



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CLAUDIA MARIA DO PRADO FURQUIM

**LEVANTAMENTO DA PERCEÇÃO AMBIENTAL DE
PRODUTORES RURAIS E ATRIBUTOS INDICADORES DA
QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Londrina
2018

CLAUDIA MARIA DO PRADO FURQUIM

**LEVANTAMENTO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE
PRODUTORES RURAIS E ATRIBUTOS INDICADORES DA
QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. João Tavares Filho

Co-orientadora: Prof. Dr. Adriana Pereira da Silva

Londrina
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Furquim, Claudia Maria do Prado.

Percepção ambiental de produtores rurais e seu reflexo na qualidade do solo em Sistema Plantio Direto / Claudia Maria do Prado Furquim. - Londrina, 2018.
96 f. : il.

Orientador: João Tavares Filho.

Coorientador: Adriana Pereira da Silva.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.

Inclui bibliografia.

1. Solos - Conservação - Tese. 2. Solos - Manejo - Tese. 3. Física do solo - Tese. 4. Química do solo - Tese. I. Tavares Filho, João. II. Silva, Adriana Pereira da. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CLAUDIA MARIA DO PRADO FURQUIM

**LEVANTAMENTO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTORES
RURAIS E ATRIBUTOS INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO
EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. João Tavares Filho
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Co-orientadora: Prof. Dra Adriana Pereira da
Silva
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dra. Andréa Scaramal da Silva
Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR

Prof. Dra Maria de Fátima Guimarães
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 11 de junho de 2018.

DEDICO
Aos meus pais Claudio e Neuza.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, por me conceber a vida, pela coragem, dedicação e pelas bênçãos recebidas durante toda esta jornada.

Aos meus orientadores Dr. João Tavares Filho e a Dra. Adriana Pereira da Silva, pela orientação, incentivo e profissionalismo.

À professora Inês pela colaboração na estatística, à professora Maria de Fátima e à Dra. Andrea pela colaboração e participação na banca e aos professores do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, pela contribuição na formação acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, pela concessão da bolsa de mestrado.

À Universidade Estadual de Londrina e técnicos João e Márcio por todo auxílio e pela concessão do laboratório para realização do trabalho de pesquisa.

Aos produtores rurais que me auxiliaram e contribuíram para a realização deste trabalho registro aqui o meu agradecimento.

Aos meus pais Claudio e Neuza, pelo carinho, perseverança e paciência. À minha irmã Marcely e ao meu cunhado Valdinei por todo apoio. Aos demais familiares por todo auxílio e orações durante este trabalho. Ao meu noivo Alex por todo carinho, paciência e compreensão e ao meu enteado Matheus.

Aos meus amigos, em especial Jéssica e Lucas. Aos colegas Cesar e Thadeu e aos demais colegas de trabalho, pela amizade e companheirismo.

FURQUIM, Claudia Maria do Prado. **Levantamento da percepção ambiental de produtores rurais e atributos indicadores da qualidade do solo em sistema plantio direto**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

RESUMO

O manejo do solo e de culturas é componente fundamental do sistema de produção agrícola e ferramenta fundamental para manutenção da sustentabilidade e qualidade dos recursos naturais. O objetivo do trabalho foi avaliar a conservação do solo e água, em áreas sob sistema plantio direto, a partir da percepção ambiental de produtores rurais, quanto à adoção de normas do código florestal brasileiro e de práticas conservacionistas e; relacionar os dados obtidos com atributos indicadores da qualidade do solo. No ano de 2016, foram selecionadas 10 propriedades rurais, sendo 6 em Tamarana e 4 em Lerroville, onde a classe predominante de solo é o Latossolo Vermelho. Para avaliar a percepção ambiental dos produtores rurais foi aplicado um questionário com perguntas específicas sobre uso e manejo e práticas de conservação do solo e água. Para cada local avaliado, uma área de aproximadamente 1 ha foi selecionada para amostragem de solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Amostras indeformadas foram utilizadas para determinação da densidade do solo (DS), densidade de partículas (DP), macroporosidade (Macrop.), microporosidade (Microp.), volume total de poros (VTP), argila dispersa em água (ADA), grau de dispersão (GD) e grau de floculação (GF). Amostras deformadas foram utilizadas para determinação de atributos químicos (nitrogênio total (NT), fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), alumínio (Al³⁺), pH em CaCl₂, carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MO) e a relação COT:NT; e microbiológicos (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (CBM e NBM), relação CBM:NBM, respiração basal (RB), quociente metabólico (qCO₂) e quociente microbiano (qMIC). Os resultados permitiram evidenciar que, os produtores rurais, embora relatem praticar o SPD, promovem o revolvimento do solo para descompactação da camada superficial, não fazem rotação de culturas e, segundo os mesmos, a eliminação dos terraços agrícolas facilita o uso de máquinas e o plantio em desnível. Não houve efeito do tempo de implantação do SPD e das práticas agrícolas sob os atributos do solo. Apesar de todos os produtores entrevistados declararem realizar o SPD em suas áreas, estes não cumprem todos os requisitos do sistema. Não foi observada diferença significativa entre as profundidades avaliadas sobre seus atributos físicos, químicos e microbiológicos.

Palavras-chave: Extensão rural. Práticas conservacionistas. Física do solo. Química do solo. Microbiologia do solo.

FURQUIM, Claudia Maria do Prado. **Survey of environmental perception of rural producers and attributes of soil quality indicators in direct plantio system.** 96 p. Dissertation (Master's Degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

ABSTRACT

Soil and crop management is a fundamental component of the agricultural production system and a tool for maintaining sustainability and quality of natural resources. The objective of the work was to evaluate the conservation of soil and water, in areas under NTS, from the environmental perception of rural producers, regarding the adoption of Brazilian forest Code norms and conservation practices and; Relate the data obtained with the quality of the soil. 10 Rural properties were selected, being 6 in Tamarana and 4 in Lerroville, where the predominant class of soil is the red Latosol. To assess the environmental perception of rural producers a questionnaire was applied with specific questions about use and management and practices of soil and water conservation. For each evaluated location, an area of approximately 1 ha was selected for soil sampling at the depths of 0-10 and 10-20 cm. Undeformed samples were used for determining soil density (DS), particle density (DP), macroporosity (Macrop.), microporosity (Microp.), total pore volume (VTP), particle size (Gr), dispersed clay in water (ADA), dispersal degree (GD) and degree of flocculation (GF). Deformed samples were used for determining chemical attributes [Total nitrogen (NT), phosphorus (P), potassium (K⁺), calcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), aluminium (Al³⁺), pH in CaCl₂, total organic carbon (COT), organic matter (MO) and COT:NT ratio] and microbiological [carbon and nitrogen of microbial biomass (CBM and NBM), CBM: NBM ratio, basal respiration (RB), metabolic quotient (qCO₂) and microbial quotient (qMIC)]. The results have shown that rural producers, although they report practicing the NTS, promote the redevelopment of the soil to decompress the surface layer, do not rotate crops and, according to these, the elimination of agricultural terraces It facilitates the use of machines and the planting in unlevel. There was no effect of the time of implantation of the NTS and of the agricultural practices under the attributes of the soil. Although all the producers interviewed declare to carry out the NTS in their areas, they do not meet all the requirements of the system. No significant difference was observed between the depths evaluated on their physical, chemical and microbiological attributes.

Key words: Rural extension. Conservation practices. Soil physics. Soil chemistry. Soil microbiology.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO A

Figura 3.1	Análise de Componentes Principais (ACP) baseada em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas e sua relação com atributos físicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm.....	47
Figura 3.2	Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos físicos do solo na profundidade de 0-10 cm, em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas	48
Figura 3.3	Análise de Componentes Principais (ACP) baseada em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas e sua relação com atributos físicos do solo na profundidade de 10 a 20 cm.....	49
Figura 3.4	Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos físicos do solo na profundidade de 10-20 cm, em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas	50
Figura 3.5	Análise de Componentes Principais (ACP) baseada em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas e sua relação com atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm.....	54
Figura 3.6	Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos químicos do solo na profundidade de 0-10 cm, em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas	55
Figura 3.7	Análise de Componentes Principais (ACP) baseada em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas e sua relação com atributos químicos do solo na profundidade de 10 a 20 cm.....	56

Figura 3.8	Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos químicos do solo na profundidade de 10-20 cm, em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas	57
Figura 3.9	Análise de Componentes Principais (ACP) baseado em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas e sua relação com atributos microbiológicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm	60
Figura 3.10	Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos microbiológicos do solo na profundidade de 0-10 cm, em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas	61
Figura 3.11	Análise de Componentes Principais (ACP) baseada em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas e sua relação com atributos microbiológicos do solo na profundidade de 10 a 20 cm	62
Figura 3.12	Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos microbiológicos do solo na profundidade de 10-20 cm, em áreas sob sistema plantio direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas	63
Figura 3.13	Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo na profundidade de 0-10 cm, em áreas sob sistema plantio direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas.....	64
Figura 3.14	Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo na profundidade de 10-20 cm, em áreas sob sistema plantio direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas.....	65

LISTA DE TABELAS

ARTIGO A

Tabela 3.1	Histórico do uso e manejo do solo das áreas do estudo.....	34
Tabela 3.2	Questionário aplicado a produtores rurais usuários do Sistema Plantio Direto.....	35
Tabela 3.3	Resposta do questionário aplicado a 10 produtores rurais usuários do Sistema Plantio Direto	42
Tabela 3.4	Atributos físicos em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm	45
Tabela 3.5	Atributos químicos em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm	52
Tabela 3.6	Atributos microbiológicos em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Hipóteses:	15
1.2	Objetivos específicos.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Qualidade do Solo.....	20
2.2	Sistema Plantio Direto (SPD)	16
2.2.1	Atributos Físicos, Químicos, e Biológicos em SPD	17
2.3	Atributos Físicos do Solo.....	21
2.4	Atributos Químicos do Solo.....	24
2.5	Atributos Microbiológicos do Solo	25
2.6	Conservação do Solo e Água na Visão dos Agricultores	19
2.7	Degradação Ambiental Ocasionalada pelo Manejo do Solo	28
3	ARTIGO A: PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTORES RURAIS USUÁRIOS DO SISTEMA PLANTIO DIRETO E SEU REFLEXO NA QUALIDADE DO SOLO.....	29
3.1	Resumo.....	29
3.2	Introdução	31
3.3	Material e Métodos.....	32
3.3.1	Caracterização das Áreas do Estudo	32
3.3.2	Levantamento de Informações Junto aos Produtores Rurais – Aplicação do Questionário.....	34
3.3.3	Amostragem do solo.....	35
3.3.4	Análises Físicas	36
3.3.5	Análises Químicas.....	38
3.3.6	Análises Microbiológicas	38
3.3.7	Análise Estatística	40

3.4	Resultados	40
3.4.1	Respostas do Questionário Aplicado Junto aos Produtores Rurais	40
3.4.2	Atributos Físicos	43
3.4.3	Atributos Químicos	49
3.4.4	Atributos Microbiológicos.....	56
3.5	Discussão	65
3.5.1	Respostas do Questionário Aplicado Junto aos Produtores Rurais	65
3.5.2	Interações dos Atributos Físicos, Químicos e Microbiológicos do Solo.....	69
4	Considerações Finais	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

1 INTRODUÇÃO

Na agricultura, água e solo são essenciais para a produtividade das culturas, sendo necessária a conservação desses recursos naturais. O rendimento dos cultivos depende de fatores edafoclimáticos e também dos sistemas de manejo. Nesse contexto, o sistema de preparo do solo, as práticas de adubação e de diversificação de plantas, constituem pontos fundamentais nos sistemas de produção agrícola.

O modelo tecnológico atual de produção de grãos, com base no uso intensivo do solo, juntamente com práticas inadequadas de manejo, resultam no esgotamento das reservas de nutrientes e em alterações da estrutura do solo, gerando perdas significativas de solo, devido à erosão. A degradação do solo, ocasionada pela erosão hídrica é um problema mundial, agravado pelo desmatamento e pela falta de cobertura do solo. A erosão causa danos irreparáveis, não só à fertilidade do solo, mas também à própria conformação do terreno.

O uso e manejo adequado dos solos representam o principal fator a ser considerado quando se busca a produção agrícola sustentável, uma vez que os sistemas de preparo e de cultivos interferem nos atributos físicos, químicos e biológicos, os quais compõem os pilares de sustentação da qualidade do solo.

Para minimizar a degradação do solo, manejos conservacionistas que requerem menor revolvimento do solo passaram a ser adotados. Nesse sentido, o sistema plantio direto – SPD teve início no Brasil na década de 1970, com o propósito de reduzir as perdas de solo e água ocorridas naquele período. Os benefícios proporcionados pelo SPD levaram a um aumento exponencial dessa tecnologia nas diversas regiões agrícolas do país. Entretanto, a eficiência dessa prática conservacionista, depende da utilização de suas premissas básicas como o mínimo revolvimento do solo, rotação de culturas, manutenção de cobertura permanente da superfície do solo e do uso de práticas mecânicas de conservação do solo e da água, notadamente o terraceamento.

Nas últimas décadas, áreas agrícolas conduzidas sob esse sistema, sem a utilização adequada de terraços e plantio em nível, tem apresentado aumento gradativo da perda de solo.

Sendo assim, o conhecimento dos fatores que causam a degradação do solo e os que permitem reduzi-los é de fundamental importância para a realização de um planejamento conservacionista da propriedade agrícola, de modo a contribuir

com a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema de produção. O desafio da agricultura moderna está na aplicação efetiva de práticas que mitiguem o problema da degradação dos recursos naturais.

Diante do exposto, se faz necessário avaliar a real situação de conservação dos recursos naturais, solo e água, visando identificar as causas responsáveis pela perda de qualidade do solo agrícola. O objetivo do trabalho foi verificar a situação da conservação do solo e água, em áreas sob SPD, a partir da visão de produtores rurais quanto à adoção de práticas conservacionistas e do uso de normas do código florestal brasileiro e; avaliar a qualidade do solo através de indicadores físicos, químicos e microbiológicos.

1.1 HIPÓTESES:

A) Espera-se que produtores com maior percepção ambiental apliquem de forma mais criteriosa as normas do código florestal brasileiro e utilizem práticas de conservação do solo e água.

B) Acredita-se que a não aplicação por parte de produtores rurais das premissas do SPD, como o mínimo revolvimento do solo, a presença permanente de cobertura na superfície do solo e diversificação de espécies vegetais através da rotação de culturas, pode comprometer a qualidade e sustentabilidade do sistema de produção.

C) Espera-se que em propriedades onde os produtores tenham maior preocupação com a qualidade dos recursos naturais (solo e água), o SPD apresente melhor qualidade química, física e microbiológica.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1) Verificar a situação atual da conservação do solo e água, em SPD, a partir da visão de produtores rurais quanto à adoção de normas do código florestal brasileiro e de práticas conservacionistas;

2) Avaliar a qualidade do solo através de atributos físicos, químicos e microbiológicos das áreas sob SPD.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO (SPD)

Até a década de 80 predominou no Brasil, o sistema de preparo convencional do solo, caracterizado pelo revolvimento intenso durante as operações de preparo, o qual levou a redução da estabilidade dos agregados, compactação da camada subsuperficial e aumento da erosão hídrica. A partir desta constatação e da estagnação no rendimento de grãos, adotaram-se práticas de uso e conservação do solo para minimizar a degradação do solo (ALBUQUERQUE et al., 2004). Nesse sentido, foi fundamental a busca por alternativas para reduzir os impactos e promover ganhos de produtividade, sem comprometer o balanço energético da cultura. Além dos avanços tecnológicos, a adoção de sistemas de produção conservacionistas contribuíram para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, refletindo positivamente no aumento de produtividade das lavouras (FRANCHINI et al., 2007; BABUJIA et al., 2010; CARDOSO et al., 2013).

