimétrica do solo pela relação entre a massa de água e a massa de solo seco. O aspecto negativo deste método é que o tempo gasto para obtenção do resultado é de aproximadamente 24 horas (KLEIN, 2008).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 LOCALIZAÇÃO E CLIMA**

O município de Inconfidentes, situado no sul do estado de Minas Gerais, possui aproximadamente 869 metros de altitude e suas coordenadas geográficas são 22°18'47'' de latitude Sul e 46°19'54,9'' de longitude Oeste. De acordo com a Köppen e Geiger o clima é classificado como Cwb. A temperatura média em Inconfidentes é de 19.3°C. A média anual de pluviosidade é de 1500 mm. Limita-se com os municípios de Bueno Brandão, Ouro Fino, Borda da Mata e Bom Repouso.

O trabalho foi conduzido no Setor de Agroecologia da Fazenda do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus* Inconfidentes – MG.

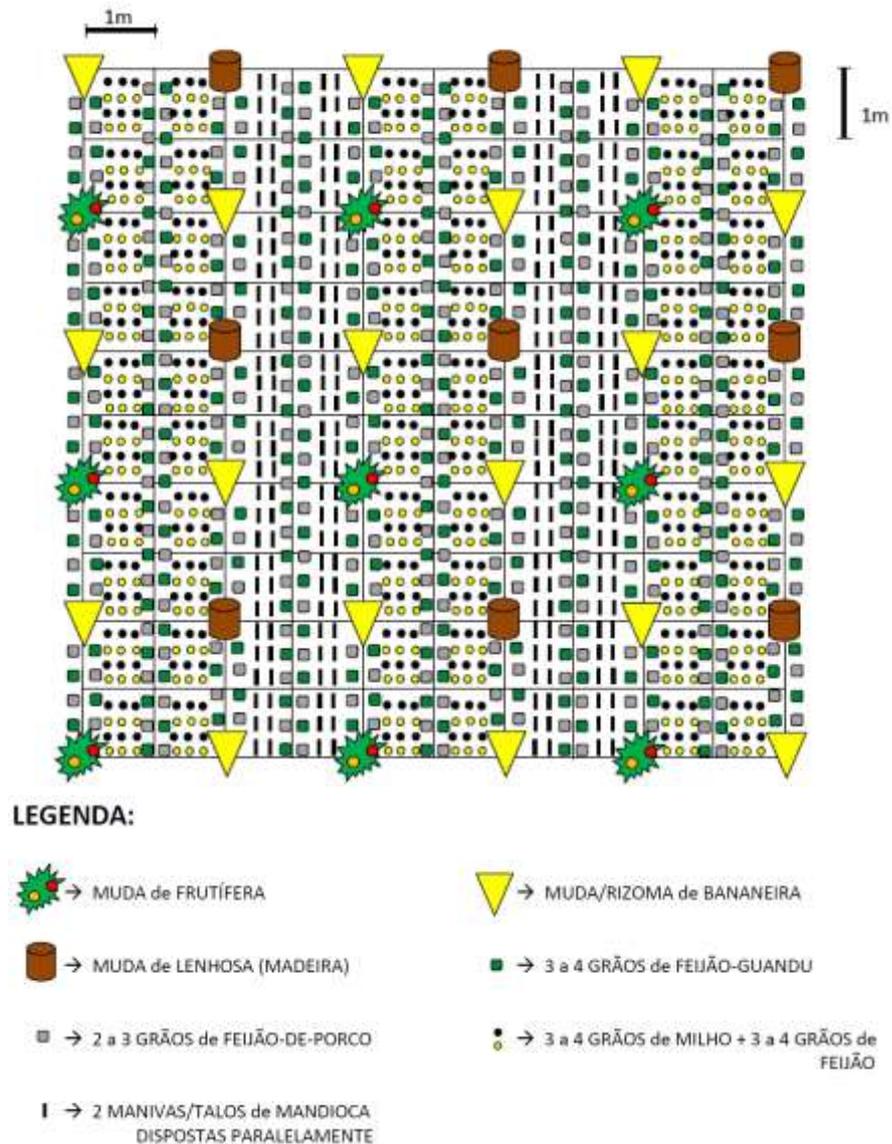
#### **3.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL**

No setor de agroecologia foram avaliados solos sob dois tipos de uso: sistema agroflorestal (SAF) e sistema de produção orgânica (SPO), sendo que em ambos os sistemas o solo foi classificado como Cambissolo.

