

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS DE
AGRICULTURA FAMILIAR DA ZONA RURAL DE PORTO ALEGRE**

Agi Costa Cassimo
(Dissertação)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS DE
AGRICULTURA FAMILIAR DA ZONA RURAL DE PORTO ALEGRE**

AGI COSTA CASSIMO
Engenheiro-Agrônomo (UEM)

Dissertação apresentada como
um dos requisitos à obtenção do
Grau de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS), Brasil
Setembro de 2016

CIP - Catalogação na Publicação

CASSIMO, AGI COSTA

AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO EM
ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR NO MUNICÍPIO DE PORTO
ALEGRE / AGI COSTA CASSIMO. -- 2016.

65 f.

Orientador: PAULO CESAR DO NASCIMENTO.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa
de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, BR-
RS, 2016.

1. USO DA TERRA. 2. QUALIDADE DO SOLO. 3.
AGRICULTURA FAMILIAR. 4. AGROECOLOGIA. I. DO
NASCIMENTO, PAULO CESAR, orient. II. Título.

AGI COSTA CASSIMO
Engenheiro Agrônomo - Universidade Eduardo Mondlane/Moçambique

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM CIÊNCIA DO SOLO

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 15.08.2016
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 09.05.2018
Por



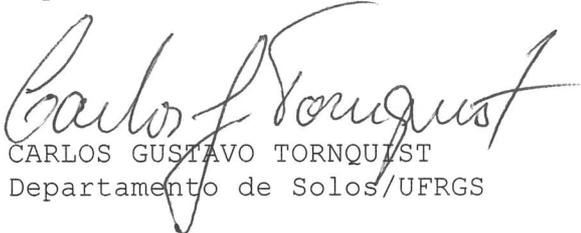
PAULO CÉSAR DO NASCIMENTO
Orientador-PPG Ciência do Solo



FLÁVIO A. de O. CAMARGO
Coordenador do
Programa de Pós-Graduação
em Ciência do Solo



CARLOS ALBERTO BISSANI
Departamento de Solos/UFRGS



CARLOS GUSTAVO TORNQUIST
Departamento de Solos/UFRGS



MAGNÓLIA APARECIDA SILVA DA SILVA
Departamento de Horticultura e
Silvicultura/UFRGS



PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade
de Agronomia

*Dedicado este trabalho aos meus Pais Costa Cassimo e
Geneva C nsula e   minha Av  Francisca Wageto*

AGRADECIMENTOS

Ao Allah, por me conceder a Vida.

Ao Professor Paulo César do Nascimento, pela amizade, orientação e conselhos no decorrer do curso.

À UFRGS, especialmente ao PPGCS, pela concessão da carta de aceite.

Ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) de Moçambique e ao Banco Mundial, pela concessão da Bolsa.

À Universidade Zambeze, por permitir que continuasse com os estudos.

Aos Professores do PPGCS, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Sr. Jader, pelas orientações no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS).

Ao Professor Michael Mazurana, pelo apoio e sugestões.

À Emater/RS pelo apoio na identificação das unidades de produção onde decorreu o estudo.

Aos agricultores familiares; Vasco Moro Machado, Eliseu Rosa da Silva, Idemar Rocha Neves, Miguel Ângelo Gattoni, Jorge Renato Lago, Clébio Bertaco e Stefane, por permitirem o estudo dentro das suas propriedades.

Aos técnicos do laboratório; Sr. Tonho e Adão, pelo apoio.

Aos Bolsistas; Augusto Wink, Patrícia Lima, Augusto Caetano, Nicolas, Marcelo, Artur e Leandro, pelo apoio.

Aos Amigos; Fabio Amorim, Luís Fernando, Caroline Valverde, Elisângela Benedet, Filomeno Inroga, Vanessa Vieira, Janderson Costa, Israel Rosa, Edsleine Ribeiro, Alcinei Ribeiro, Giovanny Jurado, Claudia Wolff, Fernanda Canez, Benito Bonfatti, Anselmo Chizenga, Ivandro Bauaze, pela amizade, companheirismo, apoio e conselhos.

À minha Família, pelo encorajamento e apoio.

AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR DA ZONA RURAL DE PORTO ALEGRE¹

Autor: Agi Costa Cassimo

Orientador: Professor Paulo César Do Nascimento

RESUMO

A sustentabilidade da atividade agrícola começa por garantir a qualidade do solo. Para tal é necessário monitorar os indicadores de qualidade do solo para medir os impactos de uso e manejo sobre a qualidade do solo. O objetivo do trabalho foi de avaliar alguns indicadores de qualidade do solo em áreas de agricultura familiar no município de Porto Alegre e identificar tendências de alteração e degradação do solo a partir de formas de uso e manejo. Amostras do solo foram coletadas em 28 glebas distribuídas em cinco uso e manejo do solo: seis de olericultura orgânica (OO), seis de olericultura convencional (OC), cinco de fruticultura (FT), cinco de pastagem (PT) e seis de mata nativa (MT). Duas amostras indeformadas foram coletadas dentro da linha em áreas de FT, OO, OC e aleatoriamente em áreas de PT e MT para análise densidade do solo (Ds), macroporos (Ma), microporos (Mi) e porosidade total (Pt). Foi coletada uma amostra deformada composta de cinco a seis amostras simples coletadas dentro da linha em áreas de FT, OO, OC e aleatoriamente em glebas de PT e MT, para análise do pH, condutividade elétrica (CE), capacidade de troca catiônica (CTC), fosforo disponível (P), zinco disponível (Zn), enxofre disponível (S), cobre disponível (Cu), percentagem de saturação por base (V), carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico particulado (COP). Os valores médios das variáveis foram comparados entre os tratamentos pelo teste de Tukey (análises paramétricas) e teste de Manney Whitman (análises não paramétricas), em nível de significância de 10%. A Ds, Ma e Pt e pH, CE, V e P foram as variáveis que melhor responderam às diferentes formas de uso e manejo do solo. A OO, OC e PT foram as formas de uso e manejo dos solos, que mais alteraram as variáveis da qualidade do solo.

¹ /Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, (66 p.) Setembro, 2016. Trabalho realizado com apoio financeiro da MCT de Moçambique e Banco Mundial.

EVALUATION OF THE SOIL QUALITY INDICATORS IN THE FAMILY AGRICULTURE AREAS IN RURAL ZONE OF PORTO ALEGRE CITY²

Author: Agi Costa Cassimo

Adviser: Prof. Paulo César Do Nascimento

ABSTRACT

The sustainability of the agricultural activity begins with guaranteeing the soil quality, that is why is necessary to monitor soil quality indicators to measure the impacts of soil use and management on the soil quality. The objective of this study was to evaluate some the soil quality indicators in family agriculture areas at Porto Alegre County and to identify trends of soil alteration and degradation from its use and management. Soil samples were collected in 28 areas distributed in five soil use and management: six of organic horticulture (OH), six of conventional horticulture (CH), five of fruit cultivation (FC), five of pasture (PA) and six of native forest (NF). Two undisturbed samples were collected within the line in FC, OH, CH areas and randomly in PA and NF areas for analysis of soil density (SD), macropores (Ma), micropores (Mi) and total porosity (TP). A deformed sample composed of five to six simple samples was collected inside the line in areas of FC, OH, CH and randomly in PA and NF. These samples were used for analysis of pH, electrical conductivity (EC), cation exchange capacity (CTC), available phosphorus (P), available zinc (Zn), available sulfur (S), available copper (Cu), percentage saturation per base (V), total organic carbon (TOC) and particulate organic carbon (POC). The mean values of the variables were compared between treatments by Tukey test (parametric analysis) and Manney Whitman test (non-parametric analyzes), at a significance level of 10%. The SD, Ma and TP, pH, EC, V and P were the analyzed variables that best answered the differences between forms of use and soil management. The OH, CH and PA were the soil use and management forms that more altered the variables of soil quality.

² /M.Sc. Dissertation in Soil Science. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Grande do Sul, Porto Alegre, (66 p.) September, 2016. Work carried out with financial support from Ministry of Science and Technology of Mozambique and the World Bank.

RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição dos diferentes usos do solo em atividades agrícolas no Estado do Rio Grande do Sul	3
Tabela 2. Distribuição fundiária no Rio Grande do Sul.....	4
Tabela 3. Interpretação de CTC do Solo a pH7.....	9
Tabela 4. Interpretação dos valores de saturação por bases no solo	9
Tabela 5. Classificação dos solos com base na CE, pH e PST.....	10
Tabela 6. Interpretação do teor de fósforo com base no teor de argila.	11
Tabela 7. Interpretação dos teores Zn, Cu e S no solo	12
Tabela 8. Descrição de usos e manejo do solo.....	17

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1. Médias de Ds do solo em diferentes usos e manejo do solo.....	24
Figura 2. Médias de Ma do solo em diferentes usos e manejo do solo	25
Figura 3. Médias de Mi do solo em diferentes usos e manejo do solo.....	26
Figura 4. Médias de Pt do solo em diferentes usos e manejo do solo.....	27
Figura 5. Médias da CTC do solo em diferentes usos e manejo do solo	28
Figura 6. Médias de V no solo em diferentes usos e manejo do solo	30
Figura 7. Médias do COT em diferentes usos e manejo do solo	31
Figura 8. Médias do COP no solo em diferentes usos e manejo do solo.....	32
Figura 9. Médias de CE no solo em diferentes uso e manejo do solo	33
Figura 10. Médias do P disponível no solo em diferentes uso e manejo do solo.	35
Figura 11. Médias do Zn disponível no solo em diferentes usos e manejo do solo	36
Figura 12. Médias do S disponível no solo em diferentes usos e manejo do solo	38
Figura 13. Médias do Cu disponível no solo em diferentes usos e manejo do solo	39
Figura 14. Médias de pH do solo em diferentes usos e manejo	40
Figura 15. Unidades de mapeamento.....	51

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS

CQFS: Comissão de Química e Fertilidade do Solo, Rio Grande do Sul/Santa Catarina.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

PELT/RS: Plano Estadual de Logística e Transportes do Rio Grande do Sul.

PMPA: Prefeitura Municipal de Porto Alegre

PPGCS: Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

RS: Rio Grande do Sul.

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RELAÇÃO DE APÊNDICES

Apêndice 1. Ficha de entrevista.....	49
Apêndice 2. Unidades de mapeamentos	51
Apêndice 3. Tabela de Resultados	52

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Conceito de agricultura familiar	2
2.2 Perfil da agricultura familiar	2
2.3 Uso e manejo do solo	3
2.4 Qualidade do solo (Qs).....	4
2.5 Indicadores de qualidade do Solo.....	5
2.6 Indicadores Físicos da qualidade do solo.....	6
2.6.1 Densidade do solo (Ds).....	6
2.6.2 Porosidade do solo.....	7
2.7 Indicadores químicos de qualidade do solo.....	8
2.7.1 Capacidade de troca catiônica (CTC)	8
2.7.2 Saturação por bases (V)	9
2.7.3 Condutividade elétrica do solo (CE)	9
2.7.4 Fósforo (P)	10
2.7.5 Enxofre (S)	11
2.7.6 Zinco (Zn).....	12
2.7.7 Cobre (Cu)	12
2.7.8 O potencial hidrogeniônico (ph).....	13
2.7.9 Carbono orgânico total (COT)	14
2.8 Indicadores biológicos de qualidade do solo	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1 Descrição geral da região do estudo	16
3.2 Descrição de uso e manejo do solo	16
3.3 Amostragem	17
3.4 Determinação dos atributos físicos de qualidade do solo	21
3.5 Determinação dos atributos químicos de qualidade do solo.....	21
3.6 Determinação do atributo biológico de qualidade do solo.....	22
3.7 Análise de dados	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Atributos físicos de qualidade do solo.....	23
4.1.1 Densidade do solo (Ds).....	23
4.1.2 Macroporosidade (Ma)	24
4.1.3 Microporosidade (Mi).....	25
4.1.4 Porosidade total (Pt).....	27
4.1 Atributos químicos de qualidade do solo	28
4.1.1 Capacidade de troca catiônica (CTC)	28
4.1.2 Saturação por bases (V)	29
4.1.3 Carbono orgânico total (COT)	30
4.1.4 Carbono orgânico particulado (COP)	31
4.1.5 Condutividade elétrica do solo (CE)	33
4.1.6 Fósforo (P)	34
4.1.7 Zinco (Zn).....	35
4.1.8 Enxofre (S)	37
4.1.9 Cobre (Cu)	38
4.1.10 pH do solo.....	39
5. CONCLUSÕES	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

7. APÊNDICES	49
---------------------------	-----------

1. INTRODUÇÃO

A agricultura familiar é expressiva no estado do Rio Grande do Sul e abastece os diversos mercados urbanos com produtos agropecuários. Segundo IBGE (2006), existem no estado do Rio Grande do Sul 378.353 estabelecimentos distribuídos em 6.158.610 hectares com diversos usos de terra e 992.088 pessoas estão envolvidas com a atividade. A olericultura convencional, olericultura orgânica e a fruticultura estão entre as principais atividades econômicas, e além dessas culturas, a pastagem e mata nativa fazem parte dos principais usos do solo. A intensidade da atividade agrícola pode afetar negativamente nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. No município de Porto Alegre, a atividade agrícola tem se caracterizado pelo maior revolvimento do solo, aplicação de agrotóxicos e grandes volumes de insumos orgânicos.

A hipótese do presente trabalho é de que essas formas de uso e manejo distintos do solo adotados podem estar a induzir alterações que resultam em diferenças nas características físicas, químicas e biológicas dos solos que podem levar a processos de perda de qualidade e degradação dos mesmos.

O objectivo deste estudo foi de avaliar os indicadores físicos e químicos da qualidade do solo em diferentes usos e manejos do solo adotados na agricultura familiar no município de Porto Alegre.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceito de agricultura familiar

A agricultura familiar é um meio de organização da produção agrícola, florestal, pesqueira, pastoril e aquícola, gerenciada e operada por uma família predominantemente dependente de mão-de-obra familiar (FAO, 2014). Pela Lei nº 11.326, de 24 de Julho de 2006, no Brasil, o agricultor familiar é todo aquele indivíduo que obedece aos seguintes requisitos (IBGE, 2006):

Art. 3º Para os efeitos desta Lei considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural, aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos:

I - não detenha, a qualquer título, área maior do que quatro módulos fiscais;

II - utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;

III - tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento;

IV - dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

§ 1º O disposto no inciso I do caput deste artigo não se aplica quando se tratar de condomínio rural ou outras formas coletivas de propriedade, desde que a fração ideal por proprietário não ultrapasse quatro módulos fiscais (IBGE, 2006, p. 04).

2.2 Perfil da agricultura familiar

A agricultura familiar é expressiva no Rio Grande do Sul. De acordo com EMATER/RS (2014), 86% do total das propriedades agropecuárias são de agricultores familiares, e ocupam uma área correspondente a 31% das áreas agropecuárias, com diversas formas de uso (Tabela 1). De acordo com a

mesma fonte, 992.088 pessoas estão envolvidas com a agricultura familiar dos quais 592.059 são homens e 400.029 são mulheres, sendo a receita total gerada com atividade agropecuária estima-se em cerca de seis bilhões de reais por campanha. A tabela 2 apresenta a distribuição fundiária da atividade agropecuária familiar no estado do Rio Grande do Sul (EMATER/RS, 2014).

Tabela 1. Distribuição dos diferentes usos do solo em atividades agrícolas no Estado do Rio Grande do Sul

Uso do solo	Estabelecimentos	Área
	----unidades---	-----ha-----
Lavouras permanentes	120.497	215.227
Lavouras temporárias	312.768	2.459.011
Forrageira para corte	317.254	79.243
Pastagens naturais	236.807	1.700.992
Pastagens plantadas	63.260	216.854
Matas e/ou florestas naturais	218.955	832.838
Matas e/ou florestas preservadas	65.108	196.276
Sistemas agro-florestais	20.750	75.210
Áreas com cultivo de flores	1.028	1.653
TOTAL	378.546	6.171.622

Fonte: EMATER/RS (2014)

Para o município de Porto Alegre são estimados 109 hectares com diversas espécies de culturas permanentes; 80 ha são de pêssego, 12 ha de uva, 6 ha de goiaba, 3 ha de tangerina, 2 ha de caqui, 2 ha de figo, 2 ha de pera, 1 ha de laranja e 1 ha de noz. As culturas temporárias ocupam aproximadamente 413 hectares, sendo 250 ha de arroz, 50 ha de mandioca, 30 ha de melão, 30 ha de milho, 20 ha de batata-doce, 20 ha de cana-de-açúcar, 10 ha de tomate e 3 ha de feijões. O número de cabeças na pecuária é de 33.799, sendo 11.915 de galináceo, 6.571 de equino, 6.394 de bovino, 2.905 de suíno, 1.747 de ovino, 394 de caprino e 154 de bubalino e 3.719 vacas leiteiras.

2.3 Uso e manejo do solo

Uso do solo é a forma como um espaço geográfico está a ser ocupado pelo homem, enquanto o manejo do solo é um conjunto de

operações realizadas com objetivo de criar condições favoráveis à semeadura, ao desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, por tempo ilimitado (Embrapa, 2003).