Nesse contexto, o SPD se tornou uma das ferramentas da agricultura conservacionista capaz de promover a melhora da qualidade do solo. Este sistema teve início no Brasil, no estado do Paraná na década de 70 e, fundamenta-se por dispensar preparos de solo anteriores a semeadura da cultura, além do mínimo revolvimento do solo apenas na linha de plantio, manutenção permanente da cobertura do solo e diversificação das culturas através da rotação (BABUJIA et al., 2010; SILVA et al., 2014).

No início dos anos 2000, o conceito de SPD foi ampliado, passando a incorporar o processo colher-semear, que representa a minimização ou supressão do intervalo de tempo entre colheita e semeadura. Atualmente, é sobre essa base conceitual que o SPD passou a ser interpretado como ferramenta da conservação do solo e da agricultura conservacionista capaz de promover sustentabilidade à agricultura (EMBRAPA, 2012).

Assim, enquanto “plantio direto” atende a apenas dois preceitos da agricultura conservacionista (redução ou supressão da mobilização intensa de solo e manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo), “sistema plantio direto”, atende a seis preceitos da agricultura conservacionista: mobilização de solo apenas na linha de semeadura ou plantio; manutenção de resíduos culturais na superfície do

solo; ampliação da biodiversidade, mediante diversificação de espécies em rotação, sucessão e/ou consorciação de culturas; redução ou supressão do intervalo de tempo entre colheita e semeadura (processo colher-semear); manutenção da cobertura permanente do solo; e aporte de material orgânico ao solo em quantidade, qualidade e frequência compatíveis com a demanda biológica do solo (EMBRAPA, 2012).

As principais vantagens apresentadas pelo SPD são a redução de perdas de solo e água, das oscilações de temperatura e umidade do solo, contribui com o aumento do teor de MO, pelo contínuo aporte de resíduos culturais e melhora a estrutura do solo entre outras vantagens (FRANCHINI et al., 2007; FRANCHINI et al., 2009; BABUJIA et al., 2010; SILVA et al., 2014).

Consolidada como inovação tecnológica da agricultura no fim do milênio o SPD, atualmente, exige seu aprimoramento em função das condições regionais e até mesmo locais em que é praticado (ALVARENGA et al., 2001).

2.1.1 Atributos Físicos, Químicos, e Biológicos em Sistema Plantio Direto

Os sistemas de manejo podem proporcionar alterações na estrutura do solo (TAVARES FILHO e TESSIER, 2010) que, a longo prazo, pode estar associado à formação de camadas compactadas (LIMA et al., 2013). A compactação pode elevar a densidade e reduzir o volume de poros no solo o que resultaria em aumento da erosão, perda na condutividade hidráulica e redução do alongamento radicular das plantas (SHI, et al., 2012).

No caso do SPD, tem sido relatado por alguns autores a presença de uma camada subsuperficial com menor porosidade devido ao não revolvimento do solo e a pressão exercida pelos rodados das máquinas (TAVARES FILHO et al., 2001; VEIGA et al., 2007; FRANCHINI et al., 2009). Para reduzir os problemas de compactação, medidas biológicas e mecânicas podem ser utilizadas. A rotação de culturas bem conduzida traz ótimos resultados de descompactação em áreas agrícolas sob SPD, além de ser uma das premissas básicas do sistema (STONE e SILVEIRA, 2001). A escarificação é um método mecânico de descompactação do solo, muito utilizado em áreas sob SPD. Ao contrário de medidas biológicas, a escarificação é capaz de romper camadas compactadas logo após sua execução, porém traz gastos e mesmo sendo mais leve, é um modo de revolver o solo e modificar sua estrutura. A escarificação esporádica do solo no SPD, sob o ponto de vista da preservação e/ ou melhoria da qualidade física do solo, não elimina a necessidade da

rotação de culturas (FRANCHINI, 2011).

Em algumas áreas, após três anos de implantação do SPD, têm sido observado o aumento dos valores de densidade do solo e microporosidade, com diminuição dos valores de macroporosidade e porosidade total na camada superficial, quando comparado ao sistema de semeadura convencional, contudo, a densidade do solo tende a aumentar com o aumento do teor de MO (STONE e SILVEIRA, 2001; HERNANI e SALTON, 2009; LAGO et al., 2012). O aumento da densidade do solo e microporosidade se deve ao efeito do tráfego de máquinas nas operações de plantio, manejo e colheita.

Entretanto, desde que levado em consideração as premissas do SPD esses fatores não se tornam limitantes ao crescimento radicular das plantas (FRANCHINI et al., 2011; SILVA et al., 2014). Diversos trabalhos têm demonstrado os benefícios do SPD nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (FRANCHINI et al., 2007; HUNGRIA et al., 2009; BABUJIA et al., 2010; FRANCHINI et al., 2011; SILVA et al., 2014), sobretudo em regiões tropicais e subtropicais.

A melhoria da qualidade física nesse tipo de manejo do solo se deve à atividade da mesofauna e de raízes de culturas, que promovem uma rede de bioporos com maior continuidade e conectividade ao longo da matriz do solo, com reflexos no movimento de água (STRUDLEY et al., 2008) e ar (CARTER, 1992) no solo. Esses bioporos podem atuar como rotas alternativas para o crescimento das raízes (BENGOUGH et al., 2011), apesar de uma matriz mais densa e com maior resistência mecânica.

Além do aumento da quantidade de MO, a maior parte dos estudos indica que o SPD promove o aumento de nutrientes nas camadas superficiais do solo e a elevação dos valores de pH (FRANCHINI et al., 2000). Os resíduos vegetais contêm macro e micronutrientes em formas orgânicas lábeis, que podem tornar-se disponíveis para a cultura subsequente, mediante o processo de mineralização da MO (CALEGARI, 2004; CARVALHO et al., 2004).

A utilização de leguminosas em sistemas de culturas no SPD contribui com o aumento dos estoques de nitrogênio total (POUDEL et al., 2001; DIEKOW et al., 2005), que associado a menor taxa de mineralização do nitrogênio orgânico (BAYER e MIELNICZUK, 1997; LOVATO et al., 2004), pode recuperar a capacidade de fornecimento desse elemento às culturas.

Sobre as alterações em parâmetros biológicos, Acosta-Martínez et al. (2007), estudaram SPD e convencional com diferentes rotações de culturas. Estes

autores observaram maiores teores de carbono e nitrogênio microbiano e atividade da enzimática da β -glucosidase em SPD, encontrando diferenças entre esses atributos nos diferentes tipos de rotação de cultura. Estes autores concluíram que o manejo com plantio direto aumenta a qualidade do solo em relação ao preparo convencional.

D'Andrea et al. (2002) observaram redução nos teores de carbono microbiano com a adoção de pastagem e plantio convencional, comparado com o sistema plantio direto e a mata nativa. O mesmo comportamento foi observado por Santos et al., (2004) e Babujia et al. (2010) que verificaram que o sistema plantio direto, comparado ao plantio convencional, proporcionou aumentos biomassa e atividade microbiana do solo.

Diversos trabalhos tem demonstrado que no SPD ocorre incremento da biomassa microbiana, que é um importante reservatório de nutrientes para as plantas (HUNGRIA et al., 2009; KASCHUK et al., 2010; BABUJIA et al., 2010; FRANCHINI et al., 2011), uma vez que esta imobiliza quantidades significativas de nutrientes, reduzindo as perdas por lixiviação ou desnitrificação (BALOTA e AULER, 2011). Além do que, os nutrientes contidos nas células microbianas são liberados cinco vezes mais rápido do que na decomposição de resíduos vegetais (PAUL e CLARK, 1996).

2.2 CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA NA VISÃO DOS AGRICULTORES

Segundo Alves et al. (2017), pesquisas relacionadas à percepção ambiental são de grande importância, pois uma das dificuldades apontadas para a proteção ambiental é a diferença das percepções de valores e importância dos ambientes naturais entre indivíduos de culturas ou grupos socioeconômicos distintos.

Segundo Rodrigues et al. (2012), para realizar qualquer análise da relação homem-ambiente, deve-se partir da compreensão da percepção ambiental desses sujeitos. Os paradigmas dessa relação homem-ambiente se relacionam com as compreensões individuais e coletivas do meio ambiente e, conseqüentemente, com as ações e escolhas dos sujeitos. Neste sentido, busca-se compreender a percepção inserida em um contexto socioambiental, para que se possam traçar definições do conceito de percepção ambiental.

Na agricultura, a tecnologia desenvolvida, bem como sua aceitação e adoção pelos agricultores dependem destes últimos serem tratados como sujeito e

não só como objeto de pesquisa, contribuindo assim com sua atividade e atendendo suas necessidades (SINCLAIR, 2001).

Nos trabalhos que abordam aspectos relacionados ao sistema de produção agrícola o agricultor é considerado ator e parceiro no processo de tomada de decisão das atividades, evidenciando a importância de seu convívio com o campo e participação nos resultados das pesquisas (CASALINHO, 2003).

A percepção pessoal da qualidade do solo por meio dos agricultores é considerada por alguns pesquisadores a aproximação ideal de um índice de qualidade (SANCHEZ et al., 2003; RODRIGUES et al., 2012). Para tal, uma proposta seria identificar e classificar indicadores qualitativos locais de qualidade do solo e relacioná-los com padrões técnicos do solo, desenvolvendo uma linguagem comum entre agricultores, extensionistas e cientistas (BARRIOS et al., 2006).

Segundo Tavares Filho e Rischede (2009), é necessário maior integração dos agricultores, entidades de pesquisa, universidades e instituições governamentais de forma a incentivar a adoção de práticas conservacionistas que levem à sustentabilidade e ao equilíbrio socioeconômico.

2.3 QUALIDADE DO SOLO

Dentre as atribuições do solo, pode-se destacar o papel no suprimento de nutrientes para as plantas, no suporte ao crescimento e desenvolvimento de raízes, meio para atividade biológica e reservatório de água (HAGUETTE, 1992;). Estes atributos são modificados no caso de mudança de um sistema natural para um sistema agrícola ou entre diferentes sistemas de manejo. Dessa forma, a qualidade desses atributos pode ser alterada devido aos mesmos estarem relacionados com processos do ecossistema e por serem sensíveis a variações no uso e manejo do solo (DORAN e PARKIN, 1996).

Nesse sentido, a qualidade do solo vai se basear em sua aptidão para desenvolver suas funções, visando à promoção da saúde das plantas e dos animais e a sustentação de estruturas socioeconômicas e de habitação humana (DORAN e PARKIN, 1996). Este conceito surgiu na década de 1990 a partir da conscientização sobre a importância do solo para a qualidade ambiental, por meio de estudos que abordam a preocupação com a degradação dos recursos naturais, a sustentabilidade agrícola e a função do solo (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009; CARDOSO et al., 2013).

A qualidade do solo trata da integração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que o habilita a exercer suas funções no ecossistema (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Dessa forma, tem-se procurado identificar atributos que avaliem as alterações que ocorrem no solo, indicando os manejos adequados para melhorar e/ou manter sua qualidade e a sustentabilidade dos agroecossistemas (MORRIS et al., 2010; LÓPEZ-GUARRIDO et al., 2012).

Em razão da complexidade do solo, é indicado que o monitoramento de sua qualidade seja realizado por meio de um conjunto de indicadores que incluem atributos físicos, químicos e biológicos (CARNEIRO et al., 2009; LIMA et al., 2013) que são capazes de identificar alterações decorrentes do uso e manejo do solo, permitindo selecionar aquelas que causem menor impacto ao sistema produtivo (CHERUBIN et al., 2015).

De acordo com Islam e Weil (2000), os indicadores da qualidade do solo podem ser classificados em três grupos: efêmeros, nos quais as alterações vão ocorrer em curto espaço de tempo ou são modificados por práticas de cultivo, tais como: umidade do solo, densidade, pH, disponibilidade de nutrientes; os permanentes, que são inerentes ao solo, tais como: profundidade, camadas restritivas, textura, mineralogia; e por fim os intermediários que demonstram a influência da capacidade do solo em desempenhar suas funções, tais como: agregação, biomassa microbiana, quociente respiratório, carbono orgânico total e ativo.

2.4 ATRIBUTOS FÍSICOS INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO

A qualidade física do solo é um fator determinante para produtividade das culturas, devido à sua influência direta sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas e, indireta, sobre os atributos químicos e biológicos do solo. Conforme Nabiollahi et al., (2018) a qualidade do solo está condicionada a sua estrutura, devido a relação desta com as propriedades físicas do solo e os processos hidrológicos (infiltração, escoamento superficial e subsuperficial, drenagem profunda e erosão), ao seu papel no suprimento e armazenamento de água, nutrientes e oxigênio requeridos no crescimento e desenvolvimento das plantas.

A degradação do solo pode ser provocada pelo excessivo revolvimento através de arações e gradagens característico do sistema de plantio convencional. Nesse sistema, ocorre modificação da estrutura do solo, podendo

ocasionar a formação de camadas compactadas, redução da estabilidade dos agregados, surgimento de um maior número de microporos, o que torna o solo propenso à erosão (BERTOL et al., 2004; MORRIS et al., 2010; LÓPEZ-FANDO e PARDO, 2011).

Parâmetros físicos como textura, densidade do solo, infiltração de água, capacidade de armazenamento e retenção de água podem ser monitorados e utilizados como indicadores de qualidade do solo (DORAN e PARKIN, 1996; BÜNEMANN et al., 2018). Outros parâmetros comumente usados para aferir os impactos causados pelos sistemas de manejo são a agregação, compactação, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e estabilidade de agregados (RAMOS et al., 2010; PEZARICO et al., 2013).

A estrutura do solo é dada pelo agrupamento das partículas predominantes e influenciada pelos microrganismos e pela textura (TAVARES FILHO et al., 2012). Esta última é uma característica intrínseca do solo, e se refere a proporção entre as partículas granulométricas (argila, silte e areia) de acordo com seu respectivo diâmetro (GUBIANI et al., 2015). Do ponto de vista agrícola, a estrutura do solo é um dos atributos mais importantes, sendo que a manutenção da agregação e estabilidade de agregados é condição necessária para garantir a produtividade agrícola devido à promoção do desenvolvimento de raízes, prevenção das perdas de solo e conseqüentemente da fertilidade (CORRÊA, 2002).

A desestruturação do solo tem conseqüência direta na redução de sua porosidade, sendo assim, solos bem estruturados possuem boa porosidade. De acordo com Gubiani et al., (2015), a porosidade do solo pode ser determinada pela distribuição espacial das partículas sólidas no solo, sendo a redução da mesma resultante do maior contato entre as partículas.

Práticas agrícolas conservacionistas que propiciam incremento no teor de matéria orgânica (MO) no solo, reduzem a densidade de partículas, devido a MO possuir massa específica menor, reduzindo a massa do conjunto final solo-MO. A MO atua diretamente no aumento do espaço poroso do solo. A densidade de partículas é a massa de uma unidade de volume dos sólidos do solo e de acordo com Gubiani et al., (2015), a MO influencia reduzindo o peso específico real do solo, e conseqüentemente da densidade de partículas.

Segundo Silveira Neto et al. (2006), o aumento da densidade do solo na camada subsuperficial dos Latossolos, ocorre devido ao uso inadequado de máquinas e equipamentos agrícolas, que leva ao aumento na densidade do solo. Esse

fator tem sido apontado como uma das principais causas da deterioração da estrutura do solo e do decréscimo da produtividade das culturas (CARDOSO et al., 2013).

Outro parâmetro físico utilizado como indicador da qualidade do solo é a argila dispersa em água, determinada em análise granulométrica, utilizando apenas água como dispersante. Com frequência este parâmetro tem sido associado à estabilidade de agregados e à suscetibilidade do solo à erosão hídrica. Maiores teores de argila dispersa em água indicam menor estabilidade de agregados e menor resistência aos processos erosivos (MELO et al., 2016). Além disso, a argila dispersa em água pode migrar em profundidade no perfil de solo e em determinadas condições flocular, obstruindo poros e alterando a dinâmica da água e ar (BERTSCH e SEAMAN, 1999; MELO et al., 2016).