De acordo com Gurgel (2016), o solo do Setor de Agroecologia do IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes foi classificado texturalmente como Franco-Argilo-Arenoso, característica esta que o define como solo de textura média.

O sistema agroflorestal (SAF) em questão possui alta diversidade e foi disposto na forma de corredores (Figura 1), totalizando uma área de 0,1 ha. Foi implantado no mês de dezembro de 2015. Possui várias espécies lenhosas e frutíferas, culturas anuais e também de adubação verde. Somente no momento da implantação do sistema foi usado maquinário como forma de limpeza da área e preparação do solo para o plantio. O sistema de produção orgânica (SPO), localizado ao lado do sistema agroflorestal, possui uma área com mesmas dimensões,

com cerca de 0,1 ha. Anualmente é cultivado com feijão e milho e possui um período de repouso em que o solo recebe adubação verde. O preparo do solo para o plantio é realizado com maquinário, diferente do SAF, que não mais recebe aração e gradagem.



**Figura 1** – Arranjo do Sistema Agroflorestal (SAF) no setor de agroecologia (Fonte: REBUÁ, 2015).

### 3.3 COLETA E ANÁLISES LABORATORIAIS

Para a caracterização e avaliação da qualidade física do solo, foram coletadas amostras de solo em cada uso (SAF e SPO). Em cada uma dessas áreas foram delimitados cinco pontos (considerados repetições) aleatoriamente de onde seriam retiradas as amostras deformadas e indeformadas, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, totalizando 20 amostras para cada atributo físico determinado em laboratório. Os seguintes atributos foram obtidos com amostras indeformadas: densidade do solo, porosidade total e estabilidade de agregados. As amostragens realizadas com solo solto propiciaram a obtenção dos seguintes atributos: umidade gravimétrica e densidade de partículas.

### 3.4 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

Todo o procedimento de análise em laboratório tomou como base o “Manual de Métodos de Análise de Solo” da EMBRAPA.

#### 3.4.1 Densidade do solo

Para a determinação de densidade do solo ( $D_s$ ) foi utilizado o método do anel volumétrico, com as amostras indeformadas coletadas em anéis cilíndricos de 102,10 cm<sup>3</sup> que após preenchidos de solo foram secos em estufa a 105 °C por 24 horas para a determinação da massa seca do solo.

O seu valor foi encontrado relacionando massa seca e o volume de cada amostra, de acordo com a equação abaixo:

$$ds = \frac{ms}{Vs}$$

$ds$  = densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>)

$ms$  = massa da amostra seca a 105 °C (g)

$Vs$  = volume do anel ou cilindro (cm<sup>3</sup>)

### 3.4.2 Densidade de partículas

A densidade de partículas do solo ( $D_p$ ) foi obtida segundo o método do balão volumétrico, em que se pesam 20 g de solo peneirado e seco em estufa por um período de 24 horas, transfere-se a quantidade para um balão volumétrico aferido de 50 ml e com o auxílio de uma bureta contendo álcool o balão foi preenchido vagarosamente, tomando-se o cuidado de agitar o balão para completa ausência de bolhas e com o intuito de completar o seu volume.

Após o procedimento, é necessário anotar a quantidade de álcool gasto da bureta para o cálculo da densidade de partículas de acordo com a equação abaixo:

$$D_p = \left( \frac{a}{50 - b} \right)$$

$D_p$  = Densidade de partículas ( $\text{g cm}^{-3}$ )

$a$  = massa da amostra seca a  $105^\circ\text{C}$  (g)

$b$  = volume de álcool gasto (mL)

### 3.4.3 Porosidade total

A porosidade está diretamente ligada à densidade do solo. Ela determina o espaço poroso no solo. Assim, com a densidade do solo e de partículas determinadas, foi possível calcular a porosidade total do solo ( $\alpha$ ) para ambas as profundidades de cada área, a partir da seguinte equação:

$$PT = \left( \frac{a - b}{a} \right) \times 100$$

PT = Porosidade total

$a$  = densidade de partícula ( $\text{g cm}^{-3}$ )