A agricultura é uma das principais atividades antrópicas que mais provoca a degradação dos solos agrícolas, quando mal concebida. Pruski (2011) recomenda que os sistemas de uso e manejo do solo precisam manter maior parte da superfície terrestre de forma coberta, isso porque garante a maior rugosidade da superfície, conseqüentemente propicia a maior infiltração e armazenamento da água no solo. A cobertura vegetal é importante também na interceptação da água da chuva, amortecendo o impacto das gotas sobre a desagregação das partículas evitando a erosão do solo.

Tabela 2. Distribuição fundiária no Rio Grande do Sul

Extratos de área -----ha-----	Número de estabelecimentos	Área total (ha)
Sem áreas	6.857	
< 10	171.582	779,381
10 – 50	207.230	4.316.060
50 – 100	25.380	1.706.853
100 – 1000	27.580	7.987.275
1000 – 2500	2.317	3.372.814
> 2500	526	2.164.331
TOTAL	441.472	20.326.715

Fonte: EMATER/RS (2014)

2.4 Qualidade do solo (QS)

A qualidade do solo é a capacidade que o mesmo tem de garantir a produtividade de plantas e animais, manter ou melhorar a qualidade de água e ar, proporcionar saúde aos homens e servir do meio para o desenvolvimento dos animais sem ultrapassar os limites dos ecossistemas naturais ou manejados (Karlen et al., 1997). A qualidade do solo resulta da integração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Aguiar, 2008), e pode ser alterada pelo uso e manejo do solo, principalmente sistemas de cultivo com baixo aporte da matéria orgânica, podendo-se agravar em condições de climas tropicais e subtropicais (Tiwari, 2006; Correa et al., 2009). O estudo sobre a

qualidade dos solos se intensificou no início da década de 90, quando cientistas notaram o aumento de áreas contaminadas por agrotóxicos, começando com propostas de sistemas de manejo capazes de balancear as necessidades dos teores de nutrientes entre o solo e as plantas.

É fundamental quantificar periodicamente a QS em sistemas agrícolas, isso permite avaliar o impacto dos sistemas de cultivo sobre a qualidade do solo e conseqüentemente ajuda na tomada de decisões que possam permitir na melhoria e adoção de práticas agrícolas que sejam sustentáveis (Askari & Holden, 2014). As diversas linhas que pesquisa estudam a qualidade do solo usando atributos físicos, químicos, biológicos, a matéria orgânica e os processos solo-planta como indicadores (Vezzani & Mielniczuk, 2009). Karlen et al. (1997) e Liebig et al. (2001) definiram vários indicadores que avaliam a qualidade do solo para diversas funções e processos que ocorrem no solo.

Vários estudos já foram feitos determinando valores de indicadores de qualidade em áreas de uso e manejo num momento de referência e fizeram comparação com os valores considerados ideais para uma determinada função ou processo que ocorre no solo ou com os valores de áreas sem ação antrópica (Chaves et al., 2012; Nascimento et al., 2014; Silva et al., 2015).

Os valores dos indicadores são avaliados por análises individuais, regressões múltiplas ou graduais, análises de componentes principais ou análise de índices de qualidade do solo (Liebig et al., 2001).

2.5 Indicadores de qualidade do solo

Indicadores de qualidade do solo são atributos quantitativos ou qualitativos do solo que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações de um processo ou atividade, ocorridas num dado ecossistema (Acton, 1994; Araújo et al., 2012). Os indicadores de qualidade do solo usados por diferentes linhas de pesquisa têm sido atributos físicos, químicos, biológicos, matéria orgânica e relação solo-planta (Vezzani & Mielniczuk, 2009). Os indicadores físicos são atributos que interferem na capacidade do solo reter e transmitir água para as culturas; os químicos, na renovação dos resíduos; os biológicos, nas funções de sustentar o crescimento das plantas

(Karlen et al., 1997). Um bom indicador deve: a) ser de fácil utilização em campo para vários usuários; b) estar correlacionado com os processos naturais do ecossistema; c) ser suscetível às variações climáticas e de manejo; d) fazer parte de uma base de dados quando possível (Araújo et al., 2012).

Doran & Parkin (1994) e Liebigh et al. (2001) propuseram vários indicadores de qualidade do solo para avaliar os diversos processos que ocorrem no solo ou funções que ele desempenha no agroecossistema, nomeadamente a produção de alimentos ou fibras, ciclagem de nutrientes, infiltração de água, controle de erosão, regulação de gás com efeito de estufa, regulação da água, tratamento de esgoto, absorção de pesticidas e mobilidade, degradação de pesticidas e suporte de crescimento de culturas. Alguns indicadores físicos (macroporos, microporos e porosidade total), químicos (pH, condutividade elétrica, capacidade de troca catiônica, fósforo, zinco, enxofre, cobre, saturação por bases e carbono orgânico total) e biológicos (carbono orgânico particulado e carbono da biomassa microbiana) têm sido frequentemente usados para avaliar o impacto dos sistemas de uso e manejo sobre a qualidade do solo (Chaves et al., 2012; Freitas et al., 2013; Nascimento et al., 2014; Silva et al., 2015).

2.6 Indicadores físicos da qualidade do solo

2.6.1 Densidade do solo (Ds)

A Ds reflete o arranjo das partículas do solo, varia em função da textura e tem estreita relação com o sistema poroso do solo (Ferreira, 2010). O seu aumento pode reduzir a macroporosidade e porosidade total do solo (Chaves et al., 2012). A Ds é uma propriedade física muito dinâmica e pode ser afetada por qualquer prática que altera a disposição das partículas do solo. Com a compactação do solo por meio de ações antrópicas há redução dos macroporos do solo e do volume do solo, conseqüentemente aumento da Ds (Araújo et al., 2012; Wendling, 2012; Guidolini, 2015; Silva et al., 2015, Mazurana, 2013). Os problemas de compactação podem ocorrer em solos cultivados quando a pressão aplicada por rodados de máquinas e pisoteio animal ultrapassar a sua capacidade de suporte de carga, determinada pela

pressão de pré-consolidação (Mazurane, 2013). A densidade do solo é influenciada por outras características do solo, como mineralogia, textura e matéria orgânica no solo (Klein, 2014).

Vários autores têm estabelecido limites críticos e ideais para o crescimento normal do sistema radicular das plantas. Klein (2014), afirma que a maioria dos solos agrícolas tem a densidade entre 0,9 e 1,8 g cm⁻³, dependendo da textura e da quantidade de matéria orgânica no solo. Silva et al. (2015) consideram uma densidade acima de 1,7 g cm⁻³ limitante para o desenvolvimento radicular em solos arenosos. Guidolini (2015) considera que 1,75 Mg m⁻³ como o limite para o crescimento normal das plantas de cobertura em um Argissolo Vermelho. Entre 1,75 e 1,85 Mg m⁻³ ocorrem deformações na morfologia das raízes em grau médio e acima de 1,85 Mg m⁻³ as deformações são maiores.

2.6.2 Porosidade do solo

A porosidade do solo representa a fração do volume do solo não ocupada por partículas sólidas do solo (Ferreira, 2010), ou seja, ocupada por ar e água (Klein, 2014). A porosidade do solo resulta da textura e estrutura das partículas do solo e da atividade biológica no solo.

De acordo a sua natureza, os poros podem ser classificados como poros texturais, estruturais e específicos. Os poros texturais (poros capilares ou microporos), são formados de espaços livres entre as partículas individuais do solo (silte, areia e argila) e podem ser encontrados dentro dos agregados. Os poros estruturais ou macroporos são formados de espaços vazios entre os agregados e são responsáveis para a aeração e drenagem do solo. Os poros específicos são espaços livres criados por atividade biológica e são constituídos de macroporos (Ribeiro et al., 2012). A distribuição dos poros condiciona o comportamento físico-hídrico do solo (Klein, 2014) como; reserva, transporte, distribuição e remoção do excesso de água e aeração do solo (Ribeiro et al., 2012).

A compactação do solo com a pressão de rodados de máquinas e pisoteio animal durante ciclos de umedecimento e secagem pode causar redução do volume total do solo, como consequência causar a destruição dos

macroporos. A porosidade pode ser influenciada por outras características do solo, como o tipo da textura e o teor de matéria orgânica no solo (Ferreira, 2010; Ribeiro et al., 2012; Araújo et al., 2012; Klein, 2014).

A porosidade e a densidade do solo são propriedades dinâmicas, boas de usar como indicadores de qualidade do solo, devido a sua suscetibilidade ao uso e manejo do solo e fácil determinação (Araújo et al., 2012). Muitos autores estabeleceram limites para a porosidade total (Pt) do solo. Em solos agrícolas, a Pt varia entre 0,30 e 0,70 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, dependendo da densidade das partículas, densidade do solo, uso e manejo do solo (Ferreira, 2010). Um valor de macroporos do solo abaixo de 0,1 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ causa limitação para o crescimento e desenvolvimento radicular das plantas, acima desse valor não há limitação para as plantas (Klein, 2014; Silva et al., 2011).

2.7 Indicadores químicos de qualidade do solo

2.7.1 Capacidade de troca catiônica (CTC)

A CTC é a propriedade que a fração coloidal de argila ou húmus no solo tem de reter cátions em sua superfície, de forma trocável (Mello et al., 1981). A CTC quantifica os cátions retidos por complexo de esfera externa, indiretamente quantifica as cargas negativas do solo (Meurer et al., 2010). Existe a “CTC total ou potencial” calculado pelo somatório de todos os cátions trocáveis do solo (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ e Al^{3+}), determinada a pH 7, e a “CTC efetiva”, calculado pelo somatório de todos os cátions permutáveis do solo, com exceção do íon H^+ , determinada em condições de pH natural do solo (Ronquim, 2010; Meurer et al., 2010).

A CTC é influenciada pelo tipo e quantidade de argilominerais, matéria orgânica, pH do solo e adsorção específica de íons (Meurer et al., 2010). Os argilominerais têm uma CTC fixa independentemente do pH do solo e a matéria orgânica tem uma CTC influenciada diretamente pelo pH, devido a interferência deste na ionização de grupos carboxílicos (COOH) da matéria orgânica (Canellas et al., 2008). A CTC do solo pode ser afetada por sistemas de cultivo, na maioria dos solos tropicais com minerais do tipo 1:1, com baixa CTC, pode ser elevada com a incorporação de matéria orgânica (Bayer &

Mielniczuk, 2008). Na tabela 3 encontram-se as faixas da capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0 e as respectivas interpretações (CQFS RS/SC, 2004).

Tabela 3. Interpretação de CTC do Solo a pH7

Faixa da CTC	Interpretação
-----cmolc dm ⁻³ -----	-----
≤ 5,0	Baixo
5,1 – 15,0	Médio
> 15,0	Alto

Fonte: CQFS RS/SC (2004)

2.7.2 Saturação por bases (V)

A saturação por bases (V) é a soma das bases trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺), com exceção de H⁺ e Al³⁺, presentes em minerais de argila e húmus. A V é expressa em porcentagem de capacidade de troca catiônica potencial e indica o nível de fertilidade dos solos. Valores acima de 50% indicam solos férteis (eutróficos) e valores abaixo indicam baixa fertilidade (distróficos). A maior parte das culturas atinge a sua maior produtividade entre 50 a 80% de saturação por bases (Ronquim, 2010). Na tabela 4 estão interpretados os valores de V (CQFS RS/SC, 2004).

Tabela 4. Interpretação dos valores de saturação por bases no solo

Interpretação no solo	Saturação por bases (CTC _{pH 7,0})
-	-----%-----
Muito baixo	< 45
Baixo	45 – 64
Médio	65 – 80
Alto	> 80

Fonte: CQFS RS/SC (2004).

2.7.3 Condutividade elétrica do solo (CE)

A condutividade elétrica (CE) é a capacidade que um material tem em conduzir corrente elétrica. A CE é aplicada na agricultura devido a sua

maior sensibilidade em relação a alterações de composição físico-química do solo. A CE pode ser afetada pelo teor de água, temperatura e salinidade do solo (Molin & Rabello, 2011).

A salinidade é o nível de teor de sais no solo, a partir do qual pode começar a prejudicar o desenvolvimento normal das plantas, devido ao aumento da pressão osmótica da solução do solo e da toxicidade de alguns íons que interferem no metabolismo das plantas (Bissani et al., 2008). A salinidade do solo pode derivar de fatores naturais, como o material de origem, água do mar, elevação do lençol freático, eflorescências salinas, irrigação com água com teor de sais, uso de curtumes e camas de poedeira. Na Tabela 5 estão apresentados os níveis de CE que caracterizam os solos, consoante os níveis de pH e percentagem de sódio trocável (PST).

Tabela 5. Classificação dos solos com base na CE, pH e PST

Caracterização dos solos	CE	pH	PST
-	-----mS cm ⁻¹ -----	-	-----%------
Salinos	> 4,0	< 8,5	<15,0
Sódicos	< 4,0	> 8,5	>15,0
Salinos/sódicos	> 4,0	< 8,5	>15,0

Fonte: Bissani et al. (2008).

2.7.4 Fósforo (P)

O fósforo é um macronutriente para as plantas assim como o potássio, magnésio, enxofre, nitrogénio e cálcio (Bissani et al., 2008). O solo serve de fonte ou dreno do P, consoante o teor de argila. O aumento de argila em solos muito intemperizados tornam o solo dreno de P, devido ao aumento de cargas positivas, e em solos pouco intemperizado aumenta a fonte de P no solo (Novais et al., 2007).

A disponibilidade do P no solo é influenciada pelo pH. O pH entre 5 e 7,2 é disponível na forma do íon H_2PO_4^- e a pH entre 7,2 a 9 é disponível na forma de íon HPO_4^{2-} . A pH abaixo de 5 e acima de 9, o P torna-se indisponível no solo para as plantas, por formar compostos de baixa solubilidade (Mello et al., 1981). Os teores de P em solos agrícolas são influenciados por adubações orgânicas com dejetos de animais criados em sistemas de confinamento ou fertilizantes químicos (Lopes et al., 2007). Na Tabela 6 são apresentadas as

faixas de interpretação dos níveis do P disponível no solo, para fins de previsão de resposta das culturas à adição de fertilizantes e corretivos.

Tabela 6. Interpretação do teor de fósforo com base no teor de argila.

Interpretação	Classes do P no solo consoante o teor de argila			
	1 (> 60%)	2 (60 – 41%)	3 (40 – 21%)	4 (<20%)
	-----mg dm ⁻³ -----			
Muito baixo	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 7,0
Baixo	2,1 – 4,0	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0	7,1 – 14,0
Médio	4,1 – 6,0	6,1 – 9,0	8,1 – 12,0	14,1 – 21,0
Alto	6,1 – 12,0	9,1 – 18,0	12,1 – 24,0	21,1 – 42,0
Muito alto	> 12,0	> 18,0	> 24,0	> 42,0

Fonte: CQFS RS/SC (2004).

2.7.5 Enxofre (S)

O enxofre é um macronutriente secundário do grupo de Ca e Mg, essencial para o crescimento e desenvolvimento de plantas e animais, a sua absorção pelas plantas ocorre na forma do íon SO_4^{2-} . Maior parte dos solos do planeta apresenta déficit de S, sobretudo os mais intemperizados, exemplo dos Argissolo e Latossolo (Alvarez V. et al., 2007).

O S ocorre no solo na forma orgânica e inorgânica. A sua natureza e teor no solo são influenciadas pela composição mineralógica do solo, drenagem, pH, quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos incorporados no solo e teor de matéria orgânica, e as principais fontes são os minerais primários (sulfeto de Fe e gesso), deposição atmosférica, resíduos vegetais e animais, pesticidas e fertilizantes (Alvarez V. et al., 2007).

Em solos muito intemperizados sob ecossistema natural ou cultivado, 60 a 90% do S encontra-se ligado ao carbono orgânico em forma de composto orgânico (Mello et al., 1981), e o S inorgânico encontra-se na forma do íon SO_4^{2-} , na solução do solo ou adsorvido as partículas de argila ou em complexos organominerais (Alvarez V. et al., 2007).

A adsorção do S nos coloides do solo é afetada pela natureza de argila e pH do solo, a maioria dos solos tropicais com muita argila de baixa atividade, sobre tudo ricos em óxidos e hidróxidos de Fe e Al apresentam maior

capacidade de absorção do SO_4^{2-} , nesse mesmo tipo de solos, ricos em óxidos e cargas variáveis, o pH controla a disponibilidade e a movimentação do SO_4^{2-} (Alvarez V. et al., 2007), sendo mais adsorvido a pH abaixo de 7,5 e mais perdido por lixiviação ou adsorvido pelas plantas em forma de sulfato a pH acima de 7,5 (Mello et al., 1981). Na tabela 7 estão apresentadas as classes de interpretação dos teores de enxofre extraíveis do solo, para fins de fertilidade do solo e resposta das plantas.

Tabela 7. Interpretação dos teores Zn, Cu e S no solo

Classificação	Cobre (Cu)	Zinco (Zn)	Enxofre (S)
	-----mg dm ⁻³ -----		
Baixo	< 0,2	≤ 0,2	≤ 2,0
Médio	0,2 – 0,4	0,2 – 0,5	2,1 - 5,0
Alto	> 0,4	> 0,5	> 5,0

Fonte: CQFS RS/SC (2004).