Dentre os fatores que influenciam a dispersão de argila, pode-se destacar a MO, o teor de argila, os óxidos de ferro e alumínio, a força iônica e o pH do solo (BRUBAKER et al., 1992; KRETZSCHMAR et al., 1993). A dispersão é quase inexistente quando o valor de pH do solo fica próximo do valor do ponto de carga zero (PCZ), momento em que ocorre maior floculação das partículas.

Spera et al. (2008) verificaram menor dispersão de argila em solos com maiores teores de cálcio e magnésio, enfatizando que cátions polivalentes formam pontes com partículas carregadas negativamente, aumentando a agregação do solo. As mudanças na estabilidade de agregados e outros atributos físicos do solo, decorrentes da calagem e da adubação, podem estar ligados ao efeito direto de modificação na composição química da solução do solo. Assim, as alterações no pH, força iônica da solução e tipos de íons presentes, influenciariam significativamente a dispersão ou floculação dos colóides, interferindo, por consequência, na agregação das partículas do solo (MELO et al., 2016).

No caso de manejos conservacionistas como o SPD, ocasionalmente tem sido observada a formação de uma camada de solo com maior grau de compactação a 0,1 - 0,2 m de profundidade, que está associada ao tráfego de máquinas agrícolas e ao não revolvimento do solo (TAVARES FILHO et al., 2001; VEIGA et al., 2007; FRANCHINI et al., 2009). Entretanto, quando bem manejado, essa camada não se torna limitante ao desenvolvimento radicular (SILVA et al., 2014). Diversos trabalhos tem mostrado que o SPD proporciona melhoras nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (FRANCHINI et al., 2000; FABRIZZI et al., 2005; BABUJIA et al., 2010; SILVA et al., 2010, SILVA et al., 2014), sobretudo em regiões tropicais e subtropicais.

2.5 ATRIBUTOS QUÍMICOS INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO

Segundo Moreira e Malavolta (2004), a produtividade dos agroecossistemas dependem da reciclagem dos nutrientes minerais, contidos na MO do solo. De modo geral, trabalhos apontam para o aumento no teor de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e capacidade de troca de cátion na camada superficial do solo no SPD (BABUJIA et al., 2010; FRANCHINI et al., 2009; FRANCHINI et al., 2011), devido as adições frequentes de fertilizantes, em superfície, contendo esses elementos, que ali são mantidos em razão do mínimo revolvimento do solo. O comportamento do cálcio e do magnésio segundo Franchini et al. (2011), é variável nos sistemas de manejo do solo e parecem depender do tipo de solo, sequências de culturas, clima e diferenças na mobilidade desses elementos no solo. De modo geral, o maior teor de cálcio e magnésio em sistemas de culturas anuais pode ser em função da adição de calcário, à reciclagem de cálcio via decomposição de resíduos e ao aumento da capacidade de troca de cátion efetiva do solo, capaz de reter mais cátions nessa camada (FRANCHINI et al., 2011; FRANCHINI et al., 2009).

Alterações nas condições químicas de solos cultivados, tais como concentração e tipo de íons na solução do solo (RENGASAMY, 1983), variações do pH do solo e da concentração crítica de flocculação das partículas, podem causar modificações em alguns parâmetros físicos como na dispersão da fração argila, degradando desta forma a estrutura original do solo (BENITES e MENDONÇA, 1998).

A estabilidade da MO é muito importante na reserva de nutrientes dos solos (SILVA et al., 2007) sendo considerada a principal característica indicadora da qualidade do solo, por apresentar relação com as características físicas, químicas e biológicas (MOREIRA et al., 2004). De acordo com Araújo et al. (1994), altos teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio podem ser explicados por maiores teores de MO, que liberam ácidos orgânicos que atuam na dissolução do material de origem.

A MO do solo, se constitui a principal fonte de nitrogênio para as plantas, no entanto, essa não consegue atender a demanda de nitrogênio pelas culturas comerciais, principalmente em solos degradados, onde o baixo conteúdo de MO torna a disponibilidade de nitrogênio ainda menor. Por essa razão, a adição de fertilizantes nitrogenados minerais ou a utilização de leguminosas torna-se necessária para aumentar a disponibilidade de N (PEOPLES et al., 1995).

Além da MO, outros parâmetros de ordem química podem ser

utilizados como indicadores da qualidade do solo, como os teores de carbono e nitrogênio orgânico, pH, condutividade elétrica, teores de nitrogênio mineral, fósforo e potássio (DORAN e PARKIN, 1996; BÜNEMANN et al., 2018).

Alguns macronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas como o fósforo disponível tende a diminuir com a profundidade, acompanhando o teor de MO (Tomé Júnior, 1997).

Segundo Rheinheimer e Anghinoni (2001), ao comparar sistemas de manejo do solo, os autores encontraram um maior acúmulo de fósforo total na camada superficial do solo no SPD, do que no cultivo convencional, justificado pelas menores perdas por erosão no plantio direto e pela reciclagem proporcionada pelas plantas, as quais absorvem o fósforo disponível de camadas mais profundas, deixando-o na superfície, quando da decomposição dos seus resíduos.

2.6 ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO

Segundo Moreira e Malavolta (2004), os microrganismos são reconhecidos por sua habilidade em promover transformações bioquímicas dos nutrientes e por sua importância em prover os elementos nutritivos de interesse às plantas, principalmente (nitrogênio, fósforo, enxofre, zinco e cobre). Além disso, também desempenham outras funções como: armazenamento de água, decomposição de resíduos orgânicos, reciclagem de nutrientes, sequestro e desintoxicação de substâncias tóxicas entre outras (ANDRADE e SILVEIRA, 2004).

De acordo com Ourives et al. (2010), cada grupo de microrganismos desempenha uma função no solo, sendo sua diversidade muito maior do que se imaginava. Entretanto, devido às alterações promovidas pelas práticas agrícolas de manejo essa diversidade pode ser perdida antes mesmo de tornar-se conhecida (VAL-MORAES et al., 2009).

As principais modificações observadas na diversidade dos organismos estão relacionadas ao grupo funcional. Desta forma, um determinado manejo pode levar ao aumento de organismos de um mesmo grupo, aumentando sua dominância e diminuindo a biodiversidade (BARETTA et al., 2006). Além disso, podem ocorrer alterações no balanço ecológico pela redução ou incremento das adições orgânicas, devido ao carbono, nitrogênio e outros elementos do solo serem reciclados pela atividade microbiana e suas interações (RIBEIRO et al., 2011).

Dessa forma, na busca por reduzir modificações na qualidade

microbiológica do solo, deve-se optar por sistemas de manejo com menor grau de revolvimento, aliados à rotação de culturas, para obtenção de sistemas de produção biologicamente mais ativos e com maior potencial produtivo. Para isso, deve-se promover a junção de fatores como proteção do solo mediante cobertura viva ou morta, maior retenção de umidade, efeito rizosférico das culturas, maior disponibilidade de MO, melhores condições químicas e físicas do solo e redução de ocorrência de temperaturas extremas (FRANCHINI et al., 2007; MORRIS et al., 2010; LÓPEZ-FANDO e PARDO et al., 2011).

Devido a sensibilidade dos microrganismos às mudanças promovidas pelo manejo, os atributos microbiológicos são amplamente utilizados para as avaliações da qualidade do solo em agroecossistemas (SILVA et al., 2010; KASCHUK et al., 2010; KASCHUK et al., 2011). A principal vantagem dos indicadores microbiológicos se deve a avaliação precoce de eventuais efeitos adversos causados pelo manejo, permitindo a adoção antecipada de medidas corretivas ou de controle, contribuindo com a melhora da sustentabilidade do sistema produtivo (CHAER e TÓTOLA, 2007).

Indicadores como a biomassa microbiana e a respiração basal, são parâmetros comumente utilizados na avaliação da qualidade do solo. A biomassa microbiana responde rapidamente às alterações no solo, pela estabilização física dos agregados e por ser a principal fonte de enzimas do solo, tornando-se responsável pela atividade biológica do sistema (KNUPP e FERREIRA 2011).

Além do que, a biomassa microbiana tem papel importante na estabilidade de agregados dos solos (LOURENTE et al., 2011). Relações entre indicadores microbiológicos, como o carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e a produtividade das culturas também foram observados (HUNGRIA et al., 2009; SILVA et al., 2010).

A biomassa microbiana também tem influência nos parâmetros químicos do solo, pelo fato de muitos microrganismos utilizarem a fração disponível da MO e serem sensíveis às mudanças na sua qualidade. Desta forma, a mensuração do carbono microbiano é um importante indicador de mudanças na química do solo (TÓTOLA e CHAER, 2002; HARGREAVES et al., 2003).

Outro indicador biológico utilizado é a respiração basal que consiste na oxidação biológica da matéria orgânica a CO₂ realizada por microrganismos aeróbios. A respiração basal da comunidade microbiana pode indicar mudanças na qualidade do solo, sendo que o aumento na respiração pode sinalizar estresse, uma

vez que a reparação dos danos causados por distúrbios no solo vai acarretar no desvio de energia do crescimento e reprodução para a manutenção celular. Por outro lado, uma alta taxa de respiração basal pode ser indicativo de maior mineralização de compostos orgânicos e consequente liberação de nutrientes para planta. A avaliação da respiração basal é técnica frequente para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relacionada com o conteúdo de MO e com a biomassa microbiana (ALEF, 1995). Sua utilização como indicador em áreas degradadas é muito importante, pois relaciona-se com a perda de carbono orgânico do sistema solo-planta para a atmosfera, reciclagem de nutrientes, resposta a diferentes estratégias de manejo do solo (PARKIN et al., 1996). Esta diminui com a profundidade do solo e pode ser correlacionada com o conteúdo de MO e com outros indicadores biológicos (ARAÚJO e MONTEIRO, 2006).

A análise isolada do carbono da biomassa microbiana e da respiração basal do solo pode limitar o entendimento quanto à atividade microbiana no solo; assim, o quociente metabólico (qCO_2), dado pela relação entre a quantidade de CO_2 emitido durante a respiração basal e o carbono da biomassa, fornece um indicativo mais adequado para o entendimento da atividade microbiológica do solo (BABUJIA et al., 2010).

Dessa forma, o qCO_2 indica o estado metabólico dos microrganismos e pode ser utilizado como indicador de estresse/perturbação ou estabilidade do ecossistema (DEPOLLI e GUERRA, 1997).

Outro parâmetro microbiano utilizado para avaliar a qualidade do solo é o quociente microbiano ($qMIC$), representado pela relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total do solo (C_{mic}/COT). O $qMIC$ expressa a quantidade de carbono imobilizado pela biomassa microbiana (SILVA, 2001). Áreas com baixa atividade microbiana apresentam baixos valores de $qMIC$, indicando menor reserva de compostos orgânicos nos sistemas (CARNEIRO et al., 2009). Altos índices de $qMIC$ indicam que a matéria orgânica do solo é ativa e está sujeita a ser decomposta pela microbiota (CARNEIRO et al., 2009).

De modo geral, a exploração intensiva do solo, assim como condições estressantes (contaminação do solo, deficiência nutricional, revolvimento intenso, etc) promovem uma rápida redução no reservatório de carbono microbiano em comparação ao carbono total do solo, que reflete em menores taxas de $qMIC$ (DEPOLLI e GUERRA, 1997; CARNEIRO et al., 2009; BABUJIA et al., 2010).

2.7 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL OCACIONADA PELO MANEJO DO SOLO

Conforme Cunha et al. (2012) a perda de condições desejáveis do solo, pode ser considerada como degradação do solo, tendo esta relação com a perda da capacidade produtiva dos solos, em função da diminuição de nutrientes, MO e mudanças em seus atributos. Mudanças no ambiente do solo, decorrentes de práticas de manejo inadequadas, podem levar ao rápido declínio do estoque de MO em áreas tropicais e subtropicais (FREIXO et al., 2002; KASCHUK et al., 2010).

O uso agrícola dos solos, com revolvimento contínuo e intenso no preparo, falta de cobertura e a não observação da capacidade de uso das terras podem resultar em diminuição da qualidade do solo (COSTA et al., 2006).

Este tipo de sistema com excessivas arações e gradagens, tem sido apontado como um dos responsáveis pela degradação do solo e decréscimo do rendimento das culturas, podendo levar o solo a modificações na sua estrutura, predispondo-o à formação de camadas compactadas, à redução da estabilidade dos agregados e ao aparecimento, em maior número, de microporos, aumentando a propensão à perda de solo por erosão (BERTOL et al., 2004; MORRIS et al., 2010; LÓPEZ-FANDO; PARDO, 2011).

Segundo a Embrapa (2015), 33% dos solos do mundo estão degradados, sendo que a erosão, salinização, compactação, acidificação e contaminação estão entre as principais causas. O principal fator responsável pela degradação do solo é o mal manejo e descaso por parte da população quanto às questões relacionadas à conservação dos recursos naturais, principalmente por parte dos agricultores (EMBRAPA, 2008). Somente a erosão elimina 25 a 40 bilhões de toneladas/ano de solo, reduzindo significativamente a produtividade das culturas e a capacidade de armazenar carbono, nutrientes e água.

Na América Latina o cenário também é preocupante, sendo que 50% do solo estão sofrendo algum tipo de degradação, sendo que no Brasil, os principais problemas encontrados são erosão, perda de carbono orgânico, e desequilíbrio de nutrientes (EMBRAPA, 2015).

3. ARTIGO A: PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTORES RURAIS USUÁRIOS DO SISTEMA PLANTIO DIRETO E SEU REFLEXO NA QUALIDADE DO SOLO

3.1 RESUMO

A degradação dos solos agrícolas vem aumentando mesmo com a expansão de áreas sob sistema plantio direto (SPD), comprovadamente eficiente na redução das perdas de solo, água e nutrientes por erosão. O objetivo do trabalho foi avaliar a conservação do solo e água, em áreas sob Sistema Plantio Direto, a partir da percepção ambiental de produtores rurais, quanto à adoção de normas do código florestal brasileiro e de práticas conservacionistas e; relacionar os dados obtidos com a qualidade do solo. No ano de 2016, foram selecionadas 10 propriedades rurais usuárias do SPD, sendo 6 em Tamarana e 4 em Lerroville, onde a classe predominante de solo é o Latossolo Vermelho. Para avaliar a percepção ambiental dos produtores rurais foi aplicado um questionário com perguntas específicas sobre uso e manejo e práticas de conservação do solo e água. Para cada local avaliado, uma área de aproximadamente 1 ha foi selecionada para a amostragem de solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Amostras indeformadas foram utilizadas para determinação da densidade do solo (DS), densidade de partículas (DP), macroporosidade ($M_{\text{acrop.}}$), microporosidade ($M_{\text{microp.}}$), volume total de poros (VTP), granulometria (Gr), argila dispersa em água (ADA), grau de dispersão (GD) e grau de floculação (GF). Amostras deformadas foram utilizadas para determinação de atributos químicos (nitrogênio total (NT), fósforo (P), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), alumínio (Al^{3+}), pH em $CaCl_2$, carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MO) e a relação COT:NT) e microbiológicos (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (CBM e NBM), relação CBM:NBM, respiração basal (RB), quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano ($qMIC$)). Os resultados permitiram evidenciar que, de modo geral, os produtores rurais embora relatem praticar o SPD, promovem o revolvimento do solo para descompactação da camada superficial, não fazem rotação de culturas e segundo os mesmos a eliminação dos terraços agrícolas facilita o uso de máquinas e o consequente plantio em desnível. De modo geral, não houve efeito do tempo de implantação do SPD e das práticas agrícolas sob os atributos do solo, porém, foram observadas diferenças entre as áreas nas profundidades avaliadas.

Palavras-chave: Extensão rural, uso e manejo do solo, degradação do solo, fertilidade do solo, biomassa microbiana.