$b$  = densidade de solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )

#### 3.4.4 Estabilidade de agregados

Para a avaliação da estabilidade dos agregados, foram coletados, com o auxílio de um enxadão monólitos do solo com dimensões aproximadas de 5 cm de altura, 10 cm de largura e 10 cm de comprimento. Foram coletadas cinco amostras de solo por sistema de manejo, nas camadas de 0–20 e 20–40 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos plástico para secagem ao ar e, posteriormente, pré-selecionadas em um jogo de peneiras sobrepostas, com a peneira superior e a inferior tendo malhas de 4 e 2 mm, respectivamente. Para a avaliação da estabilidade dos agregados, utilizou-se a porção que passou pela malha de 4 mm e ficou retida na de 2 mm.

Para avaliar a estabilidade de agregados foi utilizado o método via seca. Foram usados 100 g de solo de cada amostra, uma destinada ao peneiramento e outra para a secagem em estufa a 105 °C para o cálculo da massa seca. Em seguida, essas amostras foram colocadas em um agitador eletromagnético Via Test, na frequência de 40 rpm, durante 15 min, sobre um conjunto de peneiras de 2,00, 1,00, 0,50, 0,25 e <0,25 mm de diâmetro. Após 15 min, as porções retidas em cada peneira foram transferidas para beckers identificados, e secas em estufa a 105 °C, por 24 horas, para posterior pesagem. A partir dos valores dessas massas submetidas ao agitador, foram calculados, o diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG) e o índice de estabilidade de agregados (IEA), com uso das seguintes equações:

$$(1) \quad \text{DMP} = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$$

DMP = diâmetro médio ponderado (mm);

$w_i$  = proporção de cada classe em relação ao total;

$x_i$  = diâmetro médio das classes (mm);

$$(2) \quad \text{DMG} = \text{EXP} \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot \log x_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

DMG = diâmetro médio geométrico (mm)

$w_i$  = peso dos agregados de cada classe (g)

$$(3) \quad IEA = \left( \frac{\text{Peso da amostra seca} - \text{wp25} - \text{areia}}{\text{Peso da amostra seca} - \text{areia}} \right) 100$$

IEA = índice de estabilidade de agregados (%)

wp25 = peso dos agregados da classe < 0,25 mm.

### 3.4.5 Umidade gravimétrica

Para a determinação da umidade do solo foram coletadas amostras deformadas com o auxílio de uma sonda, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, com cinco repetições por sistema de manejo. As amostras foram transferidas para beakers identificados e com massa conhecida, pesadas e levadas para estufa em uma temperatura de 105°C por um período de 24 horas. Após esse tempo, as amostras são retiradas e colocadas em um dessecador para o resfriamento e posterior pesagem.

A umidade gravimétrica é obtida da seguinte maneira:

$$u = \frac{(mu - ms)}{ms} \times 100$$

u = umidade gravimétrica do solo (%);

mu = massa do solo úmido (g);

ms = massa do solo seco em estufa à 105 °C (g).

### 3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo utilizado para a comparação de médias o teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SISVAR, Versão 5.6 (FERREIRA, 2008).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 DENSIDADE DO SOLO

Os resultados das determinações da densidade do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, no sistema agroflorestal (SAF) e no sistema de produção orgânica (SPO) encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1** - Valores de Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) em Sistema Agroflorestal (SAF) e Sistema de Produção Orgânica (SPO) com duas faixas de profundidade. Inconfidentes, 2017.

Sistemas	Profundidade (cm) <sup>1</sup>	
	0-10	10-20
SAF	1,37 a	1,36 a
SPO	1,45 b	1,52 b
CV (%)	5,98	
Erro padrão	0,038	

<sup>1</sup>As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Segundo Reinert e Reichert (2006), os valores normalmente encontrados para solos arenosos, podem variar de 1,2 a 1,9  $\text{g cm}^{-3}$ , enquanto que para solos argilosos podem apresentar valores inferiores, entre 0,9 a 1,7  $\text{g cm}^{-3}$ . Em sistemas agroflorestais, Carvalho et al. (2004) encontrou valores de densidade variando entre 0,84 e 0,97  $\text{g cm}^{-3}$ , consideradas ótimas para esse tipo de sistema.