2.7.6 Zinco (Zn)

O Zinco é um micronutriente essencial para o crescimento das plantas, que ocorre em minerais primários e secundários e também na solução do solo e na matéria orgânica como cátion trocável (Mello et al, 1981; Abreu et al., 2007). A concentração total de Zn no solo varia entre 10 a 300 mg kg⁻¹, sendo maior em solos que derivam de rochas ígneas básicas e menor em solos que derivam de rochas sedimentares e arenitos, a sua disponibilidade é afetada por pH, sendo maior a pH entre 5 e 6,5 em função da complexação com ácidos fúlvicos, acima desse valor o Zn torna-se indisponível em função de formação de complexos com ácidos húmicos (Abreu et al., 2007). O Zn pode se complexar também aos minerais de argila e tornar-se indisponível. Na tabela 7 estão apresentados os níveis de Zn no solo em termos de fertilidade (CQFS RS/SC, 2004).

2.7.7 Cobre (Cu)

O Cu é um micronutriente essencial para o crescimento das plantas, na litosfera a sua concentração é menor que 1 g kg⁻¹ e encontra-se combinado

a S formando sulfato e estrutura de alguns minerais e matéria orgânica, a sua concentração total no solo varia entre 10 e 80 mg kg⁻¹ (Abreu et al., 2007), sendo maior em solos derivados de rochas ígneas e em locais de sedimentos ricos em sílica e de carbonatos (Mello et al., 1981). A disponibilidade de Cu no solo é afetada com pH, o aumento de pH faz com que o Cu torna-se indisponível, devido a formação de complexos orgânicos estáveis com os grupos carboxílicos e fenólicos, a sua maior disponibilidade ocorre a pH entre 5 e 6,5 (Mello et al, 1981; Abreu et al., 2007). A disponibilidade de Cu também é afetada por outros fatores como íons metálicos e a textura do solo, e torna-se menos disponível em solos com presença de excessiva de íons metálicos (Fe, Mn e Al) e arenosos com baixo teor de matéria orgânica (Abreu et al., 2007). Na tabela 7 estão apresentados os níveis de Cu no solo em termos de fertilidade.

2.7.8 O potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) do solo expressa a acidez ativa do solo, determinada pelo potencial do íon H⁺ que existe no solo (Motta & Melo, 2009). É uma propriedade química do solo que mais contribui para o desenvolvimento das plantas e produção agrícola por influenciar na solubilidade, concentração da solução, forma iônica dos nutrientes no solo, absorção e utilização dos nutrientes no solo pelas plantas (Silva et al., 2012). O pH é também um indicador da situação química do solo e da qualidade do solo (Motta & Melo, 2009; Ronquim, 2010). Solos com baixo pH são solos ácidos e pobres em bases (cálcio e magnésio) e ricos em alumínio, manganês e alto teor de P fixado nos colóides do solo (Ronquim, 2010). O pH interfere também na capacidade de reação de substâncias húmicas da matéria orgânica. A partir de pH 3,0 o número de cargas negativas começa a aumentar devido a dissociação dos grupos COOH até a pH 9 com a dissociação dos grupos OH, contribuindo no aumento da CTC do solo (Canellas et al., 2008).

2.7.9 Carbono orgânico total (COT)

A fase sólida do solo é constituída por fração mineral e orgânica. De maneira ampla, a matéria orgânica do solo (MOS) é a fração de todos os organismos vivos de origem animal e vegetal e seus restos que se encontram no solo em diferentes graus de decomposição, em manejo de fertilidade do solo, considera-se de MOS a fração não viva, constituída de frações orgânicas estabilizadas na forma de substâncias húmicas (Bot & Benites, 2005; Silva & Mendonça, 2007).

Os teores médios de elementos na MOS são de 58% de C, 6% de H, 33% de O, e 3% de N, S e P. A quantidade de carbono orgânico total (COT) no solo depende do aporte, decomposição e mineralização dos resíduos da biomassa aérea e radicular das plantas retornados no solo, da liberação dos exsudados radiculares, da lavagem de constituintes solúveis da planta pela água da chuva e transformação desses materiais carbonados pelos macro e microrganismos do solo (Silva & Mendonça, 2007). De acordo com os mesmos autores, o COT é formado por C da matéria orgânica viva (temporariamente imobilizado, associado à biomassa microbiana) e não viva, sendo que, a matéria orgânica viva contribui com 4% do COT e matéria orgânica não viva com 98%. O C da matéria orgânica não viva é subdividido em 10-15% do carbono orgânico particulado (COP) e 85-90% do carbono de húmus (Silva & Mendonça, 2007).

Vários fatores, como clima da região, tipo de vegetação predominante, textura do solo, sistemas de cultivo e espécies usadas no solo influenciam no estoque de carbono no solo (Silva & Mendonça, 2007; Mielniczuk, 2008). Queimadas frequentes e preparo intensivo do solo propiciam a maior decomposição microbiana, acelerando as perdas do C com a emissão dos gases de efeito de estufa (CO_2 e CH_4) e por lixiviação ou erosão dos compostos orgânicos (Silva & Mendonça, 2007; Mielniczuk, 2008; Correa et al., 2009).

O teor de C no solo é influenciado pela textura. O teor de C é maior em solos argilosos, isso deve-se a formação de diferentes tipos de ligações

entre as partículas de argila e a MOS que favorecem a proteção da MOS, outra causa é a floculação das partículas de argila que favorecem a formação de agregados estáveis e oclusão de MOS dentro dos agregados, dificultando a decomposição por microrganismos e suas enzimas. Em solos mais arenosos e em condições de maiores índices pluviométricos as perdas de carbono orgânico solúvel são maiores (Silva & Mendonça, 2007). O uso de COT como indicador de qualidade do solo deve-se a sua maior resposta sobre uso e manejo do solo (Mielniczuk, 2008).

2.8 Indicadores biológicos de qualidade do solo

O COP é a fração da matéria orgânica não viva composta por restos vegetais em vários estágios de alteração, o seu conteúdo está ligado aumento e manutenção de resíduos orgânicos aportados no solo (Silva & Mendonça, 2007). É a fração grosseira da matéria orgânica, associada à fração de areia no solo e contribui com 3-20% do COT (Losekann, 2009).

O COP ocorre na matéria orgânica leve livre e na matéria orgânica leve oclusa. A matéria orgânica leve livre é quimicamente parecida com os restos vegetais e tem uma taxa de decomposição muito alta, a matéria orgânica leve oclusa apresenta grau mais avançado de transformação e uma ciclagem mais lenta e pode conter resíduos de metabolismo microbiano (Silva & Mendonça, 2007).

A fração do COP é afetada com o tipo de solo, vegetação, clima e as práticas de manejo do solo. Menor revolvimento do solo, rotação de espécies, maior aporte de insumos orgânicos e condições climáticas menos favoráveis para a decomposição são fatores que contribuem para o aumento da COP no solo (Silva & Mendonça, 2007).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Descrição geral da região do estudo

O estudo foi realizado no município de Porto Alegre, nas localidades de Lami, Lomba de Pinheiro e Serraria. Segundo o sistema de classificação de Koppen-Geiger, o clima da região é do tipo subtropical húmido com verão quente (Cfa), caracterizado por precipitação média anual entre 1250 a 2000 mm e temperatura superior a 22°C no mês mais quente e superior a 3°C no mês mais frio (PELT, 2014). A maioria do substrato rochoso é ocupada por rochas graníticas que se destacam no relevo do município pelo conjunto distinto de cristas, morros e coxilhas, representando os diferentes tipos de granito identificados nesta região (PMPA, 2008). No município de Porto Alegre predomina o bioma pampa (IBGE, 2016), constituído por uma vegetação principalmente de gramíneas, herbáceas e árvores, os topos mais planos apresentam espécies de herbáceas baixas (60 cm a 1 m) e pobres em outras espécies, as encostas se tornam mais densas e ricas em espécies de gramíneas e leguminosas, os gêneros *Stipa*, *Piptochaetium*, *Aristida*, *Melica* e *Briza* são os mais comuns (IBF, 2016). Os solos da área de estudo foram classificados como Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo e Planossolo Hidromórfico e o relevo variou de plano a ondulado, com declividade entre 1 e 10%.

3.2 Descrição de uso e manejo do solo

As formas de uso e manejo do solo foram descritos com base em uma entrevista conduzida com os agricultores (Apêndice 1). Os resultados da entrevista estão resumidos na tabela 8.

3.3 Amostragem

A coleta das amostras do solo foi feita em novembro de 2015, em sete unidades de produção agrícola (Apêndice 2), cujo uso e manejo do solo, são representativos do município de Porto Alegre (Ramos et al., 2015). No total foram coletadas amostras do solo em 28 glebas, das quais seis de mata nativa, cinco de pastagem, seis de olericultura orgânica, seis de olericultura convencional e cinco de fruticultura. As amostras foram coletadas na profundidade de 0,0-20,0 cm, correspondente à camada de maior resposta a ação antrópica (Chaves et al., 2012). Nas áreas de olericultura, as amostras foram coletadas ao longo dos canteiros; nos pomares de fruteiras as amostras foram coletadas ao longo das linhas, na projeção da copa das árvores; na pastagem e mata nativas as amostras foram coletadas aleatoriamente.

Em cada gleba duas amostras indeformadas foram coletadas para a determinação da densidade do solo (Ds), macroporos (Ma), microporos (Mi) e porosidade total (Pt) e uma amostra deformada composta de cinco a seis amostras simples foi coletada para a determinação do pH, condutividade elétrica (CE), capacidade de troca catiônica (CTC), fósforo disponível (P), zinco disponível (Zn), enxofre disponível (S), cobre disponível (Cu), percentagem de saturação por base (V), carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico particulado (COP).

Tabela 8. Descrição de usos e manejo do solo

Uso do solo	Manejo do solo
Unidade de Produção 1 (UP1)	
Mata nativa	Solo de textura franca, com declividade 3 a 5%. Área de mata foi caracterizada como fechada com formação vegetal heterogênea entre espécies arbóreas, sem intervenção antrópica, com uma serapilheira menos densa.
Olericultura orgânica	Solo de textura franca, com declividade entre 3 e 5%. A olericultura é caracterizada por sistema de cultivo sucessivo e rotação eventual, a mais de 4 anos, numa área de 1,5 ha. O solo é preparado com enxada rotativa, o solo é revolvido e os resíduos vegetais incorporados no solo. Os canteiros são feitos depois de três ciclos da cultura. O solo recebe 20 m ³ do composto orgânico por hectare em cada ciclo da cultura. São 2 glebas na UP1.

Tabela 8. Continuação...

Pastagem	Solo de textura franca-arenosa, com 1 a 3% do declive. A área foi de 1,5 ha, explorada a 3 anos com pastagem contínuo numa área que antes era cultivo orgânico de olericultura. A área era pastada com 2 animais adultos, sem melhoramento das pastagens com regeneração natural das espécies.
Fruticultura	Solo de textura franca, com declividade entre 3 e 5%. Uma área de 0,5 ha explorada a mais de 15 anos, sem revolvimento do solo, apenas com a sacha das plantas espontâneas com roçadeira mecânico. A área é fertilizada com 30 m ³ /ha do composto orgânico.
Unidade de Produção 2 (UP2)	
Pastagem	Solo de textura franca-arenosa, com declividade de 0 a 3%. A área foi de 0,5 há, explorada a mais de 10 anos, com 4 animais de diferentes idades em pastejo contínuo, sem melhoramento da pastagem, com a regeneração natural das espécies.
Olericultura orgânica	Solo de textura franca, com declividade entre 0 a 3%. A olericultura orgânica é feita num sistema com adubação verde feita com feijão miúdo e feijão guando no inverno, aveia, ervilhaca e nabo-forrageira no verão. O solo é revolvido, o resto das culturas e as plantas espontâneas são usadas para fazer composto. A fertilização da área é feita com 20 ton/ha do composto feito a base de plantas espontâneas e restos de culturas. A área com olericultura orgânica é de 1,5 ha, e tem mais de 10 anos. São 2 glebas na UP2.
Fruticultura	Solo de textura franca, com 1 a 5% de declividade. Uma área de 0,5 ha, explorada a 4 anos, com fruticultura. A fertilização dos campos é feita 30 m ³ /ha do composto orgânico feito à base de restos de culturas e de plantas espontâneas. Antes a área era explorada com olericultura orgânica. A área foi tratada com lodo de esgoto antes da implantação da fruticultura.

Tabela 8. Continuação...

Unidade de Produção 3 (UP3)	
Mata nativa	Solo de textura franca, com declividade 6 a 10%. Área de mata foi caracterizada como fechada com formação vegetal heterogênea entre espécies arbóreas, sem intervenção antrópica, com uma serapilheira menos densa.
Olericultura orgânica	Solo de textura franco-arenoso, com declividade entre 3 e 5%. A área de olericultura orgânica feita de 1,5 ha, durante 10 anos em sistema de consorciação e rotação eventual, com adubação verde feita com feijão miúdo e feijão guando no inverno, aveia, ervilhaca e nabo-forrageira no verão. O solo era revolvido a cada três ciclos da cultura. A fertilização do campo era feita com aplicação 25-30 m ³ de esterco de galinha por hectare e com uma cama de chiqueiro em quantidades não exatas. São 2 glebas na UP3.
Unidade de Produção 4 (UP4)	
Mata nativa	Solo de textura franca, com declividade 1 a 5%. Área de mata foi caracterizada como fechada com formação vegetal heterogênea entre espécies arbóreas e gramíneas, sem intervenção antrópica, com uma serapilheira menos densa.
Pastagem	Solo de textura franca, com declividade de 1-5%. A área foi de 0,5 ha, explorada a 3 anos, com 2 animais de diferentes idades em pastejo contínuo, sem melhoramento da pastagem, com a regeneração natural das espécies. A área era explorada anteriormente com olericultura convencional.
Olericultura convencional	Solo de textura franca, com a declividade entre 1 e 5%. Área de 0,5 ha explorada a mais de 5 anos em sistemas de cultivo sucessivo e rotação eventual das culturas. Solo revolvido com enxada rotativa, com incorporação de resíduos vegetais e plantas espontâneas no solo em cada ciclo da cultura. o solo é adubado 25 m ³ /ha de esterco de galinha, 150 m ³ /ha de esterco de cavalo e 7 sacos/ha de NH ₄ (SO ₄) ₂ , N ₀₅ P ₂₀ K ₂₀ . São 2 glebas na UP4.

Tabela 8. Continuação...

Unidade de Produção 5 (UP5)	
Mata nativa	Solo de textura franca, com declividade 6 a 10%. Área de mata foi caracterizada como fechada com formação vegetal heterogênea entre espécies arbóreas, sem intervenção antrópica, com uma serapilheira menos densa.
Olericultura convencional	Solos de textura franca com 1 a 5% de declividade. Área de 1,5 ha explorada a mais de 10 anos, em sistema de cultivo sucessivo e rotação eventual. O solo é revolvido com enxada rotativa, incorporando os resíduos de restos das culturas e de plantas espontâneas a cada ciclo da cultura. O solo é adubado com 25 m ³ /ha de esterco de galinha, 150 m ³ /ha de esterco de cavalo e 7 sacos/ha de N ₁₂ P ₀₀ K ₁₂ . São 2 glebas na UP5.
Fruticultura	Solo de textura franca, com declividade entre 6 e 10%. Área de 1,5 ha explorada a mais de 15 anos, sem revolvimento do solo, apenas com sachas com roçadeira mecânica. A fertilização inorgânica é feita com 2 kg de N ₁₂ P ₀₀ K ₁₂ por planta. O tratamento fitossanitário de doenças é feito com calda sulfocálcica e bordalesa. São 2 glebas na UP5.
Unidade de Produção 6 (UP6)	
Mata nativa	Solo de textura franca, com declividade entre 1 e 5%. Área de mata foi caracterizada como fechada com formação vegetal heterogênea entre espécies arbóreas, sem intervenção antrópica, com uma serapilheira menos densa.
Pastagem	Solo de textura franca com 6-10% de declividade, uma área de 1,5 ha, explorada há 6 anos com carga de 5 animais de diferentes idades, em pastejo contínuo, com a regeneração natural das espécies. No passado, uma das áreas de pastagem era explorada com fruteiras. As pastagens são fertilizadas com 2000 l ha ⁻¹ de calda de esterco de suíno por ano. São 2 glebas na UP6.
Fruticultura	Solo de textura franca, com 6 a 10% de declividade. Uma área de 0,5 ha explorada a mais de 5 anos, sem revolvimento do solo, com sachas mecânicas. O campo é fertilizado com adubo orgânico a base de caldas de esterco suíno na dose de 4000 l ha ⁻¹ , duas vezes ao ano.

Tabela 8. Continuação...