ARTIGO A: ENVIRONMENTAL PERCEPTION OF RURAL PRODUCERS USERS OF THE DIRECT PLANTIO SYSTEM AND ITS REFLECTION IN SOIL QUALITY

Abstract

The degradation of agricultural soils has been increasing even with the expansion of areas under no-tillage system (SPD), proven efficient in reducing losses of soil, water and nutrients by erosion. The objective of this work was to evaluate soil and water conservation in areas under SPD, based on the environmental perception of rural producers, regarding the adoption of Brazilian forest code norms and conservation practices; correlate the data obtained with the soil quality. Ten rural properties were selected using the SPD, 6 in Tamarana and 4 in Lerroville, where the predominant soil class is Red Latosol. To evaluate the environmental perception of the rural producers, a questionnaire was applied with specific questions about use and management and soil and water conservation practices. For each site evaluated, an area of approximately 1 ha was selected for soil sampling at depths of 0-10 and 10-20 cm. soil density (DS), particle density (DP), macroporosity (Macrop.), Microporosity ($M_{\text{microp.}}$), total pore volume (VTP), granulometry (Gr), water dispersed clay (ADA), degree of dispersion (GD) and degree of flocculation (GF). Deformed samples were used to determine chemical attributes (total nitrogen (NT), phosphorus (P), potassium (K^+), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), aluminum (Al^{3+}), pH in $CaCl_2$, total organic carbon (COT); microbiological attributes [(CBM and NBM), CBM:NBM ratio, basal respiration (RB), metabolic quotient (qCO_2) and microbial quotient ($qMIC$), organic matter (MO) and the COT: NT ratio]. The results have shown that rural producers, although they report practicing the SPD, promote the redevelopment of the soil to decompress the surface layer, do not rotate crops and, according to these, the elimination of agricultural terraces It facilitates the use of machines and the planting in unlevel. There was no effect of the time of implantation of the SPD and of the agricultural practices under the attributes of the soil. Although all the producers interviewed declare to carry out the SPD in their areas, they do not meet all the requirements of the system. No significant difference was observed between the depths evaluated on their physical, chemical and microbiological attributes.

Key-words: Rural extension, use and management of soil, soil degradation, soil fertility, microbial biomass.

3.2 INTRODUÇÃO

A modernização da agricultura ocorrida com a Revolução Verde promoveu expressivo crescimento econômico e grande avanço tecnológico na agricultura até o final dos anos 70 (VIEIRA FILHO e SILVEIRA, 2012; PLOEG et al., 2018). Entretanto, esse modelo priorizou o uso intensivo de mecanização, adubos minerais de alta solubilidade e agrotóxicos. Como consequência, tais práticas resultaram em degradação dos solos, ocasionada pela erosão, perda de matéria orgânica, pulverização da camada arável, compactação e salinização (TAVARES FILHO et al., 2012; PEDROTI et al., 2015; PLOEG et al., 2018).

Para minimizar os efeitos negativos causados ao solo preconizou-se o uso de tecnologias conservacionistas, com o menor revolvimento do solo. Nesse contexto, teve início na década de 1970, o sistema plantio direto (SPD), no qual a mobilização do solo limita-se apenas à linha de semeadura, o que promove menor impacto na sua estrutura (SALTON et al, 1998; CRUZ et al, 2008). Além do mínimo revolvimento, o SPD tem como princípios a diversificação de espécies vegetais através da rotação de culturas e a cobertura permanente do solo, seja com os resíduos vegetais da cultura antecessora ou pelo uso de plantas de cobertura e/ou adubação verde (BABUJIA et al., 2010; ZOTARELLI et al., 2012; SILVA et al., 2014; PÖHLITZ et al., 2018).

Dentre os benefícios proporcionados pelo SPD, pode-se destacar melhorias na capacidade de infiltração e retenção de água no solo, redução das oscilações térmicas e hídricas, proporcionando um ambiente com melhores condições de umidade e temperatura (MORRIS et al., 2010; ZOTARELLI et al., 2012; PÖHLITZ et al., 2018), aumento do conteúdo de carbono orgânico (CONCEIÇÃO et al., 2013; SILVA et al., 2014; BLANCO-CANQUI e RUIS, 2018) e redução na emissão de dióxido de carbono (CO₂) (DOSSOU-YOVO et al., 2016; TU e LI, 2017; GHIMIRE et al., 2017).

Esse conjunto de fatores contribuiu com a expansão do SPD, praticado mundialmente, em aproximadamente 120 milhões de hectares (FRIEDRICH et al., 2012). Entretanto, apesar de todos os benefícios proporcionados pelo SPD, a erosão antes controlada pelo sistema tem reaparecido devido à eliminação dos terraços e ao plantio em desnível, sendo necessário retomar os princípios da conservação do solo preconizados pela técnica (STRECK, 2012; FRANCHINI et al., 2016; MACHADO E WADT, 2016).

Assim, a avaliação da percepção ambiental dos produtores rurais frente à conservação do solo e água se mostra fundamental para a manutenção e/ou preservação da sustentabilidade econômica e ambiental dos agroecossistemas. A compreensão por parte dos agricultores, sobre a qualidade ambiental pode ser considerada uma aproximação ideal de um indicador da qualidade do solo (ANDREWS et al., 2003; SANCHEZ et al., 2003).

O objetivo do trabalho foi avaliar a atual situação da conservação do solo e água, em áreas sob SPD, a partir da percepção ambiental de produtores rurais, quanto à adoção de normas do código florestal brasileiro e de práticas conservacionistas e; relacionar os dados obtidos com atributos físicos, químicos e microbiológicos indicadores da qualidade do solo.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 Caracterização das Áreas do Estudo

O estudo foi realizado no ano de 2016 no norte do Estado do Paraná, em lavouras comerciais conduzidas em SPD, sendo 6 delas localizadas no município de Tamarana (23° 43' 00"S e 51° 05' 00" W) e 4 no município de Londrina, mais precisamente no distrito de Lerroville (23° 08' 47" S e 51° 19' 11"). De acordo com a classificação de Köppen o clima é do tipo Cfa (temperado úmido com verão quente), com temperatura e pluviosidade média de 18,5°C e 1490 mm, respectivamente; e o relevo classificado como suave ondulado a ondulado.

Os solos desses municípios são originados do basalto, sendo a classe predominante os Latossolos (EMBRAPA, 1981). São caracterizados por argila de baixa atividade, com pouca diferenciação entre os horizontes e de estrutura microgranular, compreendendo agregados angulares e subangulares (BROSSARD et al., 2012).

O histórico do uso e manejo do solo das áreas de estudo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 3.1 Histórico do uso e manejo do solo das áreas do estudo.

Área	Manejo de culturas ¹	Tempo do SPD	Terraço ²	Preparo do solo	Tamanho (ha)	Adubação
A1/S/9	S: Soja/ trigo/ soja/ milho 2° safra/ soja/ pousio	9 anos	ST	Subsolagem (2014)	43,56	Soja: 173 kg/ha (08-36-06) + 82 kg/ha de KCl, microxisto ^(AF) ; Milho 2° safra: microxisto ³ .
A2/S/10	S: Soja/ aveia preta/ soja/ braquiária brizantha/ soja/ aveia preta	10 anos	ST	-	91,96	Soja: P K (microxisto), active e complex ³ , 145 kg/ha (09-43-00) + 82 kg/ha de KCl.
A3/S/10	S: Soja/ trigo/ soja/ trigo/ soja/ pousio/ soja/ pousio	10 anos	ST	Subsolagem (2011) e Grade Rome (2016)	14,52	Soja: 2x ubyfol ³ , 206 kg/ha (02-20-18 ou 00-20-20); Trigo: 165 kg/ha (12-15-15) + 165 kg/ha de ureia.
A4/S/15	S: Soja/ milho 2° safra/ soja/ trigo/ soja/ aveia branca/ soja	15 anos	ST	Subsolagem (2006)	101,64	Soja: P K microxisto, active e complex ³ , 145 kg/ha (09-43-00) + 83 kg/ha de KCl; Trigo: 250 kg/ha (10-15-15) + 125 kg/ha de ureia; Milho 2° safra: 250 kg/ha (10-15-15) + 83 kg/ha de ureia.
A5/S/15	S: Soja/ aveia/ soja/ aveia/ soja/ aveia	15 anos	CT	-	16,94	Soja: 206 kg/ha (02-20-18) + 206 kg/ha/ano de cama de frango + 100 kg/ha de KCl. Aveia: não realiza adubação.
A6/R/18	R: Soja/ trigo/ milho/ trigo/ soja/ aveia/ milho/ aveia	18 anos	CT	Escarificação (2011)	98,98	Soja: 250 kg/ha (00-20-20 ou 2-20-18) + Stoller ³ ; Milho: 330 kg/ha (10-15-15) e KCl + Stoller ³ ; Trigo: 250 kg/ha (10-15-15) + 125 kg/ha de ureia; aplicação anual de 5 a 6 mil kg de cama de frango em área total.
A7/S/20	S: Soja/ trigo/ soja /trigo/ soja/ trigo	20 anos	CT	-	411,4	Soja: 290 kg/ha de superfosfato simples; Trigo: 250 kg/ha (10-15-15).
A8/S/21	S: Soja/ trigo/ soja/ milho/ soja/ aveia preta/ soja/ aveia preta	21 anos	CT	-	14,52	Soja: 206 kg/ha (00-20-20) + 83 kg/ha de KCl + P K microxisto, active e complex ³ ; Trigo: 206 kg/ha (10-15-15) + 125 kg/ha de ureia.
A9/R/22.	R: Soja/ trigo/ milho/ trigo/ soja/ aveia/ milho/ aveia	22 anos	CT	-	45,98	Soja: 250 kg/ha (00-20-20 ou 02-20-18) + Stoller ³ ; Milho: 330 kg/ha (10-15-15) e KCl + Stoller ³ ; Trigo: 250 kg/ha (10-15-15) + 125 kg/ha de ureia; aplicação anual de 5 a 6 mil kg de cama de frango em área total.
A10/S/22	S: Soja/ aveia/ soja/ trigo/ soja/ pousio	22 anos	ST	-	4,84	Soja: 250 kg/ha (00-20-20 ou 02-20-18) + Stoller ³ .

¹R: rotação de culturas, S: sucessão de culturas; ²Com terraço (CT) e sem terraço (ST); ³Adubação foliar.

3.3.2 Levantamento de Informações Junto aos Produtores Rurais – Aplicação do Questionário

O levantamento de informações junto aos produtores rurais usuários do SPD foi obtido através da aplicação de questionário (Tabela 2) que constou de perguntas objetivas e dissertativas sobre o uso e manejo do solo, cumprimento das normas do código florestal brasileiro, tratos culturais e aspectos microbiológicos (conhecimento de análises microbiológicas e inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio).

Tabela 3.2 Questionário aplicado a produtores rurais usuários do SPD.

1) Informações Gerais	
Grau de escolaridade	Fundamental ()
	Médio ()
	Superior ()
Tamanho das propriedades	≤ 30 ha ()
	30 a 100 ha ()
	≥ 100 ha ()
2) Informações sobre o manejo da área	
Qual o manejo das áreas?	Rotação ()
	Sucessão ()
Realiza revolvimento na área?	Sim ()
	Não ()
O Sr. vê necessidade em usar práticas de ¹ CSA? Por quê?	Sim ()
	Não ()
Se “sim”, quais as usadas?	Terraço agrícola ()
	Cobertura vegetal ()
	SPD ()
	Outra ()
Independente do declive ou da quantidade de chuva o Sr. vê necessidade em usar terraço agrícola em área sob SPD?	Sim ()
	Não ()
Há terraços na área?	Sim ()
	Não ()
3) Código Florestal	
O Sr. segue as normas do CFB?	Sim ()
	Não ()
Se “sim”, as áreas cultivadas possuem:	APP ()
	ARL ()
Acha importante seguir as medidas do CFB ou é desnecessário?	Sim ()
	Não ()
Qual sua opinião sobre as mudanças no CFB, tais como a redução no tamanho da APP, redução da recomposição da mata desmatada da ARL e não punição para imóveis	Bom ()
	Regular ()
	Ruim ()

rurais referente a autuação de desmatamento sem autorização?	
Na(s) área(s) cultivada(s), há rios, minas ou outra fonte natural de água?	Sim () Não ()
São realizadas práticas de conservação desses locais com água conforme a legislação?	Sim () Não ()

4) Tratos Culturais

O Sr. faz AQS? Realiza apenas para conseguir o financiamento bancário?	A cada 3 anos () Uma única vez ()
O Sr. segue as recomendações da assistência técnica para realizar correções e adubações ou adapta de acordo com suas possibilidades?	Sim () Do meu jeito ()
O Sr. realiza adubação para todos os nutrientes essenciais (N, P, K, Ca, Mg, S, Cl, Bo, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo e Ni) ou apenas para N, P, K e correção de acidez com a calagem?	Sim () Só N, P, K ()
O Sr. realiza Calagem?	Sim () Não ()

5) Microbiologia

O Sr. faz inoculação nas culturas leguminosas?	Sim () Não ()
O Sr. já fez alguma análise microbiológica?	Sim () Não ()
O Sr. já ouviu falar em indicadores microbiológicos da qualidade do solo?	Sim () Não ()

¹CSA, conservação do solo e água; CFB, código florestal brasileiro; APP, área de preservação permanente; ARL, área de reserva legal; AQS, análise química do solo.

3.3.3 Amostragem do solo

Para cada local avaliado, uma área de aproximadamente 1 ha foi selecionada para a amostragem do solo. Foram amostrados 5 pontos equidistantes, através da retirada de amostras deformadas para atributos químicos e microbiológicos; e indeformadas para atributos físicos, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, totalizando 10 amostras indeformadas e 10 amostras deformadas por área avaliada.

Para as análises físicas e químicas as amostras de solo foram secas ao ar, moídas e passadas em peneira com malha de 2 mm de diâmetro (TFSA).

3.3.4 Análises Físicas

3.3.4.1 Densidade do solo (DS)

A DS foi obtida pelo método do anel volumétrico (JORGE, 1985; EMBRAPA, 1997; SCARAMUZZA et al., 2002), com volume conhecido. A amostra foi transferida para um recipiente vedado, e posteriormente alocada em estufa a 105°C por 24 horas. Após esse período, transferida para dessecador e pesada. Com os dados obtidos, calculou-se a DS pela fórmula abaixo:

$$DS (Mg m^{-3}) = \frac{M_{ss}}{\text{Volume total do anel}} \quad (\text{Equação 1})$$

onde,

M_{ss}= massa de solo seco

3.3.4.2 Densidade de partículas (DP)

A DP foi determinada pelo método do balão volumétrico (JORGE, 1985; EMBRAPA, 1997), no qual pesou-se 20 g de TFSA e transferiu-se para um balão volumétrico de 50 mL, cujo volume foi preenchido com álcool etílico 96 °GL. Antes de preencher o volume total do balão (50 mL), adicionou-se 25-30 mL de álcool etílico e agitou-se cuidadosamente durante 1 minuto para eliminar bolhas de ar e facilitar a penetração do álcool nos capilares do solo. Deixou-se em repouso até o dia seguinte. Após esse tempo, completou-se o volume do balão com álcool etílico, anotando o volume total de álcool gasto e calculando a densidade de partículas, segundo Tavares Filho (2012).

3.3.4.3 Porosidade do solo (PS)

A PS foi obtida pela quantificação da macro e microporosidade pelo método da mesa de tensão (TAVARES FILHO, 2012). As amostras de solo dos anéis foram protegidas na parte inferior por um disco de pano permeável e colocadas em

bandeja com água para saturar durante uma noite. Em seguida as amostras foram retiradas da água e pesadas para a obtenção da massa de solo saturado (M_{ssat}) e colocadas na mesa de tensão, a 0,6 mca, onde permaneceram por 24 horas. Posteriormente, as amostras foram pesadas para a obtenção da massa de solo após a tensão ($M_{sucção}$) e levadas à estufa a 105 °C por 24 horas. Após o resfriamento das amostras, estas foram pesadas para a determinação da massa de solo seco (M_{ss}). A partir dos pesos obtidos, procedeu-se os cálculos, conforme as fórmulas abaixo:

$$Macroporosidade = \frac{M_{ssat} - M_{sucção}}{Volume\ total\ do\ anel} \quad (Equação\ 2)$$

$$Microporosidade = \frac{M_{sucção} - M_{ss}}{Volume\ total\ do\ anel} \quad (Equação\ 3)$$

O volume total de poros (VTP) foi obtido pelo método indireto através do seguinte cálculo:

$$VTP_{(i)}(m^{-3}\ m^{-3}) = 1 - \left(\frac{DS}{DP}\right) \quad (Equação\ 4)$$

3.3.4.4 Argila dispersa em água (ADA)

A ADA foi realizada pelo método da pipeta com agitação lenta (BAVER, 1956; EMBRAPA, 1997). Foram pesados 20 g de TFSA em recipientes plásticos com capacidade de 500 mL e acrescentado 90 mL de água destilada. Posteriormente, foi realizada a agitação dos recipientes por 16 horas em mesa agitadora a 50 rpm. Após a agitação, o conteúdo foi passado para proveta de 1000 mL e seu volume completado com água destilada, sendo estas agitadas manualmente por 30 segundos. Para determinação da ADA, foi utilizada apenas uma hora de agitação em agitadora a 50 rpm.