As densidades médias do solo apresentadas para o SAF são consideradas ainda acima dos valores adequados para esse tipo de sistema, com valores de  $1,37 \text{ g cm}^{-3}$  para a camada de 0-10 cm e  $1,36 \text{ g cm}^{-3}$  para a de 10-20 cm, embora sejam valores normais para esse tipo de solo. Estes valores podem ser explicados pelo fato de o SAF ainda ser pouco desenvolvido, com um pouco mais de 1 ano de implantação.

As densidades médias do solo apresentadas para o SPO estão na faixa normal para este tipo de manejo, confirmando os valores encontrados por Reinert e Reichert (2006), possuindo a camada de 0-10 cm uma densidade de  $1,45 \text{ g cm}^{-3}$  e a camada de 10-20 cm um valor mais elevado, de  $1,52 \text{ g cm}^{-3}$ .

Observa-se que a densidade do solo é menor e estatisticamente diferente para o SAF, quando comparado ao SPO, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. Em estudo realizado por Carvalho et al. (2004), em Latossolo Vermelho argiloso, os valores de densidade do solo sob sistema agroflorestral se mantiveram dentro do limite considerado normal na faixa de profundidade de 0-20 cm, e menores quando comparados ao sistema convencional, o que confirma com as avaliações do presente trabalho.

As diferenças entre os valores de  $D_s$  observadas nas áreas podem ser resultados do efeito que o manejo provoca nos teores de matéria orgânica do solo, uma vez que menor teor de matéria orgânica leva a maior  $D_s$  e menor estabilidade da estrutura do solo (TORMENA et al., 2004). Além do efeito da matéria orgânica, eventualmente partículas mais finas de argila dispersas com o impacto das gotas de chuvas nas áreas cultivadas, podem também contribuir para o incremento da  $D_s$ . As partículas dispersas podem ser translocadas verticalmente no perfil e provocar o entupimento de poros. No SAF, o efeito das gotas de chuva é reduzido devido à sua interceptação pela copa das árvores.

Segundo Arshad et al. (1996), o valor mínimo de densidade para solos arenosos acima do qual haveria restrição ao desenvolvimento de raízes é de  $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ . Portanto, os valores relativos a este trabalho podem ser considerados, por estes autores, não restritivos ao desenvolvimento das plantas.

#### 4.2 DENSIDADE DE PARTÍCULAS

A literatura comumente utiliza a densidade de partículas de  $2,65 \text{ g cm}^{-3}$  para se estimar a porosidade do solo (REICHARDT; TIMM, 2004), considerando que o solo seja mineral e constituído principalmente por quartzo e feldspato.

O SAF não promoveu alterações estatisticamente significativas nos valores de densidade das partículas (2,50 e 2,52 g cm<sup>-3</sup>) quando comparado ao SPO (2,53 e 2,53 g cm<sup>-3</sup>) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, respectivamente (Tabela 2).

Era esperado que a densidade de partículas não se alterasse nesta situação, pois este atributo está relacionado com a mineralogia do solo. Portanto, constitui uma característica intrínseca ao solo, cujas mudanças significativas somente podem ocorrer quando há um acréscimo considerável de matéria orgânica, podendo reduzir os valores de Dp (REINERT e REICHERT, 2006). A medida que o SAF for se desenvolvendo está variável pode sim sofrer alguma alteração benéfica, devido ao maior aumento e acumulação de matéria orgânica ocasionado por este tipo de sistema.

**Tabela 2** – Valores de Densidade de Partículas (g cm<sup>-3</sup>) em Sistema Agroflorestal (SAF) e Sistema de Produção Orgânica (SPO) com duas faixas de profundidade. Inconfidentes, 2017.

Sistemas	Profundidade (cm) <sup>1</sup>	
	0-20	20-40
SAF	2,50 a	2,52 a
SPO	2,53 a	2,53 a
CV (%)	1,49	
Erro padrão	0,017	

<sup>1</sup>As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

#### 4.3 POROSIDADE TOTAL

Os resultados da porosidade total do solo são apresentados na Tabela 3. Na camada de 0-10 e 10-20 cm de solo, os dados demonstram que todos os resultados dos tratamentos não apresentaram diferenças significativas.