Unidade de Produção 7 (UP7)	
Mata nativa	Solo de textura franca, com declividade 1 a 5%. Área de mata foi caracterizada como fechada com formação vegetal heterogênea entre espécies arbóreas, sem intervenção antrópica, com uma serapilheira menos densa.
Olericultura convencional	Solo de textura franca-arenosa, com declividade de 1 a 5%. Área de 1,5 ha explorada a mais de 10 anos. solo revolvido com enxada rotativa, com a incorporação de resíduos vegetais da cultura e de plantas espontâneas e formação de canteiros por ciclo da cultura. a adubação é feita com 30 m ³ /ha de esterco de galinha e 9 sacos/ha de NH ₄ (SO ₄) ₂ , N ₁₀ P ₁₀ K ₁₀ . Os controles fitossanitários são feitos com inseticida trichoderma 25% e fungicidas como Amistar e Ridomil, aplicado um em cada ciclo da cultura. São 2 glebas na UP7.

3.4 Determinação dos atributos físicos de qualidade do solo

Os atributos físicos foram determinados seguindo as metodologias descritas em EMBRAPA (2011). A macroporosidade foi determinada pela mesa de tensão, com altura da coluna de água a 60 cm, até cessar a drenagem. A microporosidade foi determinada pela secagem das amostras em estufa a 105°C após a retirada na mesa de tensão. A porosidade total foi determinada pelo somatório dos macros com microporos do solo. A densidade do solo foi determinada pelo método de anel volumétrico, e a granulometria do solo foi determinada pelo método de pipeta.

3.5 Determinação dos atributos químicos de qualidade do solo

O pH foi determinado em extrato saturado na relação 1:1; Os teores de P, K, Cu, Zn e Na foram determinados pelo método de Mehlich-1 (Silva, 2009); Ca, Mg, Al e Mn trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ (Silva, 2009); S-SO₄ foi extraído com CaHPO₄, a 500 mg l⁻¹ de P (Silva, 2009). A CE determinada por extrato de saturação na relação 1:1 (Tedesco et al., 1995). A

CTC do solo foi determinada a pH 7,0 pelo somatório de cátions de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ e Al^{3+} (Tedesco et al., 1995). A percentagem de saturação por bases foi determinada pela relação das bases trocáveis em relação ao CTC a pH 7,0 (Tedesco et al, 1995). A acidez potencial (H+Al) foi estimada utilizando-se o índice SMP (CQFS RS/SC, 2004). O carbono orgânico total (COT) foi determinado pelo método granulométrico de Cambardella & Elliott (1992), 50 g de terra fina seca ao ar de cada amostra (TFSA) foram moídas num almofariz, submetidas num analisador elementar Shimadzu TOC-VCSH, para a leitura do teor de COT.

3.6 Determinação do atributo biológico de qualidade do solo

O carbono orgânico total (COP) foi determinado pelo método granulométrico de Cambardella & Elliott (1992), 80 g na fração areia determinada por método de pipeta foram moídas num almofariz, submetidas num analisador elementr Shimadzu TOC-VCSH, para a leitura do teor de COP.

3.7 Análise de dados

Para análise dos dados, foi considerado um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Os dados foram introduzidos no pacote estatístico SPSS e submetidos a teste de homogeneidade de variância de Levene a 10% de nível de significância, seguida de análise de variância e comparação de médias dos tratamentos pelo teste de Tukey. Por não apresentarem homogeneidade de variância, os dados da variável P foram submetidos à transformação com logaritmo e os dados das variáveis CE, COP e S foram submetidos à transformação com raiz quadrada, seguida de análise paramétrica. Para as variáveis pH e Cu que não apresentaram homogeneidade de variância mesmo depois de transformações logarítmica e raiz quadrada, fez-se uma análise não paramétrica, na qual testou-se as hipóteses de diferenças significativas entre os tratamentos pela análise de Kruskall-Wallis, de seguida fez-se a comparação das médias dos tratamentos dois a dois por meio de teste de Manney-Whitmann.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos físicos de qualidade do solo

4.1.1 Densidade do solo (Ds)

Os valores médios da densidade do solo (Ds) variaram entre 1,33 a 1,57 g cm⁻³, com diferenças significativas entre olericultura orgânica (OO) e pastagem (PT) (Figura 1). O maior valor médio da Ds ocorreu em solos sob a pastagem. Resultado similar foi encontrado por Figueiredo et al. (2008) e Carneiro et al. (2009), em Latossolo Vermelho, comprovando que a maior pressão animal com o pastejo intensivo pode aumentar a Ds, devido à redução do volume do solo (Chaves et al., 2012). O menor valor médio de Ds ocorreu em solo sob a olericultura orgânica, devido à maior incorporação de material orgânico e trabalhos periódicos de encanteiramento, com revolvimento parcial do solo. Resultado similar foi encontrado por Silva et al. (2015), em um Argissolo Vermelho-Amarelo, indicando que maiores teores de matéria orgânica também podem reduzir a Ds devido a sua baixa densidade (Klein, 2014). Este resultado pode ter sido influenciado pela maior formação de agregados e volume poroso, com maior reflexo na redução da Ds.

Todos os valores de Ds encontrados estiveram dentro do intervalo estimado para a maioria dos solos agrícolas, dependendo da matéria orgânica e teor de argila (Klein, 2014). Para um Argissolo-Vermelho, estes valores não apresentam limitação para o desenvolvimento do sistema radicular (Silva et al., 2015; Guidolini, 2015).

4.1.2 Macroporosidade (Ma)

Os valores médios de Ma variaram entre 0,08 a 0,20 m³ m⁻³ (Figura 2). Todos os valores de Ma foram superiores a 0,10 m³ m⁻³ com exceção dos solos sob pastagem, uma indicação de condições adequadas para o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (SILVA et al., 2015).

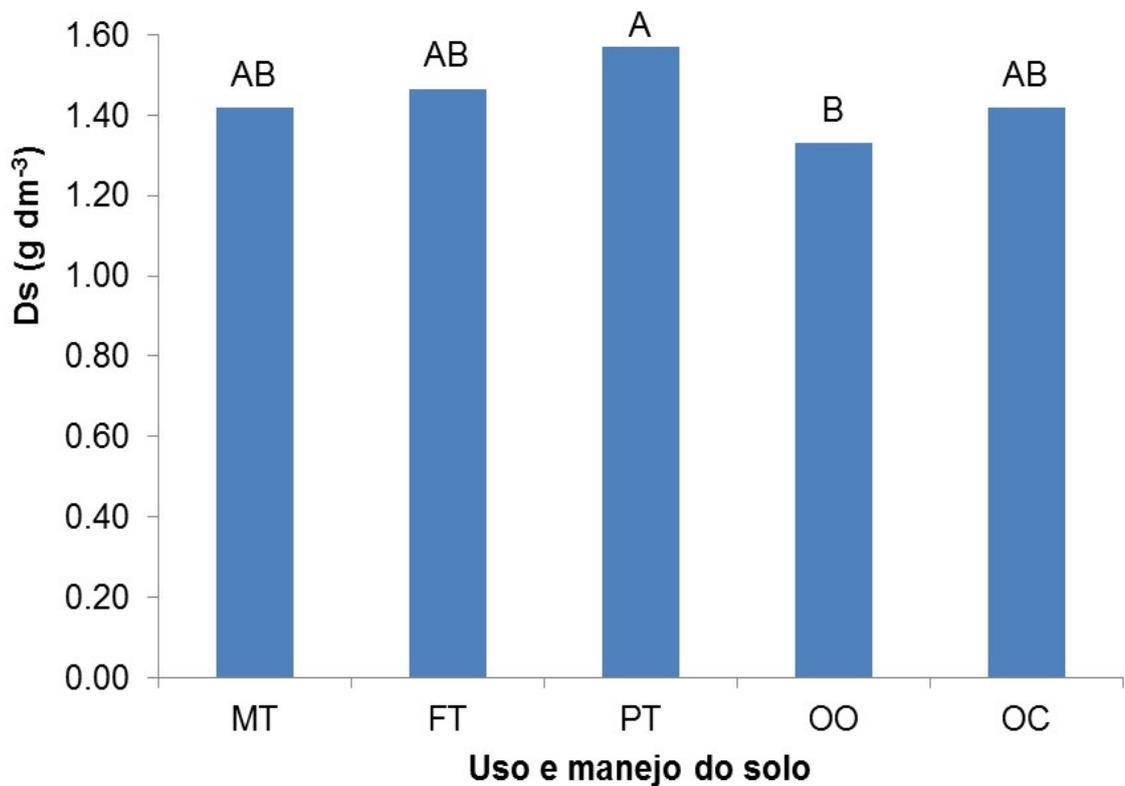


Figura 1. Médias de densidade do solo (Ds) em diferentes usos e manejo do solo.

Mata nativa (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

Os valores médios de Ma encontrados foram significativamente diferentes entre os tratamentos avaliados ($p < 0,10$), especificamente entre olericultura convencional (OC) e pastagem (PT). O menor valor médio de Ma ocorreu em solo sob esta última. Resultado semelhante foi observado por

Cardoso et al. (2011) em um Neossolo Quartzarênico Órtico e por Guidolini (2015) em um Argissolo Vermelho-Amarelo sob pastagem, comprovando o efeito da pressão animal sobre a compactação do solo com reflexo na redução de Ma (Lier, 2010; Ker, 2010; Araújo et al., 2012). O maior valor médio de Ma ocorreu em solo sob a OC (Figura 3), comprovando o efeito do revolvimento do solo no rompimento dos agregados das partículas, com seu maior reflexo no aumento da macroporosidade do solo, devido à dispersão das partículas (Bavoso et al., 2010).

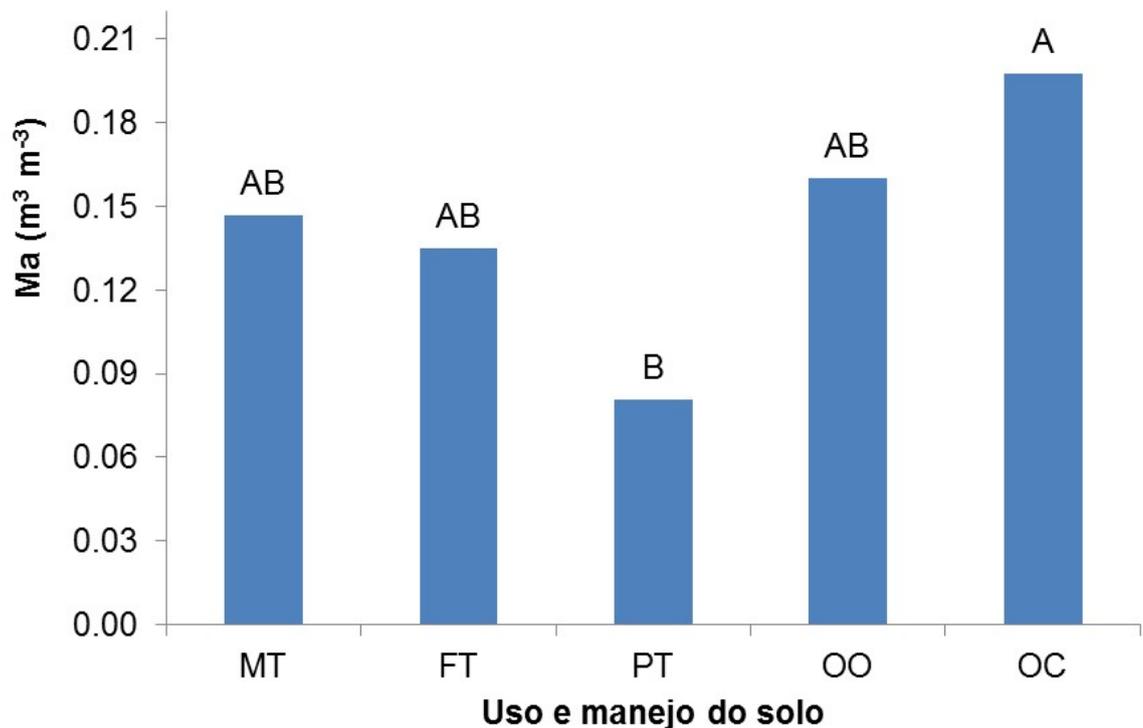


Figura 2. Médias de macroporosidade (Ma) do solo em diferentes usos e manejo do solo.

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

4.1.3 Microporosidade (Mi)

Os valores médios da Mi estiveram entre 0,22 a 0,30 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$. Os tratamentos avaliados apresentaram diferenças significativas entre si (Figura 3). O maior valor médio de Mi ocorreu em solo sob PT e OO. A maior Mi em

solos sob pastagem associa-se a maior pressão da carga animal que pode ter causado a compactação do solo contribuindo no aumento da Mi, com a transformação de macroporos em microporos, enquanto em solos sob a OO a maior Mi comprova o efeito a adição de material orgânico e menor revolvimento do solo em relação a OC na formação e estabilização dos agregados das partículas, com reflexo no aumento do volume de Mi (Lier, 2010; Ker, 2010; Araújo et al., 2012).

O menor valor médio de Mi ocorreu em solos sob OC, evidenciando que, maior revolvimento do solo rompe os agregados na camada arável, deixando as partículas do solo mais soltas, com maior reflexo no aumento dos macroporos e redução de Mi (Bertol et al., 2004).

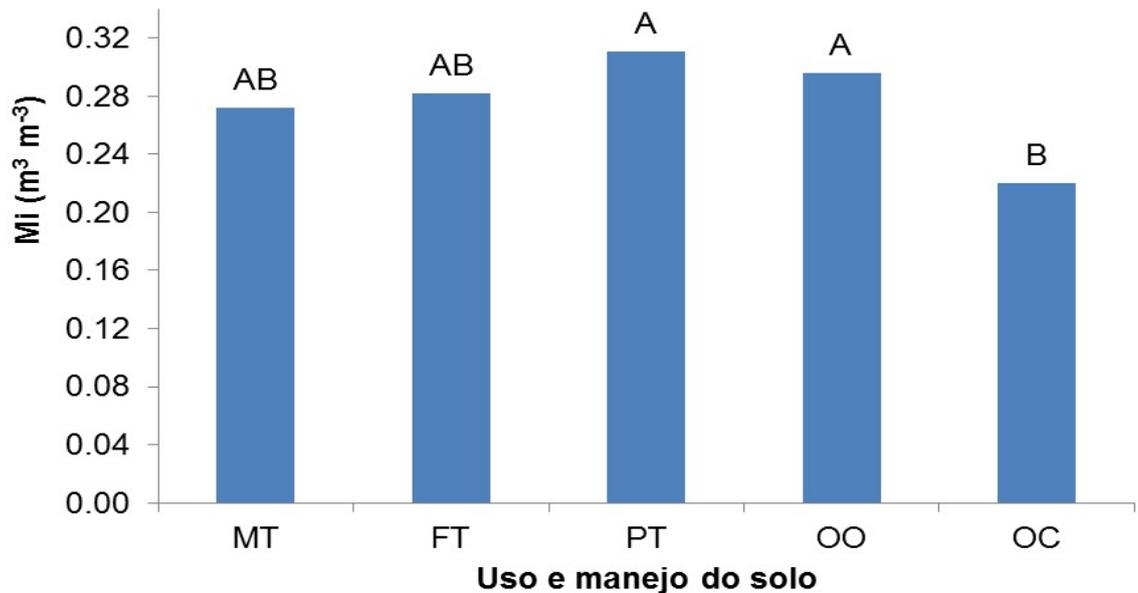


Figura 3. Médias de microporosidade (Mi) do solo em diferentes usos e manejo do solo.

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

4.1.4 Porosidade total (Pt)

Os valores médios da Pt variaram entre 0,39 a 0,46 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, sendo considerados comuns em solos sob manejo, dependendo da densidade das partículas e do solo (Lier, 2010).

Houve diferenças significativas ($p < 0,10$) entre os tratamentos (Figura 4). O menor valor médio ocorreu em solo sob pastagem (PT), devido a compactação do solo, comprovando que a pressão do pisoteio animal pode reduzir o volume total do solo e porosidade total do solo (Klein, 2014). O maior valor médio de Pt ocorreu em solos sob olericultura orgânica. Valor similar foi encontrado por Silva et al. (2015), evidenciando que a incorporação de material orgânico no solo contribui na formação e estabilidade dos agregados das partículas do solo, resultando em aumento da porosidade do solo (Ker, 2010).