A partir dos dados de ADA, foram obtidos o grau de dispersão (GD) e grau de floculação (GF) da argila pelos cálculos:

$$GD = \frac{\text{Peso da ADA}}{\text{Peso da argila}} * 100 \quad (\text{Equação 5})$$

$$GF = \left(\frac{\text{Peso da argila} - \text{Peso da ADA}}{\text{Peso da argila}} \right) * 100 \quad (\text{Equação 6})$$

3.3.5 Análises Químicas

Foram determinados os teores fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺), alumínio (Al³⁺), acidez potencial (H + Al), e pH em CaCl₂ de acordo com Pavan et al. (1992). O nitrogênio total (NT) foi determinado por destilação com Kjeldahl (EMBRAPA, 1997). O carbono orgânico total (COT), foi determinado pelo método de Walkey-Black, por oxidação pelo Cr₂O₇ e titulado com FeSO₄ (WALKEY e BLACK, 1934).

3.3.6 Análises Microbiológicas

3.3.6.1 Biomassa microbiana

Utilizou-se o método de fumigação-extração modificado de Vance et al. (1987) para a análise do carbono da biomassa microbiana (CBM), e o método de Brookes et al. (1985) para análise do nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), ambos com modificações, conforme descrito em Hungria et al. (2009).

As análises foram realizadas em solo úmido, na capacidade de campo. Pesaram-se 20 g de solo para amostras não fumigadas e fumigadas. Para a determinação da umidade foram pesados 10 g de solo e colocados em estufa por um período de 16 h a 105°C. As amostras fumigadas foram colocadas dentro de uma caixa de vácuo contendo 50 mL de clorofórmio em cada vértice do interior da caixa, onde permaneceram por 16 h. As amostras fumigadas e não fumigadas permaneceram na ausência de luz por 16 h. Após esse período, as amostras foram submetidas a vácuo por três vezes para eliminação do clorofórmio e suspensas em 50 mL da solução extratora (K₂SO₄ 0,5 M).

As concentrações de CBM nos extratos foram determinadas através de oxidação com Mn^{3+} e, estimada colorimetricamente no comprimento de onda de 495 nm (BARTLETT e ROSS, 1988). O teor de CBM nos extratos foi calculado pela diferença entre as amostras fumigadas e não fumigadas, utilizando fator de correção (K_{CE}) de 0,41, recomendado para solos tropicais (FEIGL et al., 1995; OLIVEIRA et al., 2001).

As concentrações de NBM foram determinadas pela adição de 0,5 g de catalisador $CuSO_4:K_2SO_4$ (10:1) e 1,5 mL de H_2SO_4 concentrado em 20 mL de extrato. As amostras permaneceram em estufa a $105^\circ C$ por 16 h para redução do volume e foram digeridas por um período de aproximadamente 3 h a $350^\circ C$. Após a digestão, o resíduo foi diluído com água destilada e o nitrogênio (N) determinado colorimetricamente no comprimento de onda de 630 nm, utilizando o método do azul de indofenol (FEIJE e ANGER, 1972). O teor de NBM nos extratos foi calculado pela diferença entre as amostras fumigadas e não fumigadas, utilizando fator de correção (K_{NE}) de 0,54 (BROOKES et al., 1985).

Os valores de biomassa microbiana obtidos foram expressos em mg de CBM e de NBM por kg^{-1} de solo seco.

3.3.6.2 Respiração basal (RB)

A RB foi avaliada incubando-se 50 g de solo de cada amostra com umidade ajustada para 60% da capacidade de campo, em frascos hermeticamente fechados, contendo 10 mL de solução de NaOH 0,5 N em frasco para capturar o CO_2 liberado (ALEF, 1995). Após 7 dias, o NaOH remanescente foi quantificado pela titulação com HCl na mesma concentração, com auxílio do indicador fenolftaleína, após adição de $BaCl_2$.

3.3.6.3 Quociente metabólico (qCO_2) e microbiano ($qMIC$)

O qCO_2 foi obtido pela relação entre a RB e o CBM (carbono da RB/CBM); e o $qMIC$ pela relação entre o CBM e o carbono orgânico total (COT) x 100 conforme descrito em Babujia et al., (2010).

3.3.7 Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa estatístico R (R Development Core Team, 2010). Os dados referentes ao questionário aplicado aos produtores rurais foram transformados em porcentagens. Os requisitos necessários para a análise de variância (ANOVA) foram verificados. A normalidade do erro foi avaliada de acordo com Shapiro e Wilk (1965), a variância da homogeneidade de acordo com Bartlett (STEEL et al., 1997), e o teste de não aditividade (TUKEY, 1949). Antes de serem submetidos à análise de variância, os dados foram submetidos aos testes de normalidade das variáveis e de homogeneidade de variâncias. Nos casos em que os pressupostos da ANOVA não foram atendidos, a transformação de Box-Cox foi utilizada e os pressupostos testados novamente. O teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (KRUSKAL e WALLIS, 1952) foi aplicado para comparação dos dados nas situações em que a transformação de Box-Cox (BOX e COX, 1964) não foi eficiente para adequar os dados aos pressupostos da ANOVA. Quando confirmado um valor P estatisticamente significativo, o teste post hoc foi aplicado e, o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). foi utilizado na comparação de médias, considerando um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 5 repetições por área avaliada.

Os dados referentes aos atributos físicos, químicos e microbiológicos foram submetidos à análise de componentes principais (ACP), com o propósito de observar as relações existentes entre as áreas sob SPD com a qualidade do solo. A análise de agrupamento foi realizada pelo método do algoritmo de Ward (WARD, 1963), sendo a similaridade obtida pela distância euclidiana ao quadrado (D^2).

3.4 RESULTADOS

3.4.1 Respostas do Questionário Aplicado Junto aos Produtores Rurais

Dos 10 questionários respondidos por produtores rurais usuários do SPD (Tabela 3.3 - Item 1), 70% declararam possuir ensino médio, 20% ensino fundamental e 10% nível superior, com graduação em Agronomia. Desse total, 40%

possuem propriedades ≤ 30 ha, 40% propriedades entre 30 e 100 ha e 20% propriedades ≥ 100 ha.

Com relação ao manejo das áreas (Tabela 3.3 - Item 2), 70% não realizam rotação de culturas e apenas 30% declararam realizar essa prática. Apesar de todos os entrevistados terem declarado realizar o SPD, 40% realizam algum tipo de revolvimento no solo (escarificação, aração ou subsolagem) com o objetivo de romper a camada superficial mais compacta.

Quanto à rotação de culturas, os produtores declararam que a opção por não adotarem um sistema de diversificação de espécies vegetais na propriedade, tem como base critérios econômicos, isto é, o preço do grão no mercado.

Tabela 3.3 Respostas do questionário aplicado a 10 produtores rurais usuários do SPD.

1) Informações Gerais		(%)
Grau de escolaridade	Fundamental	70
	Médio	20
	Superior	10
Tamanho das propriedades	≤ 30 ha	40
	30 a 100 ha	40
	≥ 100 ha	20
2) Informações sobre o manejo da área		
Qual o manejo das áreas?	Rotação	70
	Sucessão	30
Realiza revolvimento na área?	Sim	40
	Não	60
O Sr. vê necessidade em usar práticas de CSA ¹ ? Por quê?	Sim	100
	Não	00
Se "sim", quais as usadas?	Terraço agrícola	50
	Cobertura vegetal	100
	SPD	100
	Outra	00
Independente do declive ou da quantidade de chuva o Sr. vê necessidade em usar terraço agrícola em área sob SPD?	Sim	100
	Não	00
Há terraços na área?	Sim	50
	Não	50
3) Código Florestal		
O Sr. segue as normas do CFB?	Sim	90
	Não	10
Se "sim", as áreas cultivadas possuem:	APP	100
	ARL	60

Acha importante seguir as medidas do CFB ou é desnecessário?	Sim	100
	Não	00
Qual sua opinião sobre as mudanças no CFB, tais como a redução no tamanho da APP, redução da recomposição da mata desmatada da ARL e não punição para imóveis rurais referente a autuação de desmatamento sem autorização?	Bom	30
	Regular	30
	Ruim	40
Na(s) área(s) cultivada(s), há rios, minas ou outra fonte natural de água?	Sim	100
	Não	00
São realizadas práticas de conservação desses locais com água conforme a legislação?	Sim	100
	Não	00

4) Tratos Culturais

O Sr. faz AQS? Realiza apenas para conseguir o financiamento bancário?	A cada 3 anos	80
	Uma única vez	20
O Sr. segue as recomendações da assistência técnica para realizar correções e adubações ou adapta de acordo com suas possibilidades?	Sim	80
	Do meu jeito	20
O Sr. realiza adubação para todos os nutrientes essenciais (N, P, K, Ca, Mg, S, Cl, Bo, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo e Ni) ou apenas para N, P, K e correção de acidez com a calagem?	Sim	90
	Só N, P, K	10
O Sr. realiza Calagem?	Sim	80
	Não	20

5) Microbiologia

O Sr. faz inoculação nas culturas leguminosas?	Sim	100
	Não	00
O Sr. já fez alguma análise microbiológica?	Sim	20
	Não	80
O Sr. já ouviu falar em indicadores microbiológicos da qualidade do solo?	Sim	20
	Não	80

CSA¹, conservação do solo e água; CFB, código florestal; APP, área de preservação permanente; ARL, área de reserva legal; AQS, análise química do solo; N, nitrogênio; P, fósforo; K, potássio; Ca, cálcio; Mg, magnésio; S, enxofre; Cl, cloro; Bo, boro; Fe, ferro; Mn, manganês; Zn, zinco; Cu, cobre; Mo, molibdênio; Ni, níquel.

Nas questões referentes ao uso do terraço agrícola, todos consideraram essa uma prática necessária para o controle da erosão. Entretanto, apenas 50% dos produtores entrevistados possuem terraços instalados nas áreas.

Sobre a regularidade com as normas do código florestal brasileiro (CFB) (Tabela 3.3 - Item 3), 90% dos produtores relataram seguir as regras, sendo que 60% declararam possuir área de reserva legal (ARL) e 100% área de preservação permanente (APP) em suas propriedades.

Com relação às recentes mudanças no CFB, não houve um consenso por parte dos produtores se as mesmas foram positivas ou negativas. Sendo assim, 30% consideraram que as mudanças foram boas, 30% regulares e 40% ruins.

A respeito dos tratos culturais (Tabela 3.3 - Item 4), 80% declararam realizar análises químicas do solo (AQS) a cada 3 anos e seguir as recomendações de adubação e correção do solo da assistência técnica, enquanto 20% realizaram AQS apenas uma única vez em suas áreas.

Com relação aos aspectos microbiológicos (Tabela 3.3 - Item 5), todos os produtores declararam realizar a inoculação de sementes de soja com a estirpe *Bradyrhizobium* sp., entretanto, todos realizam adubação nitrogenada, como forma de complementar a demanda de nitrogênio exigida pela cultura.

Quanto às análises microbiológicas, voltadas a verificar a atividade microbiana no solo, apenas 20% dos produtores declarou ter realizado alguma dessas análises em suas áreas.

3.4.2 Atributos Físicos

Na profundidade de 0-10 cm, os maiores valores de DS foram encontrados nas áreas A1/S/9; A2/S/10 e A8/S/21 e os menores nas áreas A3/S/10 e A7/S/20. Não foram observadas diferenças na DS entre as áreas A5/S/15; A6/R/18; A9/R/22 e A10/S/22 (Tabela 3.4).

Para a DP, os maiores valores foram encontrados nas áreas A2/S/10 e A9/R/22 e; os menores nas áreas A3/S/10 e A6/R/18. Não foram observadas diferenças na DP entre as áreas A1/S/9; A4/S/15; A5/S/15 e A8/S/21.

O maior valor de $M_{\text{acrop.}}$ foi obtido na área A2/S/10, não havendo diferença significativa entre as demais áreas (Tabela 3.4).

Para a $M_{\text{icrop.}}$, os maiores valores foram obtidos nas áreas A1/S/9; A3/S/10; A4/S/15; A5/S/15; A6/R/18; A7/S/20; A8/S/21 e A9/R/22, sendo o menor valor encontrado na área A2/S/10.

Tabela 3.4 Atributos físicos em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

Áreas	DS¹ (Mg m ⁻³)	DP (Mg m ⁻³)	MACROP. (m ⁻³ m ⁻³)	MICROP. (m ⁻³ m ⁻³)	VTP (m ⁻³ m ⁻³)	ADA (Mg g ⁻¹)	GD (%)	GF (%)
0-10 cm								
A1/S/9	1,56 a	2,39 bc	0,08 b	0,42 ab	0,35 b	22,59 c	13,68 c	86,32 c
A2/S/10	1,50 a	2,66 a	0,24 a	0,22 c	0,44 a	3,12 e	7,99 d	92,01 b
A3/S/10	1,17 d	1,54 e	0,13 b	0,48 a	0,24 c	12,51 d	5,96 e	94,04 a
A4/S/15	1,29 c	2,23 bcd	0,15 b	0,41 ab	0,42 ab	46,40 a	31,77 a	68,23 e
A5/S/15	1,36 bc	2,29 bcd	0,09 b	0,48 a	0,41 ab	50,10 a	31,97 a	68,03 e
A6/R/18	1,36 bc	1,60 e	0,12 b	0,45 ab	0,14 d	26,91 b	19,35 b	80,65 d
A7/S/20	1,18 d	2,11 d	0,13 b	0,47 a	0,44 a	19,91 c	13,96 c	86,04 c
A8/S/21	1,48 a	2,28 bcd	0,10 b	0,42 ab	0,35 b	33,03 b	23,24 b	76,76 d
A9/R/22	1,37 b	2,45 ab	0,10 b	0,44 ab	0,44 a	11,71 d	7,31 de	92,69 ab
A10/S/22	1,33 bc	2,17 cd	0,13 b	0,36 bc	0,38 ab	15,99 d	7,59 de	92,41 ab
10-20 cm								
A1/S/9	1,52 a	2,42 ab	0,10 bcd	0,41 cd	0,37a	19,84 cd	16,34 c	83,66 d
A2/S/10	1,51 a	2,62 a	0,27 a	0,17 e	0,42 a	5,72 f	13,00 d	87,00 c
A3/S/10	1,15 d	1,47 g	0,14 bc	0,45 bcd	0,21 c	13,98 e	6,44 f	93,56 a
A4/S/15	1,29 c	2,17 de	0,17 ab	0,36 cd	0,41 a	57,58 a	37,84 a	62,16 f
A5/S/15	1,36 b	2,26 cd	0,09 cd	0,45 bcd	0,40 a	52,52 ab	33,21 ab	66,79 ef
A6/R/18	1,37 b	1,49 g	0,13 bc	0,45 bcd	0,12d	21,33 c	15,08 c	84,92 d
A7/S/20	1,18 cd	2,08 f	0,13 bc	0,47 ab	0,43 a	22,97 c	17,20 c	82,80 d
A8/S/21	1,54 a	2,20 e	0,07 d	0,47 ab	0,30 b	33,88 b	25,29 b	74,71 e
A9/R/22	1,39 b	2,43 ab	0,07 d	0,46 ab	0,43 a	17,40 de	10,89 de	89,11 bc
A10/S/22	1,35 b	2,17 ef	0,09 cd	0,51 a	0,38 a	14,9 e	8,83 ef	91,17 ab

DS¹, densidade do solo; DP, densidade de partículas; MACROP., macroporosidade; MICROP., microporosidade; VTP, volume total de poros; ADA, argila dispersa em água; GD, grau de dispersão; GF, grau de floculação.