**Tabela 3** – Valores de Porosidade Total (%) em Sistema Agroflorestral (SAF) e Sistema de Produção Orgânica (SPO) com duas faixas de profundidade. Inconfidentes, 2017.

Sistemas	Profundidade (cm) <sup>1</sup>	
	0-10	10-20
SAF	45,12 a	45,65 a
SPO	42,86 a	40,04 a
CV (%)	8,29	
Erro padrão	1,610	

<sup>1</sup>As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Um solo ideal para a produção agrícola deve apresentar porosidade total próxima a 50% e uma distribuição percentual de 34% de macroporos e 66% de microporos (ANDRADE; STONE, 2009).

Harris et al. (1996), em estudos de avaliação da qualidade física do solo em sistemas de manejo, encontraram valores para a porosidade total do solo de 60, 48 e 51%, respectivamente, para área preservada (SAF), manejo convencional e plantio direto, em avaliações feitas até a profundidade de 30 cm. Os valores encontrados para este trabalho se destoam dos valores encontrados por esses autores, com cerca de 45% para SAF e 42% para o SPO, valores relativamente menores.

Era esperado que houvesse diferença significativa entre os sistemas de manejo, com um maior valor de porosidade total para o SAF, pois o mesmo teve um menor valor de densidade do solo em relação ao SPO comparando-os estatisticamente.

Como observado por Ferreira et al. (2000) a melhoria na estrutura do solo promovida pelas plantas de cobertura, resulta em benefícios quanto à porosidade e aeração do solo, somente após a decomposição das raízes, formando-se galerias no solo e facilitando a infiltração da água das chuvas. É provável que com o passar do tempo e do desenvolvimento do SAF, esses benefícios sejam encontrados, devido à alta diversidade de plantas de cobertura e com diferentes atuações dos sistemas radiculares.

#### 4.4 ESTABILIDADE DE AGREGADOS

O cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA) nas duas profundidades, em função dos sistemas de manejo, sob o método de via seca, encontram-se na Tabela 4.

**Tabela 4** - Diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) em Sistema Agroflorestal (SAF) e Sistema de Produção Orgânica (SPO) com duas faixas de profundidade. Inconfidentes, 2017.

Sistemas	DMP	DMG	IEA
	-----mm-----		%
	0 – 20 cm <sup>1</sup>		
SAF	2,91 a	3,76 a	99,19 a
SPO	2,90 a	3,76 a	99,09 a
	20 – 40 cm <sup>1</sup>		
SAF	2,91 a	3,74 a	99,11 a
SPO	2,89 a	3,73 a	98,86 a
CV (%)	1,56	0,86	0,49
Erro padrão	0,020	0,014	0,215

<sup>1</sup>As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

De acordo com os valores obtidos para cada índice de agregação, não houve diferenças entre os sistemas de manejo com o método de preparo da amostra (via seca) nas duas profundidades, sendo obtidos valores superiores ao comumente observados na literatura (CASTRO FILHO et al., 1998). Estes elevados índices são resultantes da ocorrência de classes de agregados maiores nas peneiras de 4-2 e 2-1 mm influenciando todos os índices, uma vez que DMP é tanto maior quanto maior for a percentagem de agregados grandes, enquanto o DMG representa uma estimativa das classes de agregados de maior ocorrência (CASTRO FILHO et al., 1998).

De maneira geral, os altos valores encontrados em ambos os sistemas podem ser explicados pelo manejo da adubação verde, onde foram utilizadas plantas como aveia preta (*Avena strigosa*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e guandu (*Cajanus cajan*), que promovem a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, fatores estes que atuam diretamente na agregação do solo.

Estudos envolvendo adubação verde (glicíndia e guandu), relacionando aumento no teor de matéria orgânica ao aumento na estabilidade de agregados e porosidade, foram realizados por Mapa e Gunasena (1995).

Brady e Weil (2008), colocam que o índice de estabilidade depende de fatores como teor de matéria orgânica, óxidos de ferro e alumínio e presença de raízes de plantas. Características que podem ser observadas nestes solos, principalmente no SAF que apresentou IEA relativamente maior que o SPO nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade embora não seja significativo ainda.

#### 4.5 UMIDADE GRAVIMÉTRICA

Observa-se que os teores de umidade para os sistemas estudados não diferem estatisticamente entre si para todas as profundidades testadas (Tabela 5).