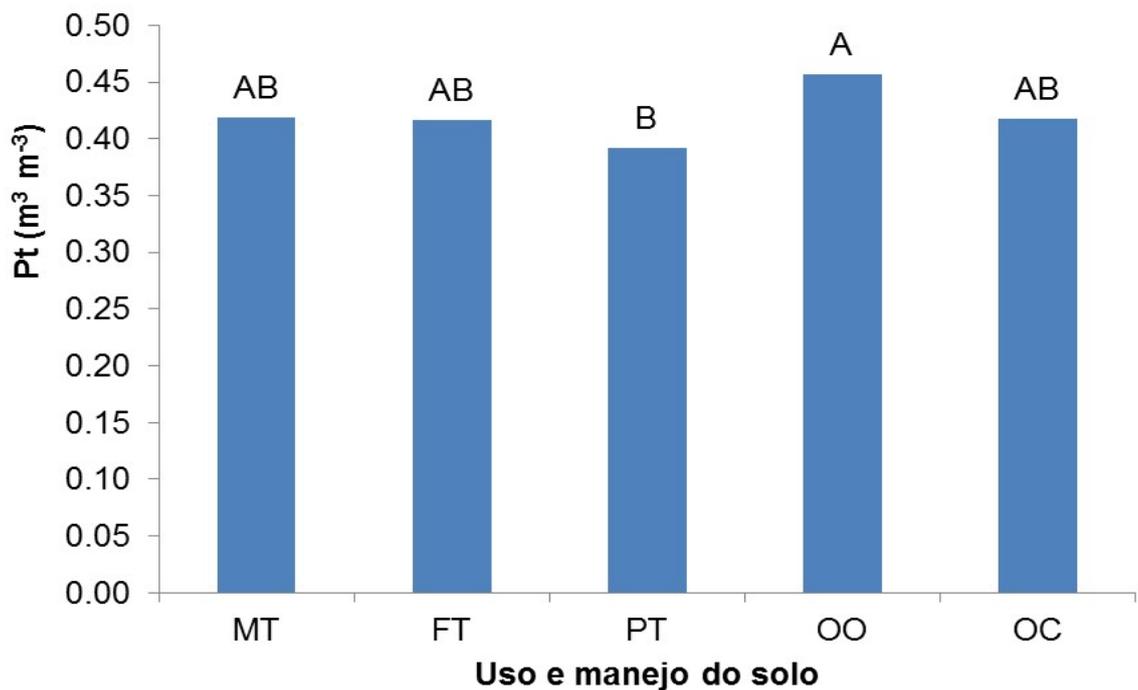


Figura 4. Médias de porosidade total (Pt) do solo em diferentes usos e manejo do solo.

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

4.1 Atributos químicos de qualidade do solo

4.1.1 Capacidade de troca catiónica (CTC)

Os valores médios da CTC variam entre 7,42 a 10,22 cmolc dm^{-3} . Não houve diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,1$), apesar de maior diferença de amplitude entre os tratamentos (Figura 5), mostrando-se ser menos sensível para dar resposta nas condições dos diferentes usos e manejo dos solos avaliados. Este resultado pode estar associado ao fato de os produtores não procederem da mesma maneira para cada tipo de tratamento, contribuindo para uma maior variação dos valores (Apêndice 3).

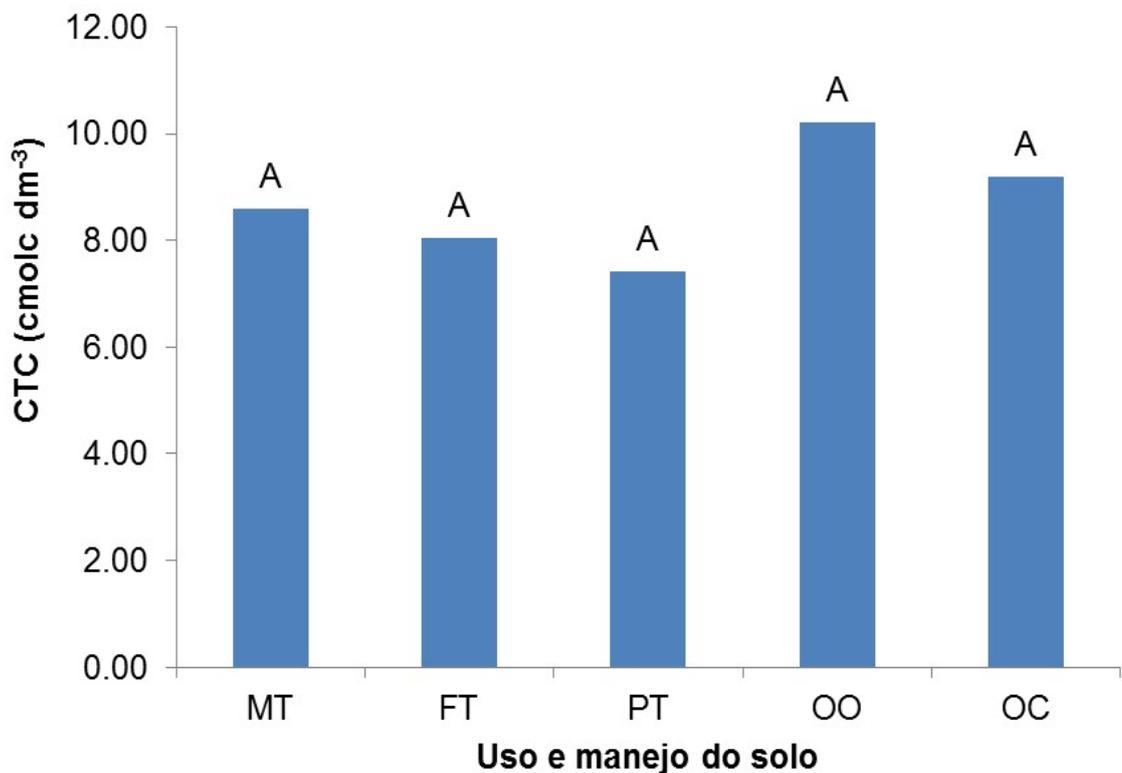


Figura 5. Médias da capacidade de troca catiónica (CTC) do solo em diferentes usos e manejo do solo.

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

Avalia-se que também houve influência pela mudança de uso e manejo do solo em intervalos de tempo muito curtos, comprovando que um

intervalo de tempo de implementação dos tratamentos é muito fundamental para que as variáveis menos sensíveis possam dar respostas quantificáveis das alterações ocorridas dentro dos ecossistemas (Reichert et al., 2003).

Quase todos os sistemas de uso e manejo dos solos avaliados tiveram valores de CTC abaixo de 10 cmolc dm^{-3} ; este resultado pode estar associado ao baixo teor de C orgânico do solo e ao baixo teor de argila no solo, indicando que solos tropicais com baixo teor de matéria orgânica podem apresentar baixa CTC (Bayer & Mielniczuk, 2008; Chaves et al., 2012). Esses valores são considerados baixos para a qualidade do solo em termos de fertilidade do solo, com exceção de olericultura orgânica que teve o seu valor de CTC superior a 10 cmolc dm^{-3} .

4.1.2 Saturação por bases (V)

Os valores médios de V variaram entre 40 e 83%. Houve diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,1$). O menor valor médio de V ocorreu em solos sob mata nativa (MT), seguida solos sob pastagem e o maior valor ocorreu em solos sob olericultura orgânica (Figura 6). O baixo valor de V na área de mata é consequência da baixa disponibilidade dos cátions de caráter básico (Ca, Mg, K e Na) em condições naturais dos solos das regiões tropicais e subtropicais (Sousa et al., 2007).

O menor valor de V que ocorreu em solos sob pastagem (PT) deve-se a baixa incorporação de insumos, mas também a posição das glebas em coxilhas pode ter influenciado para o resultado, devido a perdas de elementos de caráter básico podem ter ocorrido com o escoamento superficial e lixiviação. Valor relativamente maior de V que ocorreu em solos sob olericultura orgânica (OO) está associado à incorporação de insumos orgânicos no solo, comprovando a riqueza de elementos de caráter básico (Ca, Mg e K) em insumos orgânicos aplicados, principalmente as camas de aviário (Bissani et al., 2008). Silva et al. (2015), encontrou em um Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Regolítico valor de V significativamente maior em área de cultivo orgânico, em comparação com outros sistemas de uso e manejo do solo. Os valores de V encontrados em solos sob olericultura orgânica, fruticultura e olericultura convencional foram maiores a 50%, indicando condição de boa

fertilidade do solo (Ronquim, 2010). Corrêa et al. (2009), observaram também valores elevados de V em áreas relacionadas com sistemas agrícolas.

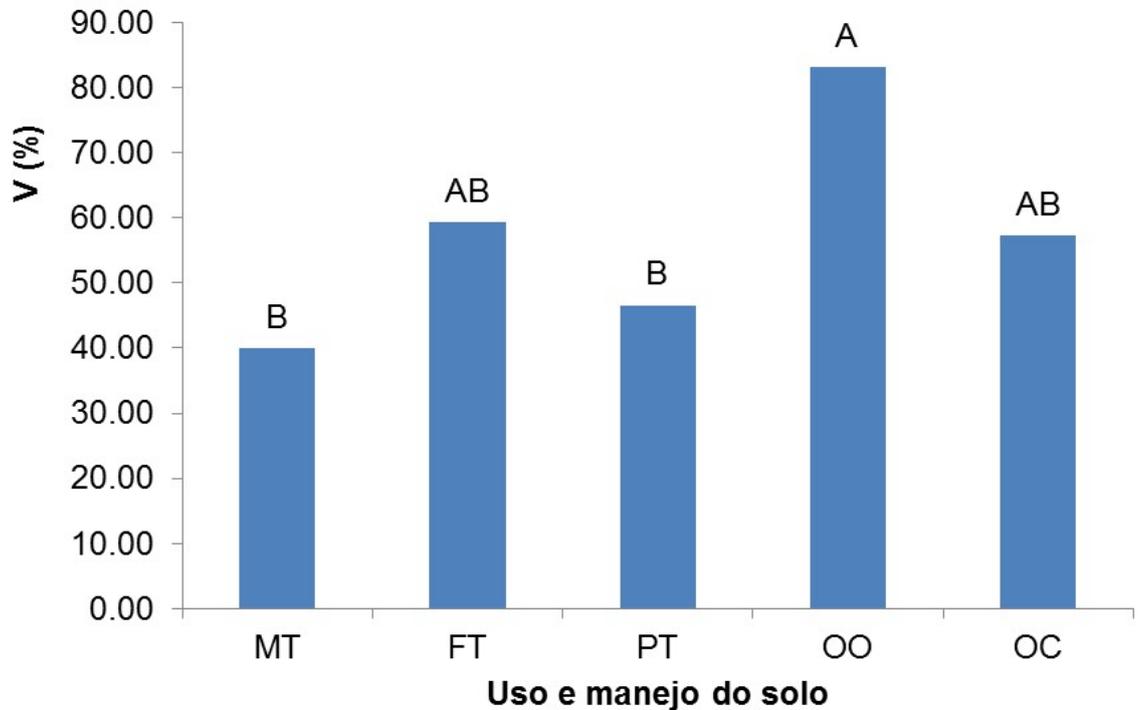


Figura 6. Médias de percentagem de saturação por bases (V) no solo em diferentes usos e manejo do solo.

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

4.1.3 Carbono orgânico total (COT)

Os valores médios de COT variaram entre 0,89 e 1,41%. Não houve diferenças significativas ($p < 0,10$) entre os tratamentos, apesar da maior amplitude de diferença entre os valores, (Figura 7). Resultado similar foi observado por Nascimento et al. (2014), em solos sob diferentes tipos de uso. Este resultado pode ser influenciado pela maior variação dos valores de COT dentro de cada tratamento (Apêndice 3), isso deveu-se pelo fato de cada tratamento não ser executado com o mesmo manejo em todas as unidades de produção. A textura do solo em todas as glebas variou de franca a franca-arenoso, essa semelhança de textura e baixo teor de argila (Tabela 8) pode ter influenciado para que não houvesse diferença significativa de COT entre os

tratamentos. A granulometria é um fator fundamental que influencia no COT do solo, devido à capacidade que a argila tem em formar diferentes ligações com a MOS favorecendo na proteção do C da MOS ou devido a oclusão de C da MOS protegida dentro dos agregados, dificultando a decomposição por microrganismos e suas enzimas (Reis et al., 2014; Silva & Mendonça, 2007).

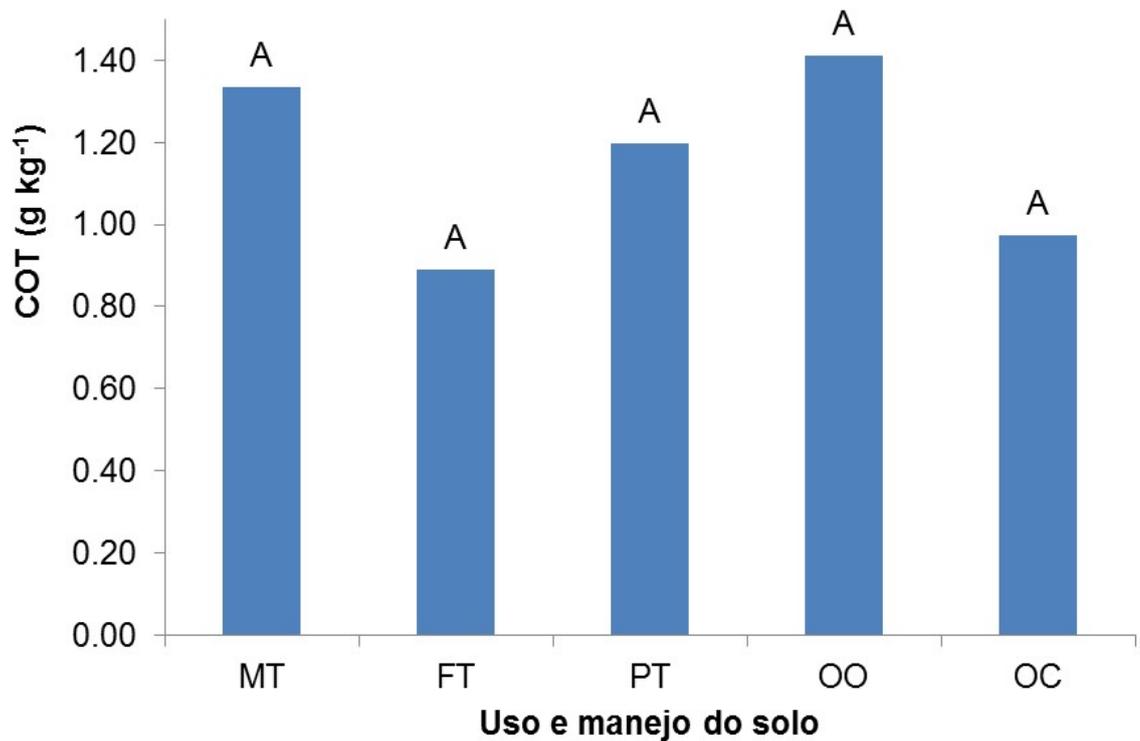


Figura 7. Médias de carbono orgânico total (COT) em diferentes usos e manejo do solo.

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

4.1.4 Carbono orgânico particulado (COP)

Os valores médios de COP variaram entre 0,21 e 0,47%. Não houve diferenças significativas ($p < 0,1$) entre os tratamentos, apesar da grande amplitude de variação dos valores médios do COP entre os tratamentos (Figura 8). Resultado similar foi observado por Nascimento et al. (2014). O COP é o teor de C associado à fração de areia no solo, a semelhança de textura do solo

(Tabela 8) pode ter contribuído para que não houvesse diferenças significativas de COP entre os tratamentos (Silva & Mendonça, 2007). Outro fator que contribuiu para o resultado foi a maior variação dos valores de COP que ocorreu em todas as repetições de cada tratamento (Apêndice 3), devido a baixa precisão dos tratamentos causada pelo fato dos procedimentos seguidos para cada tratamento não serem os mesmos em todas as unidades de produção. Isso se deve às diferenças de manejo dentro de um mesmo uso do solo (Apêndice 3), fazendo que não houvesse diferenças significativas. O outro fator que influenciou no resultado pode ter sido o tempo de mudança dos tratamentos dentro das glebas, comprovando que para variáveis muito sensíveis o tempo de implementação dos tratamentos em agroecossistemas é necessário para que as variáveis possam dar respostas quantificáveis das alterações ocorridas (Lima et al., 2007; Reichert et al., 2003).

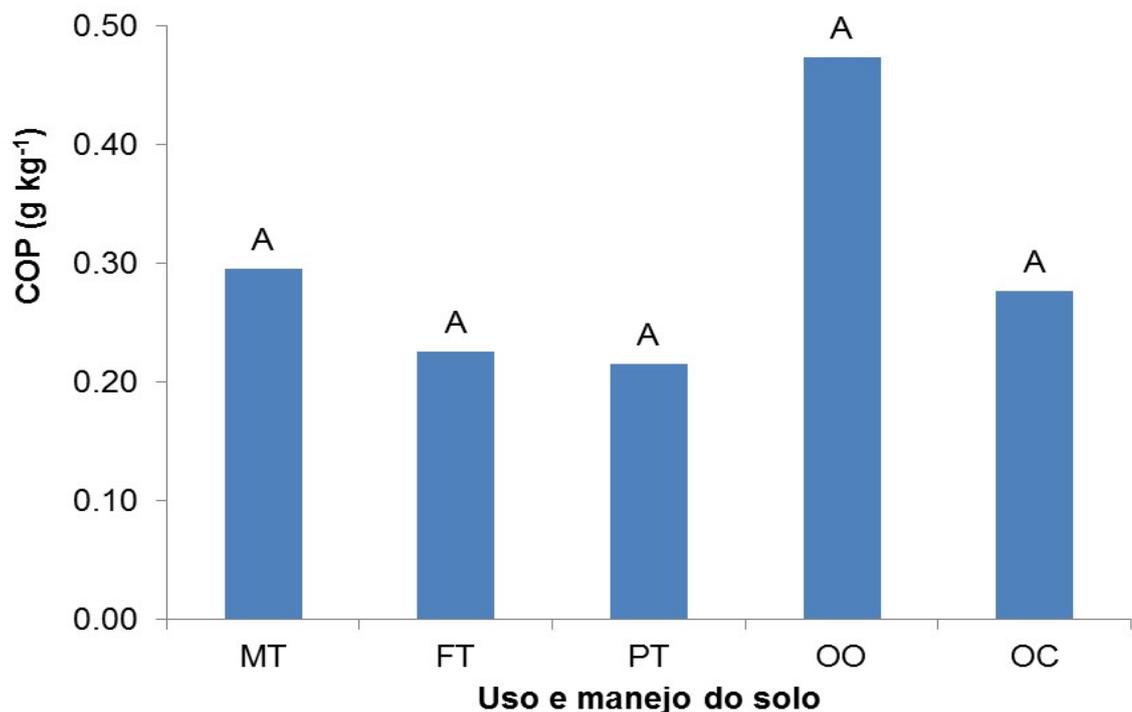


Figura 8. Médias de carbono orgânico particulado (COP) no solo em diferentes usos e manejo do solo.