Para o VTP, os maiores valores foram obtidos nas áreas A2/S/10; A4/S/15; A5/S/15; A7/S/20; A9/R/22 e A10/S/22, sendo o menor valor encontrado na área A6/R/18. Não foram observadas diferenças entre as áreas A1/S/9 e A8/S/21 (Tabela 3.4).

Maiores valores de ADA foram encontrados nas áreas A4/S/15 e A5/S/15 e; o menor na área A2/S/10. Não foram observadas diferenças nos valores de ADA entre as áreas A3/S/10; A9/R/22 e A10/S/22 e; as áreas A6/R/18 e A8/S/21.

Para o GD, os maiores percentuais foram encontrados nas áreas A4/S/15 e A5/S/15 e; o menor percentual desse atributo obtido na área A3/S/10. Não foram observadas diferenças no GD entre as áreas A6/R/18 e A8/S/21; as áreas A1/S/9 e A7/S/20 e; as áreas A2/S/10; A9/R/22 e A10/S/22 (Tabela 3.4).

Maiores percentuais de GF foram encontrados nas áreas A3/S/10; A9/R/22 e A10/S/22, sendo os menores percentuais obtidos nas áreas A4/S/15 e A5/S/15. Não foram observadas diferenças no GF entre as áreas A1/S/9 e A7/S/20 e; as áreas A6/R/18 e A8/S/21.

Para a profundidade de 10-20 cm, a DS e o GD apresentaram comportamento semelhante ao encontrado na profundidade de 0-10 cm (Tabela 3.4).

Maiores valores de DP foram encontrados nas áreas A1/S/9; A2/S/10 e A9/R/22 e; os menores nas áreas A3/S/10 e A6/R/18. Não foi observada diferença nos valores de DP entre as áreas A4/S/15 e A10/S/22.

Para a $M_{\text{macropr.}}$ os maiores valores foram obtidos nas áreas A2/S/10 e A4/S/15 e; os menores nas áreas A5/S/15; A8/S/21; A9/R/22 e A10/S/22. Não foram observadas diferenças na $M_{\text{macropr.}}$ entre as demais áreas (Tabela 3.4).

Maiores valores de $M_{\text{microp.}}$ foram obtidos nas áreas A7/S/20; A8/S/21; A9/R/22 e A10/S/22 e; o menor na área A2/S/10. As demais áreas não apresentaram diferenças entre si.

Para o VTP, os maiores valores foram obtidos nas áreas A1/S/9; A2/S/10; A4/S/15; A5/S/15; A7/S/20; A9/R/22 e A10/S/22, sendo o menor valor encontrado na área A6/R/18 (Tabela 3.4).

Maiores valores de ADA foram encontrados nas áreas A4/S/15 e A5/S/15 e; os menores nas áreas A3/S/10 e A10/S/22. As áreas A1/S/9; A6/R/18 e A7/S/20 não diferiram entre si no valor desse atributo.

Maiores percentuais de GF foram encontrados nas áreas A3/S/10 e A10/S/22, sendo os menores obtidos nas áreas A4/S/15 e A5/S/15. Não foram observadas diferenças no GF entre as áreas A1/S/9; A6/R/18 e A7/S/20 (Tabela 3.4).

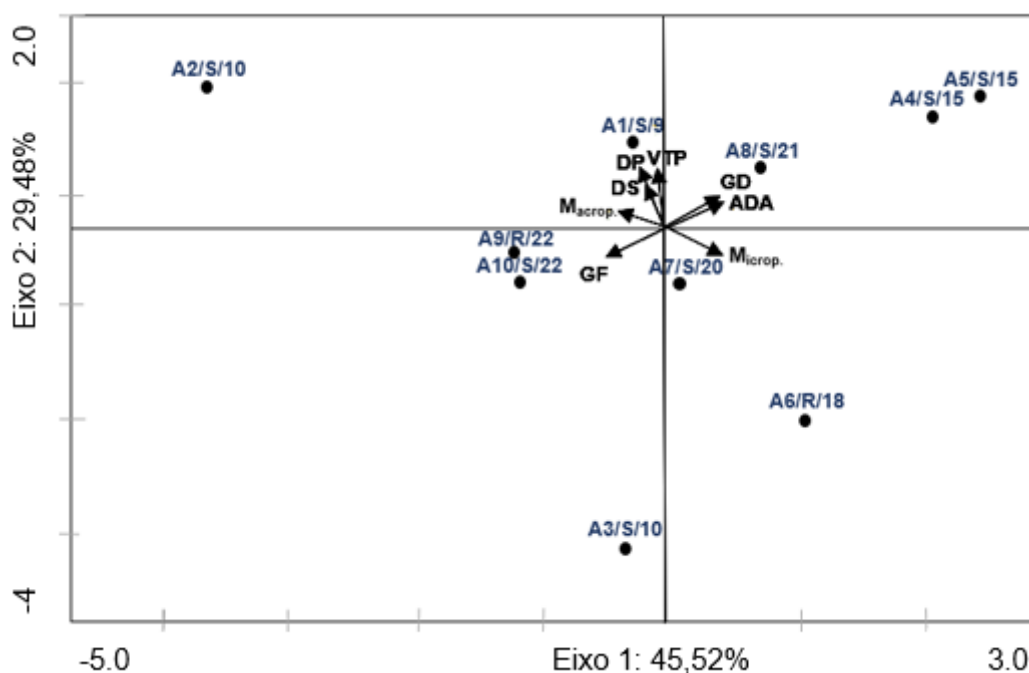


Figura 3.1 Análise de Componentes Principais (ACP) baseada em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas e sua relação com atributos físicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm.

A ACP foi utilizada para mostrar a relação das áreas sob SPD com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas nos atributos físicos do solo na profundidade de 0-10 cm. O primeiro eixo da componente principal explicou 45,52% da variabilidade dos dados, enquanto o eixo 2 explicou 29,48% (Figura 3.1). Nota-se que os maiores valores de ADA e GD (Tabela 3.4) encontrados nas áreas A4/S/15 e A5/S/15, seguido dos valores da área A8/S/21, as correlacionaram positivamente com esses atributos e negativamente com os menores percentuais de GF (Tabela 3.4), posicionando estas áreas na porção superior positiva do eixo 1. Enquanto, as áreas A3/S/10; A9/R/22 e A10/S/22, se correlacionaram positivamente com os maiores percentuais de GF, e negativamente com o menor valor de ADA e percentual de GD (Tabela 3.4), se posicionando na porção inferior negativa do eixo 1. Nota-se que os maiores valores de $M_{\text{microp.}}$ encontrados nas áreas A6/R/18 e A7/S/20 (Tabela 3.4), as posicionaram na porção inferior positiva do eixo 1. De modo geral, essas áreas se

correlacionaram negativamente com os menores valores de DS, DP, $M_{\text{macrop.}}$ e VTP (Tabela 3.4). As áreas A1/S/9 e A2/S/10 apresentaram os maiores valores de DS, DP, $M_{\text{macrop.}}$ e VTP (Tabela 3.4), se posicionando na porção superior negativa do eixo 1, sendo correlacionadas negativamente com a $M_{\text{microp.}}$.

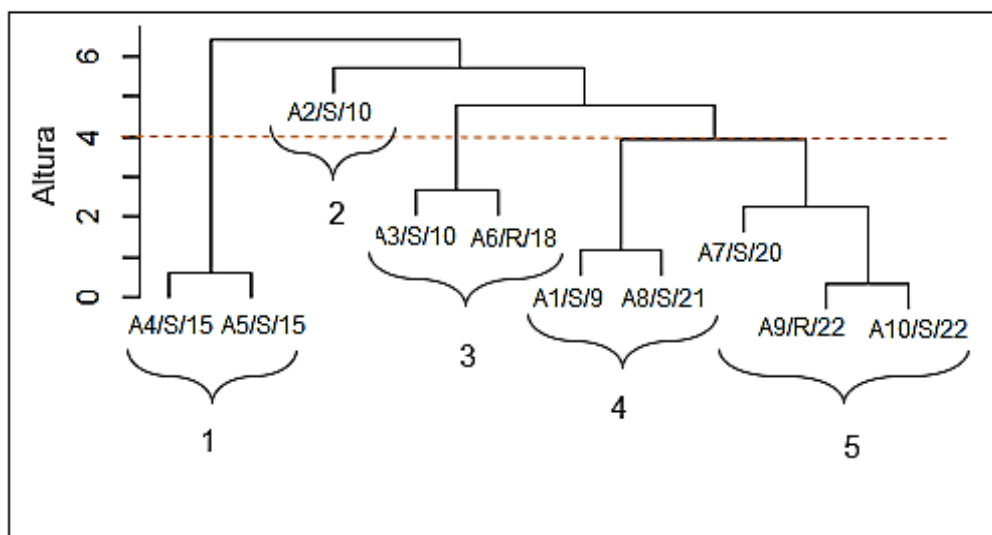


Figura 3.2 Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos físicos do solo na profundidade de 0-10 cm, em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas.

A Figura 3.2 apresenta o dendrograma de similaridade obtido pela análise de agrupamento, referente aos atributos físicos do solo na profundidade de 0-10 cm. A análise de agrupamento permitiu a formação de cinco grupos principais com 60% de similaridade (40% de dissimilaridade) (Figura 3.2). O grupo 1 incluiu as áreas A4/S/15 e A5/S/15; o grupo 2 a área A2/S/10; o grupo 3 as áreas A3/S/10 e A6/R/18 e o grupo 4 incluiu as áreas A1/S/9 e A8/S/21. O grupo 5, se subdividiu em dois subgrupos, com 78% de similaridade (22% de dissimilaridade), sendo que o primeiro subgrupo incluiu a área A7/S/20 e o segundo subgrupo as áreas A9/R/22 e A10/S/22.

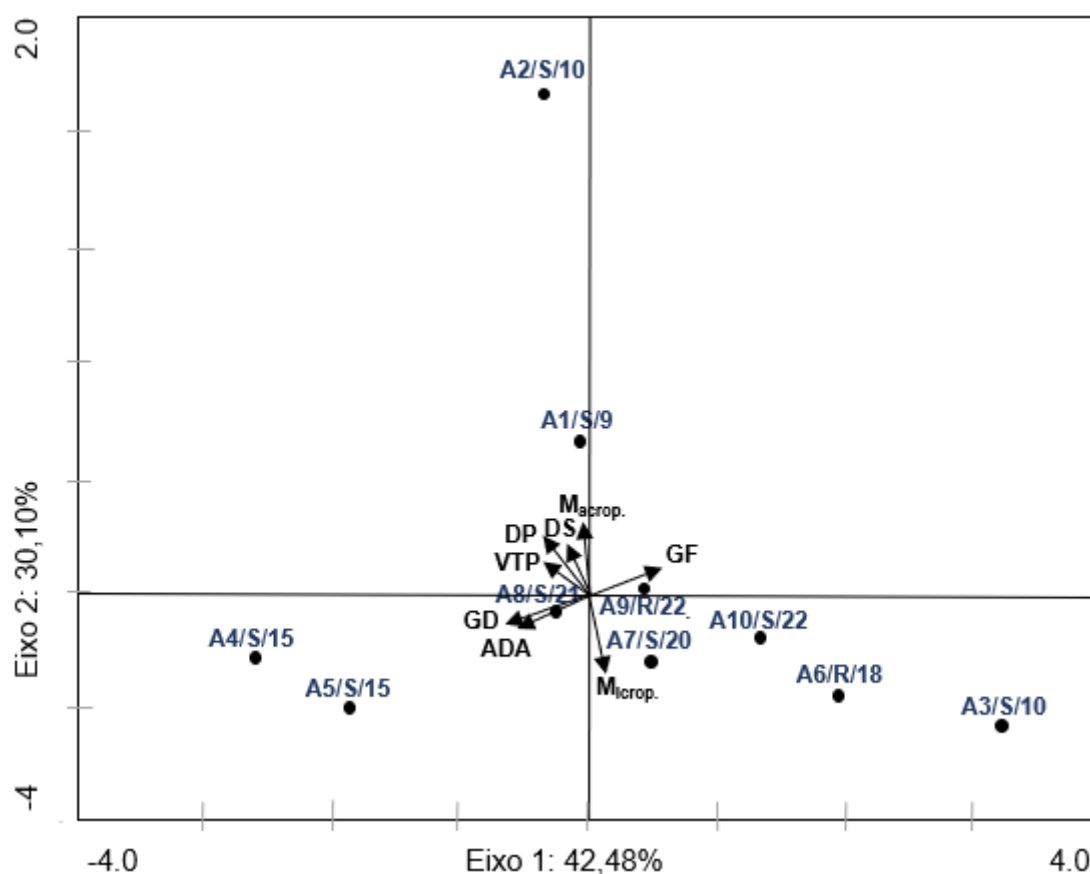


Figura 3.3 Análise de Componentes Principais (ACP) baseada em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas e sua relação com atributos físicos do solo na profundidade de 10 a 20 cm.

A ACP foi utilizada para mostrar a relação das áreas sob SPD com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas nos atributos físicos do solo na profundidade de 10-20 cm. O primeiro eixo da componente principal explicou 42,48% da variabilidade dos dados, enquanto que o eixo 2 explicou 30,09% (Figura 3.3). Nota-se que as áreas A1/S/9 e A2/S/10 se posicionaram na porção superior positiva do eixo 1, se correlacionando positivamente com os maiores valores de DS, DP, Macrop. e VTP e; negativamente com os menores valores de ADA e percentuais do GD (Tabela 3.4). Enquanto, as áreas A4/S/15; A5/S/15 e A8/S/21 se posicionaram na porção inferior negativa do eixo 1, se correlacionando, de modo geral, positivamente com os maiores valores de ADA e percentuais do GD e negativamente com os menores percentuais do GF (Tabela 3.4). Nota-se que os maiores valores de $M_{\text{microp.}}$ encontrados nas áreas A7/S/20; A9/R/22 e A10/S/22; seguido dos valores das áreas A3/S/10 e

A6/R/18 (Tabela 3.4), posicionaram essas áreas na porção inferior positiva do eixo 1, as correlacionando negativamente com a DS, DP, M_{acrop} . e VTP.

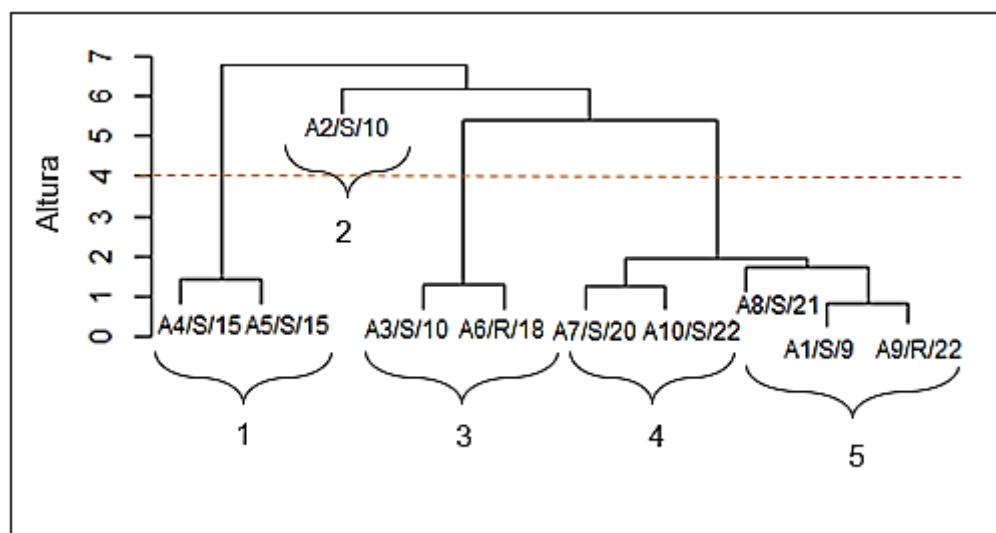


Figura 3.4. Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos físicos do solo na profundidade de 10-20 cm, em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas.