**Tabela 5** –Valores de Umidade Gravimétrica (%) em Sistema Agroflorestal (SAF) e Sistema de Produção Orgânica (SPO) com duas faixas de profundidade. Inconfidentes, 2017.

Sistemas	Profundidade (cm) <sup>1</sup>	
	0 – 10	10 – 20
SAF	22,80 a	24,20 a
SPO	22,80 a	22,40 a
CV(%)	15,32	
Erro Padrão	0,016	

<sup>1</sup> As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A quantidade de água retida no solo depende, primeiramente, da distribuição do tamanho dos poros, sendo afetada pelas características do solo, e principalmente pela densidade do solo, como observado por (RAWLS et al., 1991).

Era esperado que o SAF apresentasse maiores valores de umidade do solo, pois o mesmo apresentava uma densidade do solo menor em comparação ao SPO. Isso pode ser explicado pelo elevado teor de areia contido nestes solos, o que caracteriza o solo como de textura média a arenosa, não acumulando muita água em determinadas profundidades.

Outro fator importante que provavelmente exerceu influência na manutenção de valores de umidade iguais para o SPO em comparação ao SAF foram a grande quantidade de palhada de braquiária que se encontrava na área, exercendo proteção contra a radiação solar e também promovendo a manutenção da umidade nas camadas superficiais do solo.

## **5. CONCLUSÕES**

Os resultados demonstraram que o fator uso do solo interferiu na densidade, sendo esta menor para o Sistema Agroflorestal, nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm do solo.

Os parâmetros densidade de partícula, porosidade total, estabilidade de agregados e umidade gravimétrica não apresentaram diferenças entre si, embora apresentaram indícios de melhoria para o Sistema Agroflorestal.

Estudos futuros no Sistema Agroflorestal e Sistema de Produção Orgânica poderão expressar melhor possíveis diferenças entre os dois sistemas, uma vez que as características físicas do solo evidenciam as suas diferenças a longo prazo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002. 592p.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, V.13, n.4, p.382-388, 2009.

ARMANDO, M. S. **Agrodiversidade**: Ferramenta para uma agricultura sustentável. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. 23 p.

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

BETTIOL, W.; GHINI, R.; GALVÃO, J. A. H.; LIGO, M. A. V.; MINEIRO, J. L.C. Soil organisms in organic and conventional cropping systems. **Scientia Agricola**, v.59, n.3, 2002. p. 565-572.

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

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. 14th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2008.

CAMPOS, B.C.; Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 121-126, 1995.

CARVALHO, E.J.M.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L.M. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 1999, p. 257-265.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p. 1153-1155, 2004.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 527-538, 1998.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPE, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, M. E. F. **Vocabulário da ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, 1993, 90p.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos cerrados no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1047-1054, 2002.

DEITENBACH, A.; FLORIANI, G.S.; DUBOIS, J.C.L.; VIVAN, J.L. **Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica**. Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), Secretária de Agricultura Familiar (SAF). Brasília, Brasil. 2008.

DUARTE, N. S. **Indicadores de Sustentabilidade Ambiental em Sistemas Agroflorestais na Mata Atlântica**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, UFRRJ, Seropédica. 80p. 2003.

DUBOIS, J. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro, REBRA, 1996.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Dados eletrônicos; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 230p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPACNPS, 1997. 212p.

FERREIRA, Daniel Furtado. **SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística**. Revista Symposium (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, M.M.; DIAS JÚNIOR, M.S. **Roteiro de aulas práticas de física do solo**. Lavras: UFLA, 1996. 35p.

FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A.; STRECK, E. V. **Solos: manejo integrado e ecológico – elementos básicos**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 95p.

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

GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H.F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 2006, 8p.

GOTSCH, E. **Break-through in agricultura**. Rio de Janeiro: ASPTA, 1995. 22p.

GROHMAN, F. Porosidade. In: MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia**. São Paulo, Polígono, p.77- 84. 1972.

GURGEL, C. A. **Caracterização física do solo em uma área de cultivo orgânico**. 2016. 48 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônoma, IFSULDEMINAS, Inconfidentes, 2016.