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

4.1.5 Condutividade eléctrica do solo (CE)

Os valores médios de CE variaram entre 0,29 e 0,69 mS cm⁻¹. Houve diferenças significativas ($p < 0,10$) entre os tratamentos (Figura 9). Maior valor médio de CE ocorreu em solos sob olericultura orgânica (OO), devido à maior incorporação de insumos orgânicos, comprovando a existência de maior teor de sais em insumos orgânicos, principalmente os da cama dos aviários e esterco de cavalo e bovino (Bissani et al., 2008). Menor valor médio de CE ocorreu em solos sob fruticultura, seguido de pastagem. Este valor está associado à posição das glebas com fruticultura e pastagens, nas coxilhas, à maior declividade e profundidade do solo, que podem ter contribuído para a perda de sais com o escoamento superficial e maior lixiviação.

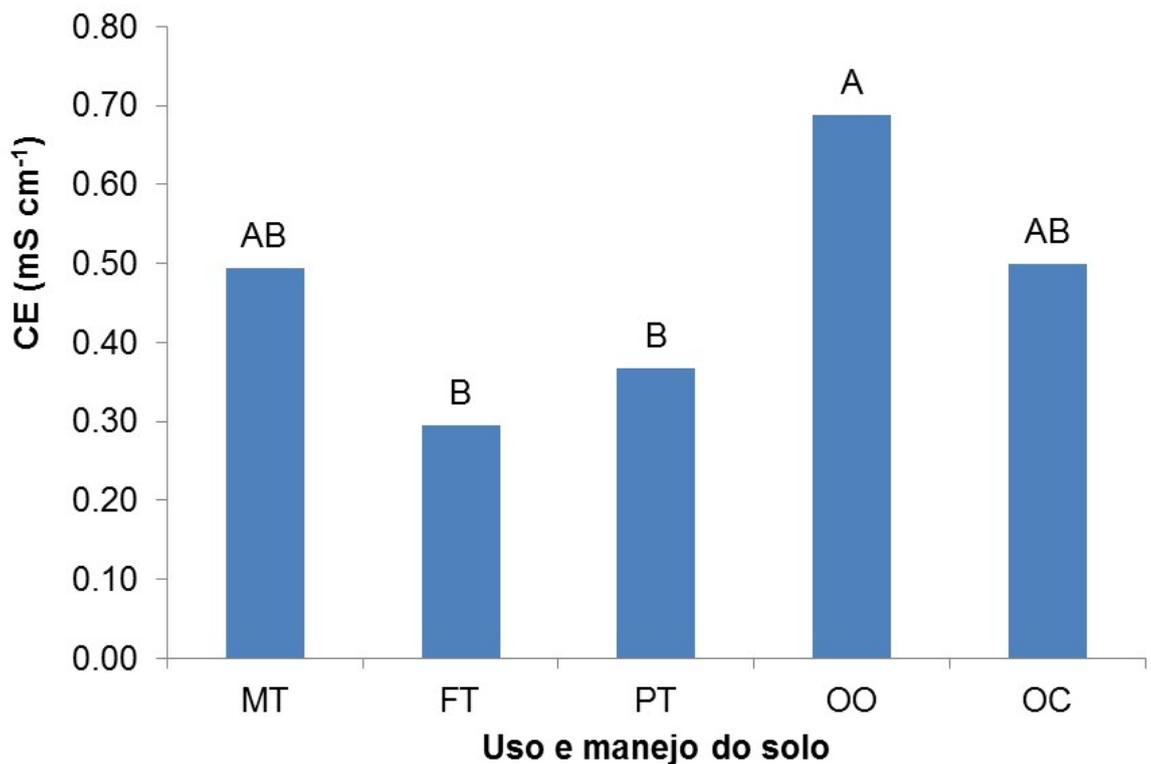


Figura 9. Médias de condutividade eléctrica (CE) no solo em diferentes uso e manejo do solo.

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

Os valores encontrados em todos os tratamentos estiveram abaixo de $4,0 \text{ mS cm}^{-1}$, evidenciando que, apesar de alguns tipos de manejo mais intensivos, estes solos estão longe de apresentar algum sintoma de salinidade, ao menos em superfície (Bissani et al., 2008). Resultado similar foi encontrado por Correa (2009).

4.1.6 Fósforo (P)

Os valores médios de P estiveram entre 20,32 e 353,33 mg dm^{-3} . Houve diferenças significativas ($p < 0,1$) entre os tratamentos (Figura 10). Maior valor médio de P ocorreu em solos sob olericultura orgânica (OO), associado a maior incorporação de insumos orgânicos, comprovando a existência de maiores teores desse elemento em insumos orgânicos provenientes das camas de aviários (Bissani et al., 2008). É interessante notar que praticamente todas as formas de uso da terra apresentaram teores altos de Fósforo. A adubação intensiva realizada nos sistemas de produção na olericultura e na fruticultura explica este dado. Quanto às pastagens, pode se observar que o pastejo também implica em maior adição de P, pela própria presença dos animais. Porém, deve-se levar em conta que algumas destas áreas sob pastagem já foram utilizadas com outros usos, como por exemplo olericultura e mesmo pequenas roças de aipim e fumo (casos de UP1 e UP4).

Corrêa et al. (2009) encontraram maior valor médio de P em solos sob cultivo intensivo, com maior adubação. Nascimento et al. (2014), encontraram em solos sob sistemas de cultivo mais intensivos teores de P que excederam em mais de quatro vezes a classe “muito alta” dos teores de P. Menor valor médio de P ocorreu em solos sob mata, comprovando a ocorrência de menores teores de P disponível em condições normais de solos tropicais e subtropicais, devido a sua tendência em formar compostos de baixa solubilidade (Bissani et al., 2008). Carneiro et al. (2009), encontraram menor teor do P em um Latossolo Vermelho sob vegetação de cerrado e maior teor em solos sob manejo com aplicação de adubos.

Em termos de fertilidade ocorreram níveis de P considerados “médios” em solos sob mata nativa e considerados “muito altos” em solos sob

cultivo (CQFS, 2004), havendo necessidade de tomada de medidas de precaução em relação à adubação, principalmente em solos sob manejo mais intensivo (Lopes et al., 2007). Gebrim et al. (2010) mostraram o potencial de lixiviação de formas de fósforo do solo sob tratamento com altas aplicações de formas orgânicas e inorgânicas, sendo o fenômeno mais acentuado em solos arenosos (caso do presente trabalho).

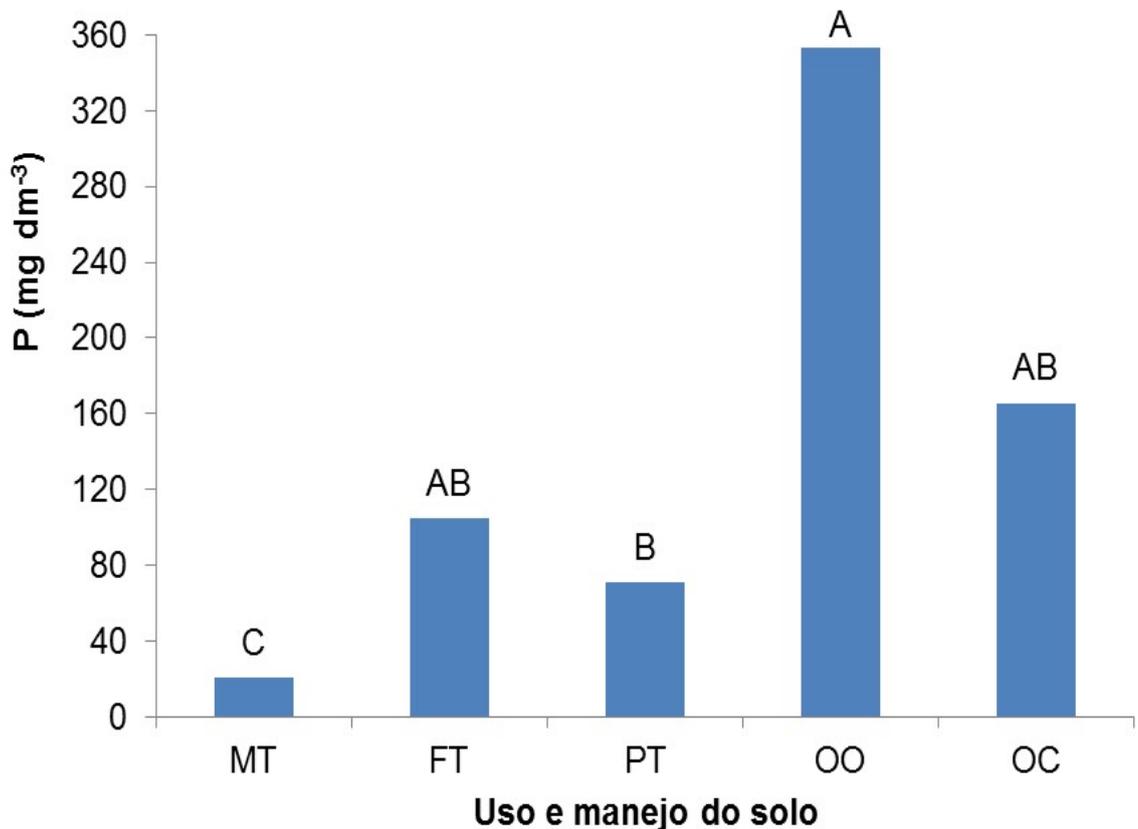


Figura 10. Médias dos teores de fósforo (P) disponível no solo em diferentes uso e manejo do solo.

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

4.1.7 Zinco (Zn)

Os valores médios de Zn variaram entre 7,24 e 18,72 mg dm⁻³. Não houve diferenças significativas ($p < 0,10$) entre os tratamentos, apesar das variações expressivas nas médias dos teores deste elementos, entre os tipos

de uso avaliados (Figura 11). Isso se deveu a maior variação dos valores de Zn em todas as repetições de cada tratamento (Apêndice 3), pelo fato dos agricultores em todas as unidades de produção apresentarem variações no manejo dos solos, como por exemplo os tipos e quantidades de insumos utilizados.

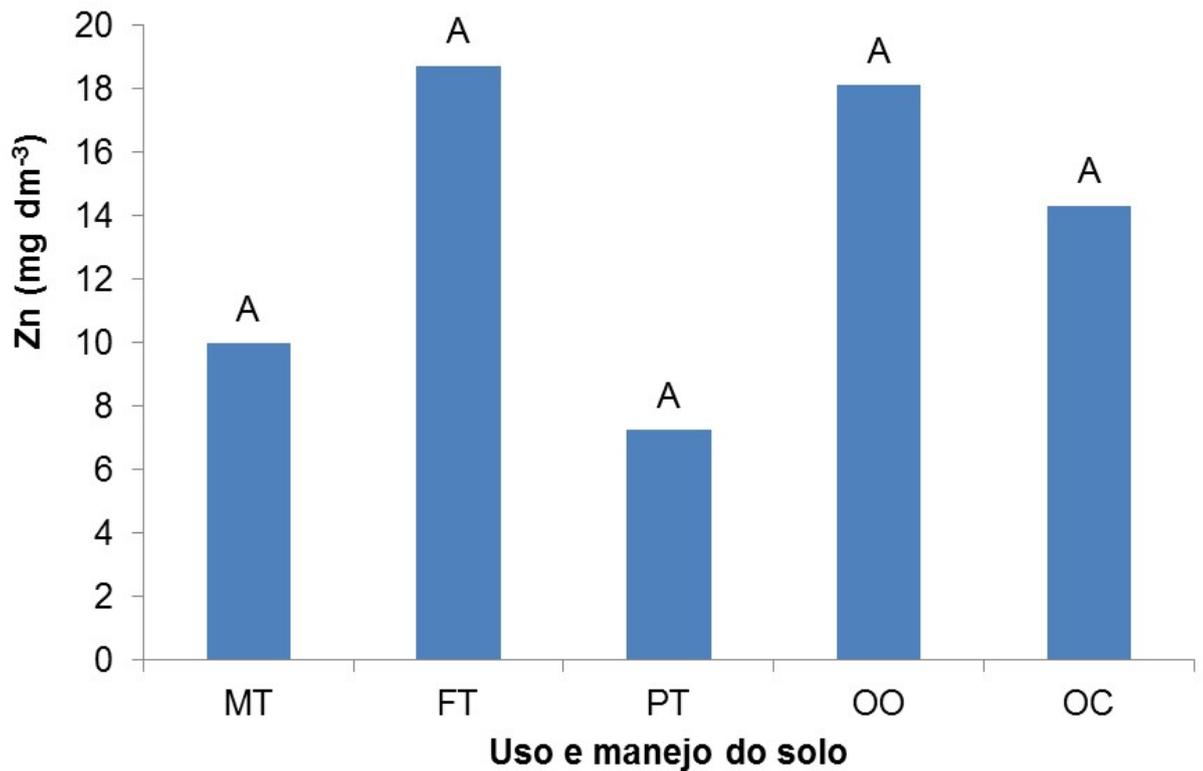


Figura 11. Médias dos teores de zinco (Zn) disponível no solo em diferentes usos e manejo do solo

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

Assim como nos casos de COT e COP, mudanças recentes de uso e manejo do solo em algumas glebas pode ter influenciado para que não houvesse diferenças significativas de Zn entre os tratamentos. São os casos, por exemplo, da gleba sob pastagem na UP1, e de uma das glebas sob olericultura convencional (OC) na UP4, que apresentam alguns resultados distantes das demais glebas sob estes usos. Também é interessante notar a variação de teores de Zn entre glebas sob pastagem, com valores bem maiores

na UP6. A utilização anterior de uma destas glebas com fruteiras, até cerca de 6 anos atrás, deve ter influenciado estes resultados, bem como a proximidade da outra gleba de uma área cultivada com pomar de pêssego.

Em termos de fertilidade, os teores de Zn encontrados em todos os tratamentos foram superiores a 1 mg dm^{-3} , indicando níveis altos (CQFS RS/SC, 2004), havendo necessidade para que medidas de precaução comecem a ser tomadas em relação a adubações para que danos ambientais de difícil remediação comecem a acontecer (Luo et al., 2000). Estes níveis altos encontrados de Zn estão associados à incorporação de insumos orgânicos, sobretudo os esterco de animais, devido à maior concentração desse elemento nos esterco de animais, isso porque as fórmulas de ração administradas aos animais tem maior concentração desse elemento (Lourenzi et al., 2016; Ernani et al., 2001).

4.1.8 Enxofre (S)

Os valores médios de S variaram entre 7,30 e 12,58 mg dm^{-3} . Não ocorreram diferenças significativas ($p < 0,1$) entre os tratamentos (Figura 12), apesar de maior amplitude de diferença entre os tratamentos. O teor de S é muito influenciado pela composição mineralógica do solo e teor de matéria orgânica, o fato desses fatores não ter diferido podem ter contribuído para que o S não apresentasse diferenças significativas entre os tratamentos. Resíduos vegetais e animais, pesticidas e fertilizantes são outros fatores que influenciam nos teores de S no solo, apesar das quantidades desses insumos terem variado entre os tratamentos, não ocorreram diferenças significativas de S entre os tratamentos. A diferença na execução dos tratamentos e algumas mudanças recentes no uso da terra entre as glebas podem ter contribuído para grandes variações dos valores de S em cada tratamento, fazendo com que não houvesse diferenças significativas entre os tratamentos.

Em termos de fertilidade do solo, ocorreu em todos os tratamentos níveis altos de S (CQFS RS/SC, 2004), acautelando para o início de medidas de precauções, principalmente ao uso de fertilizantes sulfatados, calda bordalesa e maiores quantidades de insumos orgânicos que são as principais

fontes de S, de forma a evitar danos ambientais (Santos et al., 1981, EMATER/RS, 2016).