A Figura 3.4 apresenta o dendrograma de similaridade obtido pela análise de agrupamento, referente aos atributos físicos do solo na profundidade de 10-20 cm. A análise de agrupamento permitiu a formação de cinco grupos principais com 60% de similaridade (40% de dissimilaridade) (Figura 3.4). O grupo 1 incluiu as áreas A4/S/15 e A5/S/15; o grupo 2 a área A2/S/10; o grupo 3 a áreas A3/S/10 e A6/R/18 e o grupo 4 as áreas A7/S/20 e A10/S/22. O grupo 5 se subdividiu em dois subgrupos, com 82% de similaridade (18% de dissimilaridade), sendo que o primeiro incluiu a área A8/S/21 e o segundo subgrupo as áreas A1/S/9 e A9/R/22.

3.4.3 Atributos Químicos

Na profundidade de 0-10 cm, o maior teor de Al^{3+} foi obtido na área A3/S/10 e o menor nas áreas A4/S/15 e A9/R/22. Não foram observadas diferenças entre as áreas A5/S/15; A6/R/18; A7/S/20 e A8/S/21 (Tabela 3.5).

Maiores valores de pH foram encontrados nas áreas A1/S/9; A2/S/10; A4/S/15; A6/R/18; A9/R/22 e A10/S/22, sendo os menores valores obtidos nas áreas A3/S/10 e A7/S/20. Não foram observadas diferenças entre as áreas A5/S/15 e A8/S/21.

Para o NT, os maiores teores foram encontrados nas áreas A3/S/10 e A7/S/20 e; os menores nas áreas A2/S/10 e A6/R/18. As áreas A4/S/15; A5/S/15; A9/R/22 e A10/S/22 e; as áreas A1/S/9 e A8/S/21 não apresentaram diferenças entre si para esse atributo (Tabela 3.5).

Maiores teores de Ca^{2+} foram encontrados nas áreas A4/S/15 e A10/S/22 e; o menor na área A3/S/10. Não foram observadas diferenças entre as áreas A1/S/9; A5/S/15 e A8/S/21 e; as áreas A2/S/10 e A6/R/18.

Para o Mg^{2+} , os maiores teores foram obtidos nas áreas A9/R/22 e A10/S/22 e; menores teores na área A3/S/10. Não foram observadas diferenças entre as áreas A5/S/15 e A7/S/20; as áreas A1/S/9 e A4/S/15 e; as áreas A2/S/10 e A6/R/18 (Tabela 3.5).

Maiores teores de P foram encontrados nas áreas A2/S/10; A4/S/15 e A6/R/18 e; os menores teores nas áreas A5/S/15; A8/S/21 e A10/S/22. Não foram observadas diferenças entre as áreas A1/S/9; A7/S/20 e A9/R/22.

Para o K^+ , os maiores teores foram encontrados nas áreas A5/S/15; A7/S/20; A9/R/22 e A10/S/22, sendo os menores obtidos nas áreas A2/S/10; A3/S/10; A4/S/15 e A6/R/18. Não foram observadas diferenças entre as áreas A1/S/9 e A8/S/21 (Tabela 3.5).

Para o COT, maiores teores foram obtidos nas áreas A3/S/10; A6/R/18; A7/S/20 e A10/S/22, sendo o menor teor encontrado na área A2/S/10. As áreas A1/S/9; A8/S/21 e A9/R/22 e; as áreas A4/S/15 e A5/S/15, não apresentaram diferença entre si para esse atributo.

Tabela 3.5 Atributos químicos em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

Áreas	Al ³⁺ ($\mu\text{molc kg}^{-1}$)	pH (CaCl ₂)	NT (g kg ⁻¹)	Ca ²⁺ ($\mu\text{molc kg}^{-1}$)	Mg ²⁺ ($\mu\text{molc kg}^{-1}$)	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺ ($\mu\text{molc kg}^{-1}$)	COT (g kg ⁻¹)	COT:NT
0-10 cm									
A1/S/9	0,06 de	4,96 ab	4,46 cd	3,21 d	0,96 cd	1,30 cd	0,44 b	26,29 bc	5,89 bcde
A2/S/10	0,18 b	5,16 a	3,30 d	1,09 e	0,40 e	5,52 ab	0,22 c	16,13 d	5,04 cde
A3/S/10	2,28 a	4,42 bc	6,80 a	0,74 f	0,21 f	3,70 b	0,25 c	41,37 a	6,10 bc
A4/S/15	0,02 e	5,08 a	4,66 c	5,60 a	0,94 cd	6,50 a	0,23 c	22,57 cd	4,87 de
A5/S/15	0,24 bcd	4,64 abc	4,78 bc	3,22 d	1,35 bc	0,54 d	0,67 a	22,96 cd	4,83 e
A6/R/18	0,08 bcd	5,08 a	3,40 d	0,92 ef	0,43 e	3,77 ab	0,26 c	35,28 a	10,70 a
A7/S/20	0,41 bc	4,28 c	5,86 ab	3,89 c	1,40 bc	1,54 c	0,84 a	34,19 ab	5,85 bcde
A8/S/21	0,14 bcd	4,60 abc	4,34 cd	3,15 d	0,75 d	0,82 d	0,42 b	26,29 bc	6,20 bcd
A9/R/22	0,02 e	4,92 ab	4,74 bc	4,78 b	1,72 ab	1,19 cd	0,76 a	25,94 bc	5,51 cde
A10/S/22	0,09 cd	4,86 ab	5,40 bc	6,13 a	2,22 a	0,78 d	0,70 a	3,58 ab	0,69 ab
10-20 cm									
A1/S/9	0,06 c	5,16 a	4,54 bc	3,62 c	1,00 bc	1,16 c	0,49 c	21,39 de	4,73 de
A2/S/10	0,18 b	5,12 a	2,78 d	1,16 d	0,40 de	66,01 a	0,01 e	14,46 f	5,21 cd
A3/S/10	2,27 a	4,38 bc	6,18 a	0,72 e	0,20 e	36,50 ab	0,01 e	38,56 a	6,36 abc
A4/S/15	0,02 d	5,08 a	4,50 bc	5,73 a	0,93 c	70,20 a	0,02 d	17,94 ef	3,98 e
A5/S/15	0,27 b	4,50 abc	5,30 ab	3,51 c	1,23 b	0,50 d	0,65 b	25,20 bcd	4,80 de
A6/R/18	0,07 c	5,08 a	3,30 cd	0,88 de	0,41 d	31,60 b	0,01 e	25,42 bcd	7,97 a
A7/S/20	0,67 b	4,22 c	5,28 ab	3,05 c	0,99 c	1,43 c	0,70 ab	31,55 b	5,99 abc
A8/S/21	0,17 b	4,56 abc	3,60 cd	3,02 c	0,93 c	1,04 c	0,45 c	25,07 cd	7,03 ab
A9/R/22	0,04 cd	4,84 abc	5,02 ab	4,70 b	1,69 a	1,03 c	0,81 a	28,40 bc	5,65 bcd
A10/S/22	0,04 cd	4,68 abc	4,34 bc	5,51 ab	1,84 a	0,33 d	0,53 c	29,10 bc	6,89 ab

Al¹, alumínio; NT, nitrogênio total; Ca, cálcio; Mg, magnésio; P, fósforo; K, potássio; COT, carbono orgânico total.

Maior COT:NT foi encontrada na área A6/R/18 e A10/S/22, enquanto a menor foi obtida na área A5/S/15. Não foram observadas diferenças entre as áreas A3/S/10 e A8/S/21; as áreas A1/S/9 e A7/S/20; e as áreas A2/S/10; A4/S/15 e A9/R/22 (Tabela 3.5).

Na profundidade de 10-20 cm, o maior teor de Al^{3+} foi obtido na área A3/S/10, sendo o menor teor encontrado na área A4/S/15. As áreas A2/S/10; A5/S/15; A7/S/20 e A8/S/21 e; as áreas A1/S/9; A6/R/18; A9/R/22 e A10/S/22 não apresentaram diferença no teor desse atributo.

Maiores valores de pH foram encontrados nas áreas A1/S/9; A2/S/10; A4/S/15 e A6/R/18, sendo o menor valor obtido na área A7/S/20. Não foram observadas diferenças entre as áreas A3/S/10; A5/S/15; A8/S/21; A9/R/22 e A10/S/22 (Tabela 3.5).

Para o NT, os maiores teores foram encontrados nas áreas A3/S/10; A5/S/15; A7/S/20 e A9/R/22 e; o menor na área A2/S/10. As áreas A1/S/9; A4/S/15 e A10/S/22 e; as áreas A6/R/18 e A8/S/21 não apresentaram diferença para esse atributo.

Maiores teores de Ca^{2+} foram encontrados nas áreas A4/S/15 e A10/S/22 e; o menor na área A3/S/10. Não foram observadas diferenças entre as áreas A1/S/9; A5/S/15; A7/S/20 e A8/S/21 e; as áreas A2/S/10 e A6/R/18 (Tabela 3.5).

Para o Mg^{2+} , os maiores teores foram encontrados nas áreas A9/R/22 e A10/S/22 e; o menor na área A3/S/10. Não foram observadas diferenças entre as áreas A1/S/9 e A5/S/15; as áreas A4/S/15; A7/S/20 e A8/S/21 e; as áreas A2/S/10 e A6/R/18.

Maiores teores de P foram encontrados nas áreas A2/S/10; A3/S/10 e A4/S/15 e; os menores teores nas áreas A5/S/15 e A10/S/22. Não foram observadas diferenças entre as áreas A1/S/9; A7/S/20; A8/S/21 e A9/R/22 (Tabela 3.5).

Para o K^+ , os maiores teores foram encontrados nas áreas A7/S/20 e A9/R/22, sendo os menores teores obtidos nas áreas A2/S/10; A3/S/10 e A6/R/18. Não foram observadas diferenças para o K^+ entre as áreas A1/S/9; A8/S/21 e A10/S/22.

Maior teor de COT foi obtido na área A3/S/10 e o menor na área A2/S/10. Não foram observadas diferenças para o COT entre as áreas A7/S/20; A9/R/22 e A10/S/22 e; as áreas A4/S/15; A5/S/15 e A8/S/21 (Tabela 3.5).

Maior COT:NT foi encontrada nas áreas A6/R/18; A8/S/21 e A10/S/22, enquanto a menor relação foi obtida na área A4/S/15. Não foram observadas diferenças entre as áreas A3/S/10 e A7/S/20.

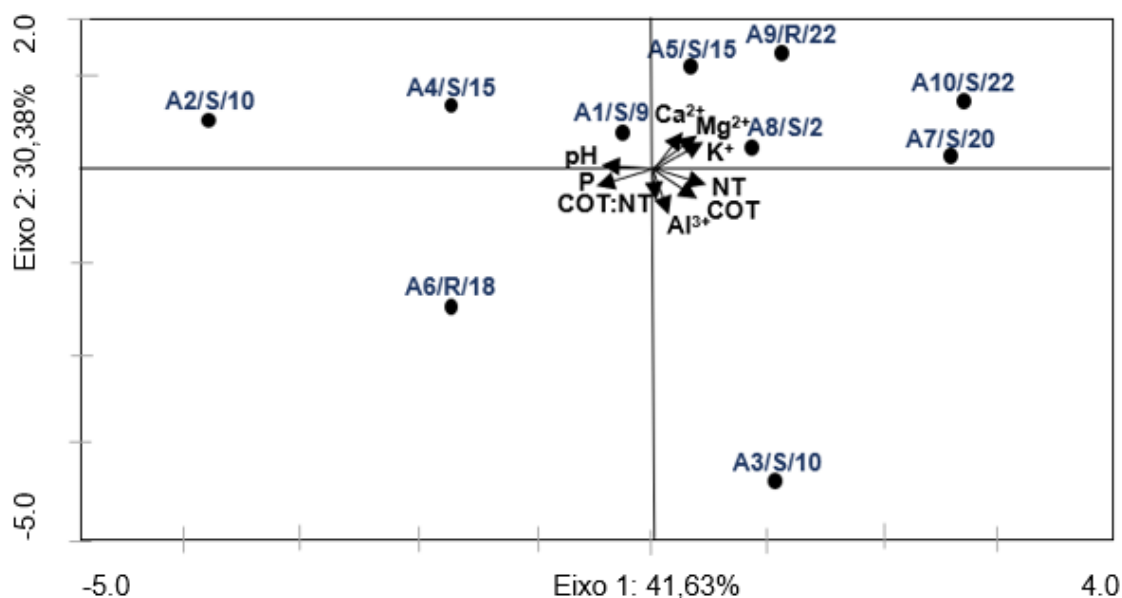


Figura 3.5 Análise de Componentes Principais (ACP) baseada em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas e sua relação com atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm.

A ACP foi utilizada para mostrar a relação das áreas sob SPD com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas nos atributos químicos do solo na profundidade de 0-10 cm. O primeiro eixo da componente principal explicou 41,62% da variabilidade dos dados, enquanto que o eixo 2 explicou 30,38% (Figura 3.5). As áreas A5/S/15; A7/S/20; A8/S/21; A9/R/22 e A10/S/22 se posicionaram na porção superior positiva do eixo 1, se correlacionando positivamente com os teores médios de Ca²⁺ e Mg²⁺ e com os maiores teores de K⁺ e; negativamente com os menores teores de P (Tabela 3.5). Enquanto, a área A6/R/18 se posicionou na porção inferior negativa do eixo 1, se correlacionando positivamente com o maior teor de P e negativamente com os menores teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ (Tabela 3.5).

A área A3/S/10 se posicionou na porção inferior positiva do eixo 1, se correlacionando positivamente com os maiores teores de Al³⁺, NT e COT, sendo negativamente correlacionada com o menor valor de pH (Tabela 3.5). Enquanto as áreas A1/S/9; A2/S/10 e A4/S/15 se posicionaram na porção superior negativa do eixo

1, se correlacionando positivamente com o maior valor de pH e, de modo geral, negativamente com os menores teores de Al^{3+} , NT e COT.

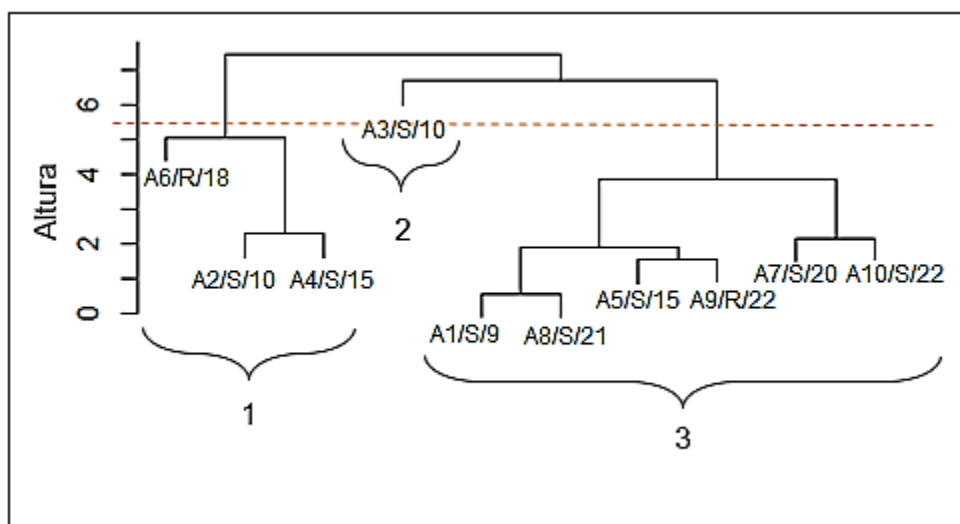


Figura 3.6 Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos químicos do solo na profundidade de 0-10 cm, em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas.