HARRIS, R. F.; KARLEN, D. L.; MULLA, D. J. A. A conceptual framework for assessment and management of soil quality and health. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 61-82.

JESUS, C. P. de. Atributos físicos do solo e produtividade da soja após um ano de integração lavoura-pecuária em área sob plantio direto. **Dissertação de Mestrado**. Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. 2006. 46p.

JONG VAN LIER, Q. **Física do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa: MG, 2010, 298p.

KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; MINELLA, J. P. G. Dielectric constant obtained from TDR and volumetric moisture of soils in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n.3, p. 649-658, mai./jun. 2010.

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

KLEIN, V. A. **Física do Solo** – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212p.

KLEIN, V. A. **Propriedades do solo e manejo da água em ambientes protegidos com cultivo de morangueiro e figueira**. Passo Fundo: Ed. UPF, 2005. 61 p.

LIMA, C. L. R.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Estabilidade de agregados de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2003. p.199-205.

MAGDOFF, F. Qualidade e manejo do solo. In: ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002, p. 519-542.

MAPA, R. B.; GUNASENA, H. P. M. Effect of alley cropping on soil aggregate stability of a tropical Alfisol. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 32, n. 3, p. 237-245, 1995.

MICHELON, C. J.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; SANTA, C. D. Qualidade física de solos irrigados do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, p. 1308-1315, set./out. 2007.

MIRANDA, J. R. Sustentabilidade Agrícola e Biodiversidade Faunística – **O caso do cultivo orgânico de cana-de-açúcar**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2007. Disponível em: <<http://www.biodiversidade.cnpem.br>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer, 1993. 499p.

NUNES, L.A.P.L. **Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no Município de Viçosa-MG**. Universidade Federal de Viçosa, 2003. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Viçosa: UFV, 2003, 102p.

PRIMAVESI, A. M. **Agricultura Sustentável**. São Paulo: Nobel, 1992. 142p.

PRIMAVESI, A. M. **Agroecologia e manejo do solo**. *Agriculturas* – v. 5, n. 3, 2008.

RAWLS, W.J.T., GISH, T.J., BRAKENSIEK, D.L. Estimating soil water retention from soil physical properties and characteristics. **Advances in Soil Sciences**, New York, v.16, p.213-234, 1991.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. Barueri, São Paulo: Manole, 2004. 478p.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais**: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos Ciência do Solo**, 2007. p. 49-134.

REIJNTJES, C. **Agricultura para o Futuro**: uma introdução à agricultura sustentável de baixo uso de insumos externos. / Rio de Janeiro: AS-PTA: ILEIA, 324p. 1999.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Ciências Rurais. Santa Maria, Maio de 2006. Disponível em: [https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An\\_lise\\_da\\_zona\\_n\\_o\\_saturada\\_do\\_solo\\_\\_texto.pdf](https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo__texto.pdf). Acesso em: 05 de fevereiro de 2017.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado. In: CARLESSO, R.; PETRY, M.; ROSA, G. & CERETTA, C. **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, 2001. p.114-131.

RUBIN, R.B.; SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; BACH, A.V. Resistência do solo influenciada pelo tráfego e sistemas de cultivos. In: Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 2. 4 a 6 de Novembro de 1998, **Anais...**, Santa Maria – RS.

SANS, L.M.A. Avaliação da qualidade do solo. In: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS JÚNIOR, R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.E.C. (eds). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza, UFC, SBCS, 2000. p. 170-213.

SANTOS, M.B. **A pequena propriedade rural, os sistemas agroflorestais e o mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*)**. In IV Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. Ilhéus. 2002.

SCAPINI, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; ZANETTE, A.; SILVA, V.R. Medição da densidade e porosidades do solo pelo método do cilindro e torrão parafinado em sistemas de preparo do solo e pastejo animal. II Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo, 4 a 6 de Novembro de 1998, **Anais...**, Santa Maria – RS.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo**. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.191-199, 2000.

TORMENA, C.A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J.C.; COSTA, A.C.S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1028-1031, 2004.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. **Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos**. Tópicos em Ciências do Solo, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, p. 195-276, 2002.

VAZ, P.P. **Sistemas Agroflorestais para Recuperação de Mata Ciliar em Piracicaba**. 2002. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Piracicaba, SP.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Wallingford: CAB International, 1994, 276p.