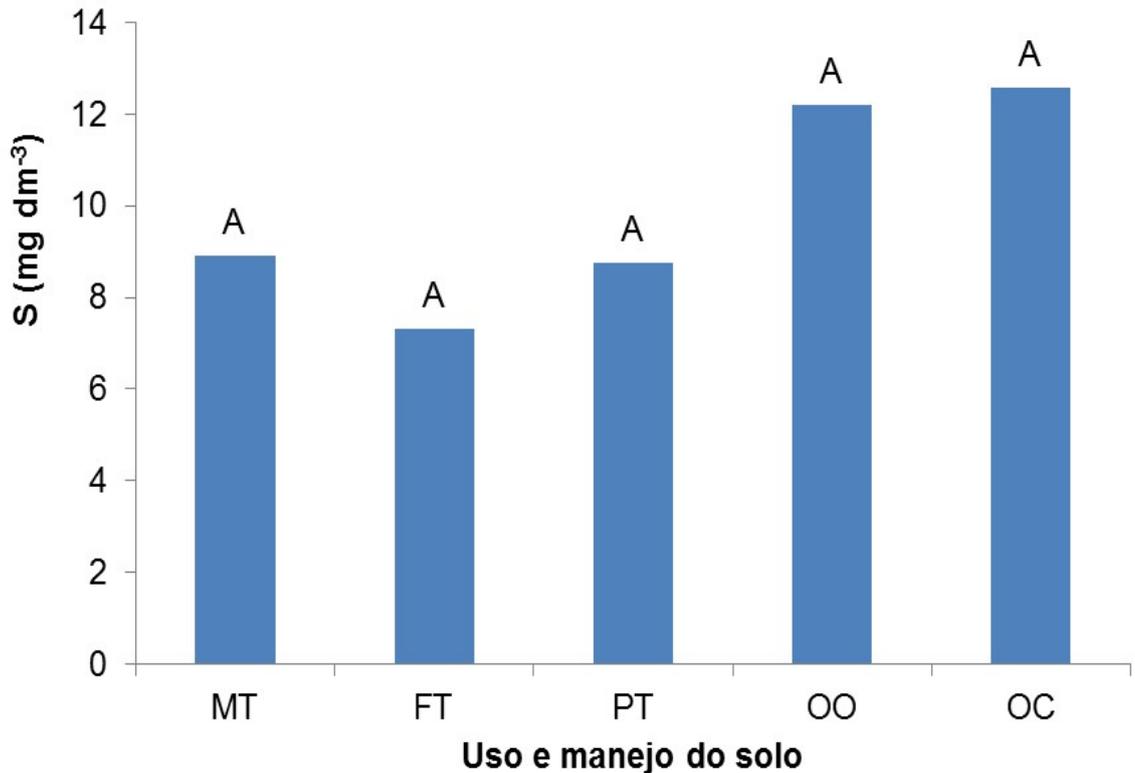


Figura 12. Médias dos teores de enxofre (S) disponível no solo em diferentes usos e manejo do solo

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

4.1.9 Cobre (Cu)

Os valores de médios de Cu variaram entre 1,42 e 8,42 mg dm⁻³. Não houve diferenças significativas ($p < 0,10$) entre os tratamentos (Figura 13), apesar da maior amplitude de diferença entre os tratamentos. Isso se deveu a maior variação de valores em todas as repetições de todos os tratamentos (Apêndice 3). Assim como no caso do Zn, avalia-se que variações na condução dos cultivos e no manejo do solo se refletiram em variações grandes dentro de cada uso do solo.

Em termos de fertilidade, nível baixo de Cu ocorreu em solos sob olericultura orgânica (OO) com maior pH do solo, comprovando que maior pH

do solo torna o Cu menos disponível devido a sua maior retenção nos minerais de argila e maior complexação com a matéria orgânica (Mello et al., 1981). Por outro lado, adubações, e principalmente tratamentos fitossanitários podem ter levado aos altos teores do elemento em áreas de fruticultura (FT), constituindo diferença expressiva em relação a outros tratamentos. Exemplos são o uso de calda sulfocálcica e calda bordalesa, que apresentam teores consideráveis de Cu em sua composição (Bettiol et al., 2014; Natchigal & Schneider, 2007).

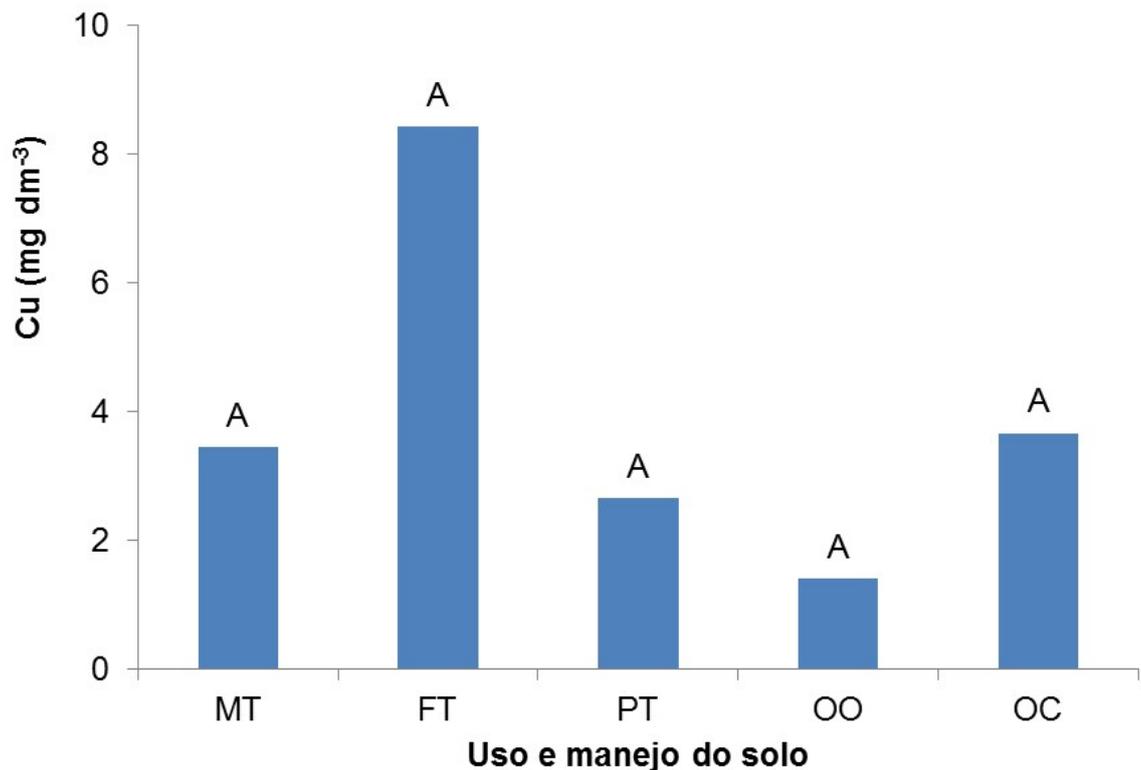


Figura 13. Médias dos teores de cobre (Cu) disponível no solo em diferentes usos e manejo do solo

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

4.1.10 pH do solo

Os valores médios de pH do solo variaram entre 4,73 e 6,27. Houve diferenças significativas ($p < 0,1$) entre os tratamentos (Figura 14). O maior valor médio de pH ocorreu em solos sob olericultura orgânica, onde para além

da correção do solo houve maior incorporação de nutrientes essenciais (Ca, K e Mg), com adubação orgânica, principalmente esterco animal que apresentam maiores teores desses elementos (Bissani et al., 2008). Nascimento et al. (2013) e Silva et al. (2015) observaram em Argissolo, Planossolo e Gleissolos sob cultivo orgânicos níveis maiores de pH. O menor valor médio de pH ocorreu em solos sob a mata nativa, comprovando que solos tropicais e subtropicais em condições naturais sem correção e adubação apresentam menor pH, em consequência de maior remoção dos cátions de caráter básico no complexo devido a maior intensidade da ação dos agentes de intemperismo (Sousa et al., 2007; Correa et al., 2009).

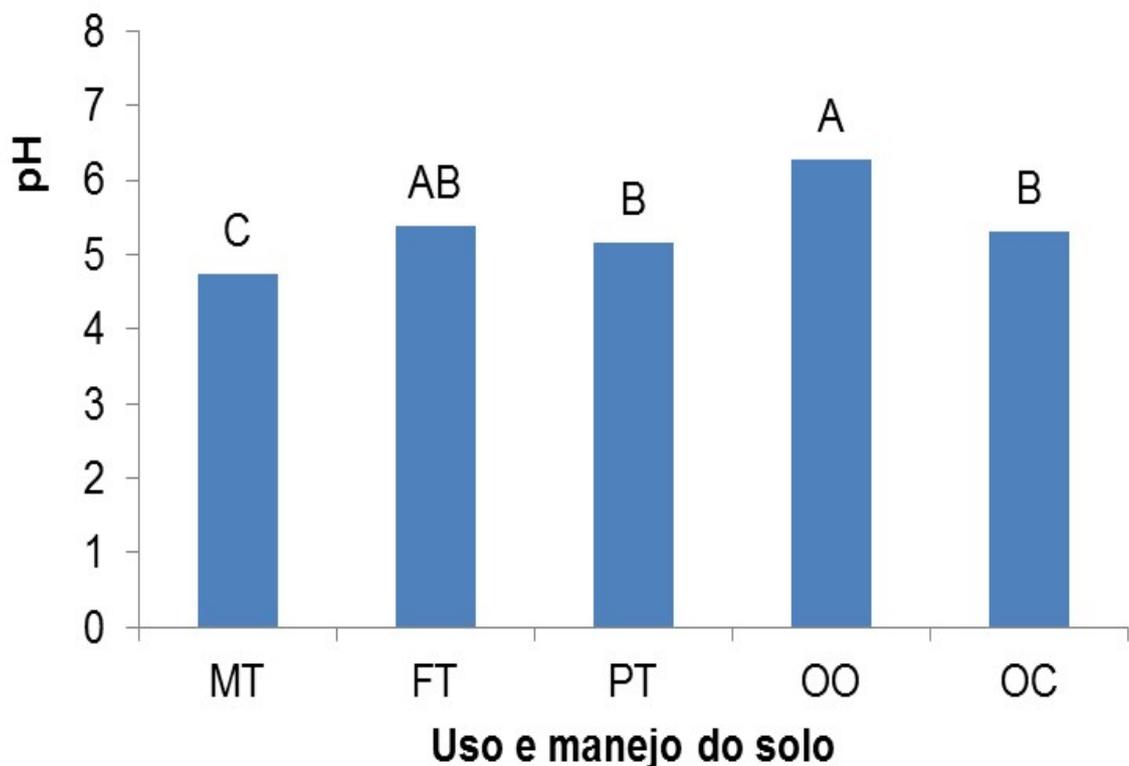


Figura 14. Médias de pH do solo em diferentes usos e manejo

Mata (MT), fruticultura (FT), pastagem (PT), olericultura orgânica (OO) e olericultura convencional (OC). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

Em termos de fertilidade do solo, ocorreu nível de pH considerado “muito alto” em solos sob olericultura orgânica, níveis considerados “baixos” em solos sob outros tipos de uso e nível considerado “muito baixo” em solos sob mata nativa (CQFS RS/SC, 2004).

5. CONCLUSÕES

Os diferentes usos e manejos do solo avaliados causaram alterações nos atributos físicos e químicos de qualidade dos solos.

Dentre os atributos físicos de qualidade do solo avaliados, a Densidade do solo (Ds), Macroporosidade (Ma) e porosidade total (Pt) foram as que mais responderam aos impactos de uso e manejo dos solos.

Todos os valores de atributos físicos estiveram dentro dos limites normais para o crescimento normal das plantas, com exceção da macroporosidade (Ma), que chegou a valor médio muito baixo no uso de pastagens (PT).

Dentre os atributos químicos de qualidade do solo avaliados, os valores de potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e percentagem de saturação por bases (V) e o teor de fósforo (P) foram os que mais responderam aos impactos de uso e manejo dos solos.

A olericultura orgânica (OO), olericultura convencional (OC) e pastagem (PT) foram as formas de uso e manejo dos solos avaliados, que mais provocaram alterações nos atributos de qualidade do solo, havendo necessidade de tomada de medidas de precaução quanto a possíveis danos ambientais.

A capacidade de troca cationica (CTC) e os teores de carbono orgânico particulado (COP), carbono orgânico total (COT), enxofre (S), zinco (Zn) e cobre (Cu) foram atributos que não responderam aos impactos de uso e manejo dos solos, em termos de diferenças entre os usos da terra. Fatores como o pouco tempo de utilização de algumas glebas sob aquele tipo de uso da terra e diferenças nas formas de manejo e condução das áreas sob um mesmo tipo de uso da terra, parecem ter influência sobre a ausência de diferença entre tratamentos para estes atributos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A. de. et al. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. 1. ed. Viçosa: Minas Gerais, 2007. p. 645 – 736.

ACTON, D.F. (Ed.) **A program to assess and monitor soil quality in Canada**. Soil Quality Evaluation Program Summary Report. Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada. Ottawa, 1994. ON. 201 p.

AGUIAR, M. I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

ALVAREZ V, V. H. et al. Enxofre. In: Novais, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. 1. ed. Viçosa: Minas Gerais, 2007. p. 595 – 644.

ARAÚJO, A. P.; BRUNETTO, B. **Pecuária Familiar**. Porto Alegre: Emater/RS, 2016. Disponível em: < <http://www.emater.tche.br/site/area-tecnica/sistema-de-producao-animal/pecuaria-familiar.php#.V60wSPkrLIU>>. Emater/Rs. Acesso em: 22 Jul. 2016.

ARAÚJO, E. A. et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ASKARI, M. S.; HOLDEN, N. M. Indices for quantitative evaluation of soil quality under grassland management. **Geoderma**, Amsterdam, v. 230–231, p.131–142, 2014.

BAVOSO, M. A. et al. Preparo do solo em áreas de produção de grãos, Silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.227-234, 2010.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.7-18.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.155-163, 2004.

BETTIOL, W. et al. Organic and conventional tomato cropping systems. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.61, p.253-259, 2014.

BISSANI, C. A. et al. (Org.). **Fertilidade dos solos e manejo de adubação das culturas**. Porto Alegre: Metropole, 2008. 334 p.

BOT, A.; BENITES, J. **The importance of soil organic matter**. Key to drought-resistant soil and sustained food production. Rome: FAO, 2005. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-a0100e.pdf>>
Acesso em: 16 ago. 2016.

BREMM, B. et al. **Município de Porto Alegre, RS**. 2011. Trabalho de Disciplina de Planejamento da propriedade da família Bertaco. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Participate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.56, p.777-783, 1992.

CANELLAS, L. P. et al. Reações da Matéria Orgânica. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 45 – 65.

CARDOSO, E. L. et al. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no pantanal sul-mato-grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p.613-622, 2011.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de Solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p.147-157, 2009.

CHAVES, A. A. A. et al. Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos. **Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 446-454, out./dez. 2012.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, SBCS-NRS, 2004. 400 p.

CORRÊA, R. M. et al. Seção II - Química e mineralogia do Solo. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p.305-314, 2009.

DONAGEMA, G. K. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2011. 230p.

EDWARDS, J.H. et al. Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludalf soil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 56, p.1577-1582, 1999. Disponível em:

<http://soilquality.org/indicators/total_organic_carbon.html>. Acesso em: 14 ago. 2016.

EMATER/RS. **Sumário de informações**. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/sumario/sumario_09032015.pdfhttp://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/sumario/sumario_09032015.pdf>. Acesso em: 16 Ago. 2016.

ERNANI, P. R. et al. Influência de adições sucessivas de zinco, na forma de esterco suíno ou de óxido, no rendimento de matéria seca de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p. 905-911, 2001.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, J. van. (Ed). **Física do Solo**. 1. ed. Viçosa: Minas Gerais, 2010. p. 1-27.

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G; TOSTES, R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um latossolo vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 24-30, July/Sept. 2008.

FLORES, C. A. et al. Recuperação da qualidade estrutural, pelo sistema plantio direto, de um Argissolo Vermelho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2164-2172, nov. 2008.

FREITAS, I. C. et al. Agroecossistemas de produção familiar da Amazônia e seus impactos nos atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campinas Grande, v.17, n.12, p.1310–1317, 2013.

GBRIM, F. O. et al. Mobility of organic and inorganic phosphorus under different levels of phosphate and poultry litter fertilization in soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p. 1195-1205, 2010.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2ª. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001.

GUIDOLINI, J. F. **Atributos físicos e químicos de um Argissolo Sob diferentes sistemas de uso da terra (SUTs)**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS-IFB. **Bioma Pampa**. Disponível em:<http://www.ibflorestas.org.br/bioma-pampa.html?keyword=vegetacao%20caatinga&creative=46207323236&gclid=CjwKEAiAm8nCBRD7xLj-2aWFyz8SJAAQNalaLfloe2Aw1D_7LM45Jodrt6Bf_SLVwj_WUZ3ADDj4xxoCMYT_wcB>. Acesso em: 15 Dez. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Agricultura Familiar Primeiros Resultados. Rio de Janeiro, 2006. p.1-267.

KARLEN D. L. et al. Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.61, p.4-10, 1997.

KLEIN, V. A. **Física do Solo**. 3.ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014. 263 p.

LIEBIG, M. A.; VARVEL, G. E.; DORAN, J. W. A Simple Performance-Based Index for Assessing Multiple Agroecosystem Functions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 313–318, 2001.

LIER, Q. J. V. **Física do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298 p.

LIMA. H. V. et al. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p. 1085-1098, 2007.

LOPES, F. et al. Utilização de P-Index em uma bacia hidrográfica através de técnicas de geoprocessamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 312–317, 2007.

LOSEKANN, M. E. **Caracterização, classificação e indicadores de qualidade do solo em localidades de agricultura familiar do estado do Rio Grande do Sul**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

LOURENZI, C. R. et al. Atributos químicos de latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquidos de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, p. 233-242, 2016.

LUO, Y.M.; CHRISTIE, P.; BAKER, A.J.M. Soil solution Zn and pH dynamics in non-rhizosphere soil and in the rhizosphere of *Thlaspi caerulescens* grown in a Zn/Cd contaminated Soil. **Chemosphere**, [Oxford], v. 41, p. 161-164, (2000).

MAZURANA, M.; Fink, J.R.; Silveira, V. H.; Levien, R.; Zulpo, L.; Brezolin, D. Propriedades físicas do solo e crescimento de raízes de milho em um argissolo vermelho sob tráfego controlado de máquinas. **R. Bras. Ci. Solo**, v.37, p.:1185-1195, 2013

MELLO, F. A. F. et al. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983.

MELO, V.F.; ALLEONI, L.R. F. **Química e mineralogia do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.1-5.

MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.90-101, jan./fev. 2011.

NASCHTIGAL, J. C. E.; SCHNEIDER, E. P. **Recomendação para produção de videiras em sistema de base ecológica**. Bento Gonçalves (RS): Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2007. 70 p. (Documento 65).

NASCIMENTO, P.C. et al. Influência do uso da terra em atributos físicos e químicos do solo na Região da Serra do Sudeste – RS. **Cadernos de Agroecologia**, Fortaleza, v. 8, n. 2. nov. 2013.

NASCIMENTO, P.C. et al. Uso da terra e atributos de solos do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.9, p.920–926, 2014.

NOVAIS, R. F. et al. Fosforo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Minas Gerais, 2007. p. 471 – 550.

OLIVEIRA, I. P. et al. Concentrações residuais de cobre, ferro, manganês e zinco em latossolo roxo eutrófico sob diferentes tipos de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.31, n.2, p.97-103, 2001.

PAPA, R. A. et al. Qualidade de Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos sob vegetação nativa de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 564-571, 2011.

PETREIRE, V. G.; CUNHA, T. J. F. **Cultivo da videira**. Manejo e conservação do solo. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. (Sistemas de Produção, 1 – 2a. edição. ISSN 1807-0027. Versão Eletrônica. Agosto/2010). Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira_2ed/manejo.html> . Acesso em: 10 abr. 2016.

PORTO ALEGRE. Plano Estadual de Logística e Transportes do Rio Grande do Sul (PELT/RS). Produto P2 – Parte ½. **Estudos Socioeconômicos**. Disponível em: <http://www.pelt-rs.stm.rs.gov.br/images/produtos/Produto%202_parte1red.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA). Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Diagnóstico ambiental de Porto Alegre**. Geologia, Solos, drenagem, Vegetação e ocupação paisagem. Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/downloads/dados/Diagnostico_Ambiental_POA/cd/Livro/diagnostico_ambiental_de_Porto_Alegre.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2016.

PRUSKI, F. F. (Ed.). **Conservação do solo e água**: praticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2009. 279p.

RAMOS, M. R. et al. Produção de hortaliças no sistema orgânico: efeito nos atributos físicos do solo. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 58, n. 1, p. 45-51, jan./mar. 2015.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 27, p.30-48, 2003.

REIS, C. S. Carbon sequestration in clay and silt fractions of Brazilian soils under conventional and no-tillage systems. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.71, p. 292-301, 2014.

RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. DE; B., FILHO, J. C. DE A. Caracterização morfológica do solo. In: Ker, J. C. et al. (Ed.). **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa: Minas Gerais, 2012. p 47-79.

RONQUIM, C. C. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8)

SANTOS, H. L.; VASCONCELOS, C. A.; FRANÇA, G. E. Enxofre. Correção e adubação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.2, n.81, set. 1981.

SILVA, C. F. et al. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio vale do paraíba do sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1680-1689, 2012.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica, 2009. 627 p.

SILVA, G. F. et al. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 25 – 35, jul. – set. 2015.

SILVA, I. R; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do Solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Minas Gerais, 2007. p. 275 – 374.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de solos, UFRGS. 174 p.

THOMAZINI, A. et al. Indicadores participativos de qualidade do cafeeiro conilon e do solo em sistema agroflorestal e convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, Supplement 1, p. 1469-1478, nov. 2013.

TIWARI, K. R. et al. An assessment of soil quality in Pokhara Khola watershed of the Middle Mountains in Nepal. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.4, n. 33/44, July-October 2006.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Revisão de literatura. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.743-755, 2009.

WENDLING, B. et al. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 256-265, Mar. 2012.

7. APÊNDICES

Apêndice 1. Ficha de entrevista

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIOGRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO SOLO

ENTREVISTADA SIMI-ESTRUTURADA

Tema: **Qualidade do solo em manejo e uso de terra**
Orientador: Prof. Paulo César do Nascimento - 3308-6851
Orientando: Agi Costa Cassimo +55 5181927637
E-mail: agicassimo@gmail.com

Entrevista nº: _____ Data: ____/____/2015 Início: _____ Término: _____

1. **Localização da unidade de produção (UP)**
 - a. **Coordenadas:** Latitude:
Longitude:
2. **Origem e trajetória da família**
 - a. **Qual foi a cidade de origem da família ou seus ancestrais?**
Marido:
Esposa:
 - b. **Quando a famílias ou os ancestrais se estabeleceram na UP, e que atividade praticavam antes?**
Marido:
Esposa:
 - c. **Quantos filhos tem a família, e quais são as características dos filhos?**
 - i. Nome: _____ idade: _____ ocupação: _____
 - ii. Nome: _____ idade: _____ ocupação: _____
 - iii. Nome: _____ idade: _____ ocupação: _____
3. **Aquisição e gestão da UP:**
 - a. **Como foi adquirida a terra?**
Renda () Herança () Associação () Cooperativa () Doação () Compra ()
 - b. **Há quanto tempo à família está na UP?**
 - c. **Quantas pessoas de cada categoria trabalham na UP?**
Familiar () Sazonal () Fixo ()
4. **Descrição edafo-climática da região de estudo**
 - a. Clima da região
 - b. Meses de chuva
 - c. Precipitação anual
5. **Descrição da propriedade**
 - a. Quem é o proprietário da UP?
 - b. Qual é a área total da propriedade?
 - c. Que apoio técnico tem recebido?
 - d. Participa em alguma associação ou cooperativa?

6. Principais produtos-atividades

Atividade-produto	Área	Produção/rendimento	Comercio forma e local	Autoconsumo (%)

7. Histórico de uso de terra

Características	Glebas					
	Gleba 1	Gleba 2	Gleba 3	Gleba 4	Gleba 5	Gleba 6
Área (ha)						
Tempo de uso e manejo atual do solo						
Sistema de cultivo (rotação, sucesso e cultivo contínuo)						
Mudança de matiz de uso e sistema de cultivo						
Qual é o histórico do rendimento (kg ha ⁻¹)						
Impacto na renda familiar (%)						
Tipos e doses de corretivos e fertilizantes usados						
Tratos culturais						
Problemas fitossanitários (doenças, pragas e invasoras)						
Controle fitossanitário						
Potenciais limitações edafo-climáticas a produção (solos, declividade, drenagem)						
Práticas adotadas (melhoria, adaptação)						

Apêndice 2. Mapa de solos de Porto Alegre, com localização das UP trabalhadas.

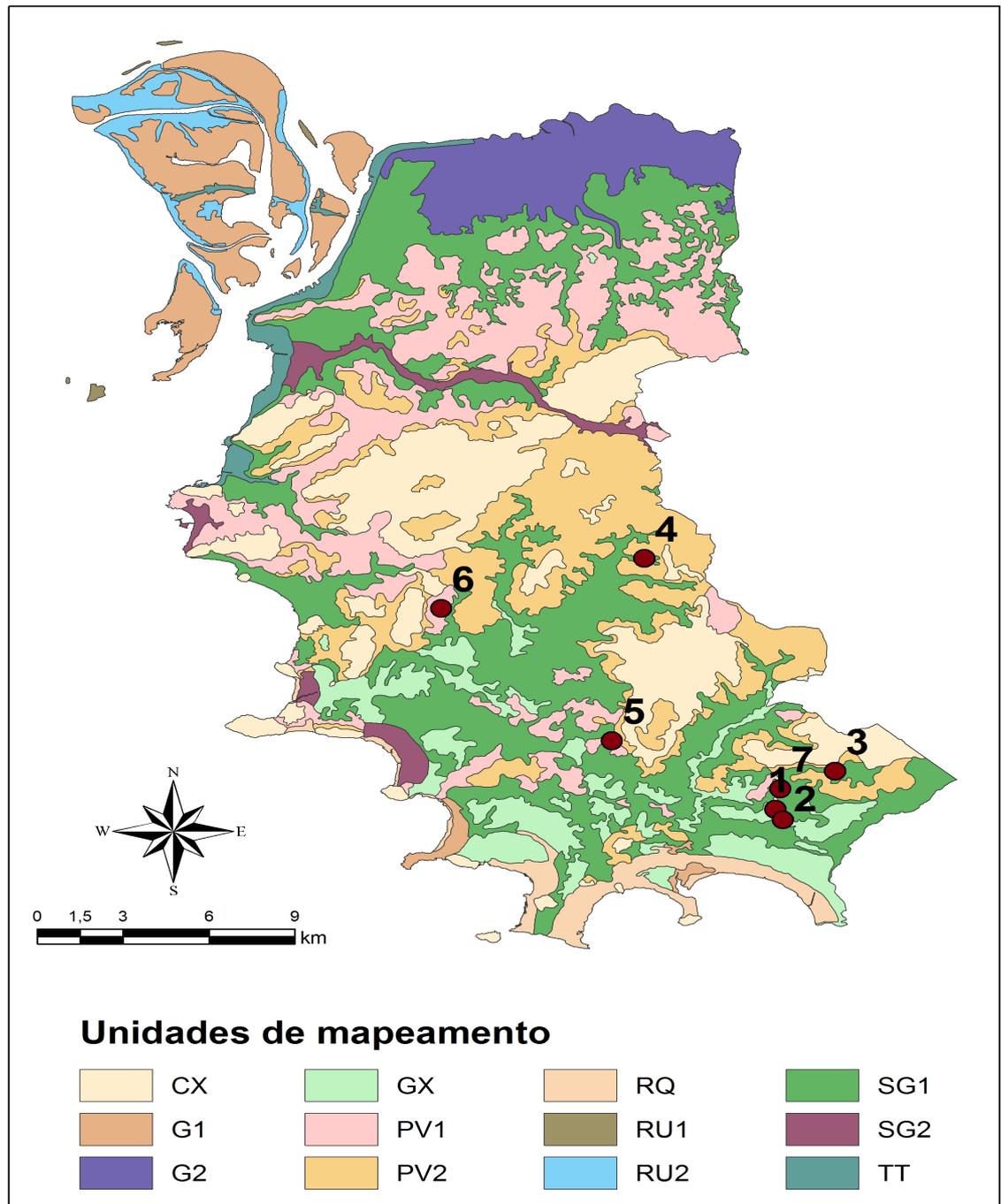


Figura 15. Unidades de mapeamento

Cx (Cambissolos Háptico com Neossolos Litólicos e Neossolos Rigolíticos), G1 (Gleissolos e Neossolos Flúvicos), G2 (Gleissolos, Planossolos e Tipos de Terrenos), GX (Gleissolos Háplicos e Planossolos Hidromórficos), PV1 (Argissolos Vermelho e Argissolos Vermelho-Amarelo), PV2 (Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos-Amarelos e Cambissolos Háplicos), RQ (Neossolos Quaterzenicos e Gleissolos), RU1 (Neossolos Flúvicos), RU2 (Neossolos Flúvicos e Tipos de Terrenos), SG1 (Planossolos Hidromórficos, Gleissolos Háplicos e Plintossolos Argilúvicos), SG2 (Planossolos Hidromórficos, Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos) e TT (Tipos de Terrenos). Fonte: PMPA (2014).

Apêndice 3. Tabela de Resultados

Uso	Ds	Ma	Mi	Pt	Argila	pH	Ce	CTC	V	P	S	Cu	Zn	COT	COP	
	-g cm ⁻³ -	-----cm ³ cm ⁻³ -----	-	-mS cm ⁻¹ -	-cmolc dm ⁻³ -	--%---	-----mg dm ⁻³ -----	-----%-----								
MT	1.46	0.10	0.30	0.40	8.94	4.30	0.27	6.80	19.00	5.80	5.70	0.40	0.80	0.61	0.12	
MT	1.19	0.26	0.23	0.49	15.24	5.10	0.74	9.20	57.00	7.40	12.00	0.30	2.20	2.40	0.69	
MT	1.43	0.09	0.31	0.39	14.40	4.80	0.67	7.50	52.00	3.30	8.00	0.40	1.00	1.19	0.23	
MT	1.41	0.15	0.28	0.43	13.14	4.60	0.59	7.50	41.00	9.40	13.00	0.90	3.80	1.23	0.26	
MT	1.60	0.06	0.32	0.38	20.30	4.90	0.26	11.30	38.00	13.00	7.40	3.70	8.00	1.30	0.26	
MT	1.41	0.22	0.19	0.41	17.92	4.70	0.43	9.30	33.00	83.00	7.30	15.00	44.00	1.27	0.22	
FR	1.55	0.08	0.30	0.38	10.47	4.60	0.18	4.70	34.00	7.20	5.10	0.50	0.60	0.47	0.31	
FR	1.49	0.09	0.33	0.41	10.01	5.80	0.32	7.00	72.00	95.00	8.80	0.60	19.00	0.98	0.25	
FR	1.39	0.17	0.27	0.44	28.06	5.60	0.29	11.90	71.00	192.00	7.60	10.00	31.00	1.30	0.21	
FR	1.37	0.19	0.23	0.42	11.17	6.30	0.35	9.70	84.00	172.00	7.00	18.00	25.00	0.95	0.21	
FR	1.52	0.14	0.28	0.43	13.41	4.60	0.34	6.90	36.00	59.00	8.00	13.00	18.00	0.74	0.15	
PT	1.57	0.07	0.32	0.39	8.58	6.00	0.26	7.70	77.00	190.00	10.00	1.20	9.60	1.09	0.26	
PT	1.53	0.04	0.39	0.43	9.46	4.80	0.58	5.80	33.00	52.00	11.00	0.50	2.50	1.15	0.17	
PT	1.51	0.09	0.30	0.39	13.84	4.90	0.38	7.50	48.00	29.00	5.90	0.90	3.90	1.07	0.18	
PT	1.62	0.10	0.27	0.38	19.65	5.00	0.36	9.60	35.00	43.00	8.30	10.00	18.00	1.32	0.20	
PT	1.63	0.09	0.28	0.37	21.06	5.10	0.27	6.50	40.00	40.00	8.50	0.70	2.20	1.37	0.26	
OO	1.41	0.15	0.27	0.42	13.63	6.00	0.53	8.20	76.00	123.00	9.60	1.40	11.00	0.96	0.24	
OO	1.25	0.14	0.37	0.51	11.97	6.00	0.78	10.00	83.00	226.00	15.00	2.20	19.00	1.14	0.36	
OO	1.29	0.15	0.33	0.48	8.55	6.40	0.42	8.90	84.00	624.00	6.70	1.20	22.00	0.93	0.23	
OO	1.28	0.15	0.33	0.47	13.57	6.60	0.42	10.90	89.00	424.00	8.90	1.10	4.60	0.82	0.18	
OO	1.45	0.16	0.25	0.42	16.01	6.40	1.21	12.80	88.00	518.00	18.00	1.70	37.00	3.08	1.36	
OO	1.31	0.21	0.23	0.44	21.34	6.20	0.77	10.50	79.00	205.00	15.00	0.90	15.00	1.52	0.47	
OC	1.19	0.24	0.23	0.47	13.48	5.70	0.57	8.20	66.00	109.00	8.10	1.30	6.30	0.84	0.26	
OC	1.62	0.07	0.28	0.35	15.41	4.50	0.21	12.70	14.00	22.00	5.90	0.60	1.30	0.63	0.15	
OC	1.21	0.25	0.23	0.48	14.48	5.60	0.45	9.00	65.00	160.00	12.00	7.20	19.00	1.25	0.39	
OC	1.43	0.18	0.24	0.41	14.21	5.90	0.60	10.80	77.00	323.00	11.00	10.00	40.00	1.67	0.49	
OC	1.47	0.24	0.18	0.42	10.50	4.90	0.63	7.70	54.00	266.00	31.00	1.30	12.00	0.76	0.20	
OC	1.59	0.21	0.17	0.39	9.60	5.20	0.54	6.70	68.00	114.00	7.50	1.60	7.30	0.69	0.16	