A Figura 3.6 apresenta o dendrograma de similaridade obtido pela análise de agrupamento, referente aos atributos químicos do solo na profundidade de 0-10 cm. A análise de agrupamento permitiu a formação de três grupos principais com 45% de similaridade (55% de dissimilaridade) (Figura 3.6). O grupo 1 se dividiu em dois subgrupos, com 49% de similaridade (51% de dissimilaridade), sendo que o primeiro subgrupo incluiu área A6/R/18 e o segundo subgrupo as áreas A2/S/10 e A4/S/15. O grupo 2 incluiu a área A3/S/10; enquanto o grupo 3 se dividiu em dois subgrupos, com 60% de similaridade (40% de dissimilaridade). O primeiro subgrupo incluiu as áreas A1/S/9 e A8/S/21 e as áreas A5/S/15 e A9/R/22 e; o segundo subgrupo incluiu as áreas A7/S/20 e A10/S/22.

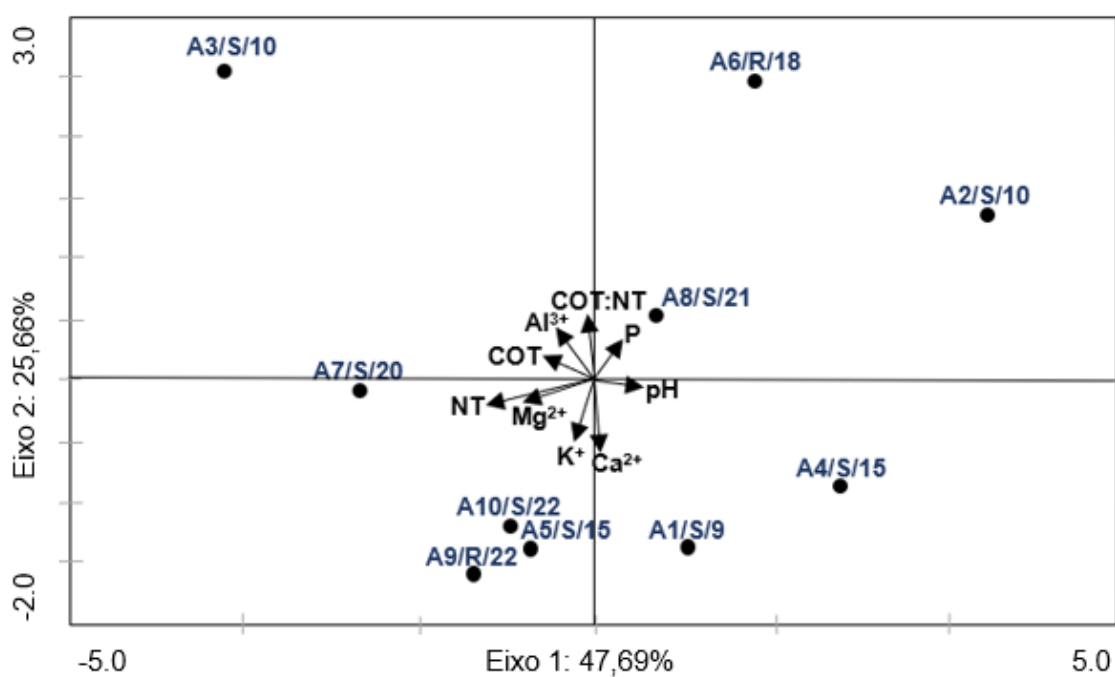


Figura 3.7 Análise de Componentes Principais (ACP) baseada em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas e sua relação com atributos químicos do solo na profundidade de 10 a 20 cm.

A ACP foi utilizada para mostrar a relação das áreas sob SPD com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas nos atributos químicos do solo na profundidade de 10-20 cm. O primeiro eixo da componente principal explicou 47,70% da variabilidade dos dados, enquanto que o eixo 2 explicou 25,60% (Figura 3.7). As áreas A2/S/10; A6/R/18 e A8/S/21 se posicionaram na porção superior positiva do eixo 1, se correlacionando positivamente com os teores de P e, de modo geral, negativamente com os menores teores de NT, Mg^{2+} e K^+ (Tabela 3.5). Enquanto as áreas A5/S/15; A7/S/20; A9/R/22 e A10/S/22, de modo geral, se correlacionaram positivamente com teores médios maiores de NT, Mg^{2+} e K^+ e negativamente com os menores teores de P (Tabela 3.5). As áreas A1/S/9 e A4/S/15 se posicionaram na porção inferior positiva do eixo 1, se correlacionando positivamente com o teor de Ca^{2+} e, de modo geral, negativamente com menores teores de Al^{3+} , COT e COT:NT (Tabela 3.5). Enquanto a área A3/S/10 se correlacionou positivamente com os maiores teores de Al^{3+} , COT e COT:NT, e negativamente com o teor de Ca^{2+} , se posicionando na porção superior negativa do eixo 1.

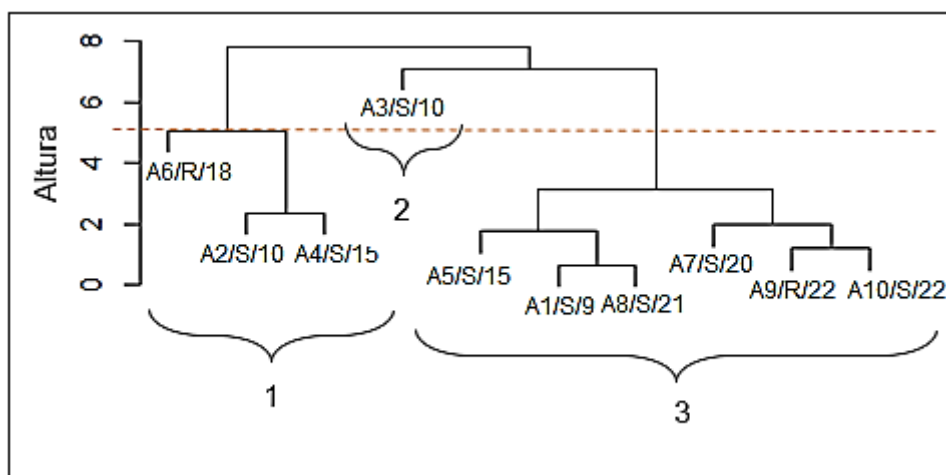


Figura 3.8 Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos químicos do solo na profundidade de 10-20 cm, em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas.

A Figura 3.8 apresenta o dendrograma de similaridade obtido pela análise de agrupamento, referente aos atributos químicos do solo na profundidade de 10-20 cm. A análise de agrupamento permitiu a formação de três grupos principais com 50% de similaridade (50% de dissimilaridade) (Figura 3.8). O grupo 1 se dividiu em dois subgrupos com 50% de similaridade (50% de dissimilaridade), o primeiro subgrupo incluiu a área A6/R/18 e o segundo subgrupo as áreas A2/S/10 e A4/S/15. O grupo 2 incluiu a área A3/S/10, enquanto o grupo 3 se dividiu em dois subgrupos com 70% de similaridade (30% de dissimilaridade). O primeiro subgrupo incluiu as áreas A5/S/15; A1/S/9 e A8/S/21 e o segundo as áreas A7/S/20; A9/R/22 e A10/S/22.

3.4.4 Atributos Microbiológicos

Na profundidade de 0-10 cm, os maiores teores de CBM foram encontrados nas áreas A2/S/10; A3/S/10; A4/S/15; A6/R/18; A7/S/20; A8/S/21; A9/R/22 e A10/S/22, enquanto os menores teores foram obtidos nas áreas A1/S/9 e A5/S/15 (Tabela 3.6).

Para o NBM, os maiores teores foram encontrados nas áreas A4/S/15; A6/R/18; A7/S/20 e A9/R/22, sendo o menor teor obtido na área A5/S/15. Não foram

observadas diferenças entre as áreas A3/S/10 e A8/S/21 e; as áreas A1/S/9 e A10/S/22.

A maior relação CBM:NBM foi encontrada nas áreas A2/S/10 e A10/S/22, e a menor relação na área A9/R/22. Diferenças não foram observadas para a relação CBM:NBM das áreas A1/S/9; A3/S/10; A5/S/15; A7/S/20 e A8/S/21 e; as áreas A4/S/15 e A6/R/18 (Tabela 3.6).

Para a RB, os maiores valores foram encontrados nas áreas A4/S/15; A6/R/18 e A10/S/22 e; menores nas áreas A1/S/9; A2/S/10 e A9/R/22. Não foram observadas diferenças entre as áreas A3/S/10 e A7/S/20.

Maiores valores de qCO_2 foram encontrados nas áreas A4/S/15; A5/S/15; A6/R/18; A8/S/21 e A10/S/22, enquanto os menores valores desse atributo foi obtido nas áreas A2/S/10 e A9/R/22. As áreas A3/S/10 e A7/S/20 não diferiram entre si para esse atributo (Tabela 3.6).

Para o $qMIC$, os maiores valores foram encontrados nas áreas A2/S/10 e A4/S/15 e; o menor na área A3/S/10. Não foram observadas diferenças entre as áreas A7/S/20; A8/S/21 e A9/R/22 e; as áreas A1/S/9; A5/S/15; A6/R/18 e A10/S/22.

Na profundidade de 10-20 cm, os maiores teores de CBM foram encontrados nas áreas A1/S/9; A2/S/10; A3/S/10; A4/S/15; A5/S/15; A7/S/20; A8/S/21; A9/R/22 e A10/S/22, enquanto o menor teor foi obtido na área A6/R/18 (Tabela 3.6).

Para o NBM, os maiores teores foram encontrados nas áreas A4/S/15; A7/S/20 e A8/S/21, sendo o menor teor obtido na área A10/S/22. Não foram observadas diferenças entre as áreas A3/S/10; A5/S/15 e A9/R/22 e; as áreas A1/S/9 e A6/R/18.

Tabela 3.6 Atributos microbiológicos em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

Áreas	CBM ¹ (mg kg ⁻¹)	NBM (mg kg ⁻¹)	CBM:NBM	RB (mg C-CO ₂ kg ⁻¹ dia ⁻¹)	qCO ₂ (mg C-CO ₂ g ⁻¹ CBM dia ⁻¹)	qMIC (%)
0-10 cm						
A1/S/9	128,99 b	26,42 cd	4,93 abc	5,72 e	1,98 bc	0,49 bc
A2/S/10	166,33 ab	29,88 bcd	6,08 ab	7,00 e	1,92 c	1,11 a
A3/S/10	174,80 ab	54,67 abc	3,39 abc	13,90 cd	3,63 abc	0,43 c
A4/S/15	178,48 ab	63,59 a	2,85 bc	21,37 a	5,49 a	0,83 ab
A5/S/15	120,35 b	23,48 d	6,03 abc	12,32 d	4,98 a	0,52 bc
A6/R/18	187,58 ab	71,90 a	2,74 bc	18,50 ab	4,15 ab	0,55 bc
A7/S/20	229,78 a	57,25 ab	4,26 abc	14,62 cd	2,75 abc	0,67 abc
A8/S/21	155,66 ab	49,76 abc	3,15 abc	16,57 bc	4,67 a	0,61 abc
A9/R/22	168,30 ab	67,91 a	2,60 c	6,78 e	1,80 c	0,64 abc
A10/S/22	195,77 ab	28,71 cd	8,77 a	18,05 ab	3,87 ab	0,52 bc
10-20 cm						
A1/S/9	104,30 ab	29,70 bcd	3,61 b	5,67 d	2,75 cd	0,47 bc
A2/S/10	151,83 ab	20,45 cd	7,83 a	11,80 bc	3,59 bc	1,12 a
A3/S/10	178,17 ab	41,78 abc	4,95 ab	8,01 cd	1,95 d	0,45 bc
A4/S/15	168,94 ab	49,71 a	3,61 b	21,38 a	5,53 a	0,94 a
A5/S/15	164,55 ab	31,66 abc	6,07 ab	10,66 bc	3,99 cd	0,65 ab
A6/R/18	99,60 b	21,19 bcd	4,95 ab	11,36 bc	4,95 ab	0,40 c
A7/S/20	201,80 a	50,87 a	4,72 ab	11,58 bc	2,51 cd	0,63 ab
A8/S/21	124,16 ab	43,27 ab	2,84 b	14,54 b	5,20 ab	0,49 bc
A9/R/22	148,27 ab	35,34 abc	4,51 ab	22,46 a	6,64 a	0,52 bc
A10/S/22	123,25 ab	15,39 d	8,82 a	13,49 b	4,71 ab	0,42 c

CBM¹, Carbono biomassa microbiana; NBM, Nitrogênio biomassa microbiana; RB, Respiração basal; qCO₂, quociente metabólico; qMIC, quociente microbiano.

Maior relação CBM:NBM foi encontrada nas áreas A2/S/10; A3/S/10; A5/S/15; A6/R/18; A7/S/20; A9/R/22 e A10/S/22, e a menor relação nas áreas A1/S/9; A4/S/15 e A8/S/21 (Tabela 3.6).

Para a RB, os maiores valores foram encontrados nas áreas A4/S/15 e A9/R/22 e; o menor valor na área A1/S/9. Não foram observadas diferenças entre as áreas A2/S/10; A5/S/15; A6/R/18; A7/S/20; A8/S/21 e A10/S/22.

Maiores valores de qCO_2 foram encontrados nas áreas A4/S/15; A6/R/18; A8/S/21; A9/R/22 e A10/S/22, enquanto o menor valor foi obtido na área A3/S/10. As áreas A1/S/9; A5/S/15 e A7/S/20 não diferiram entre si para esse atributo (Tabela 3.6).

Para o $qMIC$, maiores valores foram encontrados nas áreas A2/S/10; A4/S/15; A5/S/15 e A7/S/20, enquanto o menor valor foi obtido na área A10/S/22. Não foram observadas diferenças para o $qMIC$ entre as áreas A1/S/9; A3/S/10; A8/S/21 e A9/R/22.

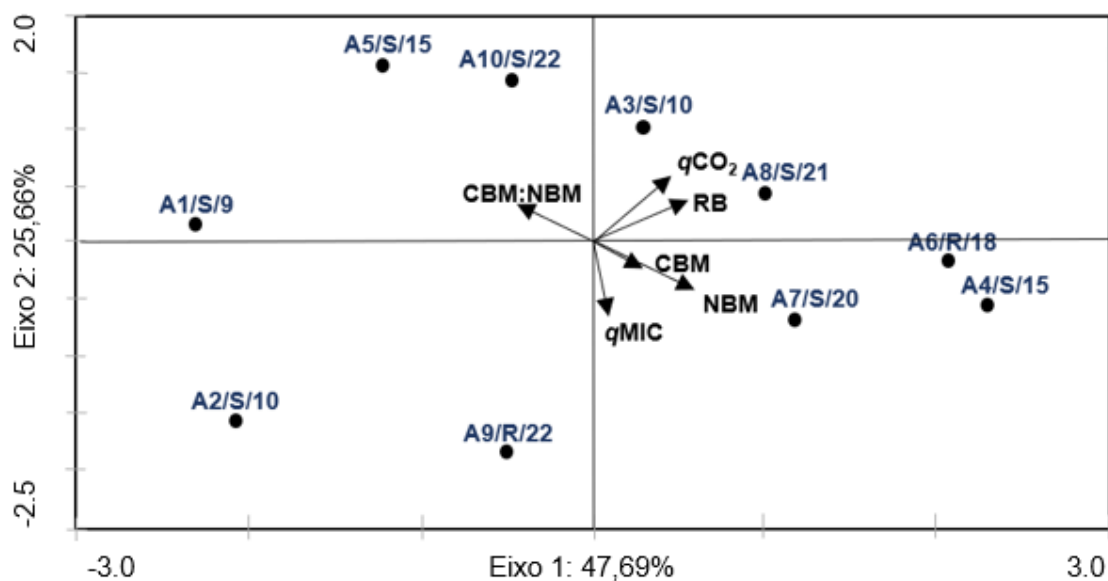


Figura 3.9 Análise de Componentes Principais (ACP) baseado em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas e sua relação com atributos microbiológicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm.

A ACP foi utilizada para mostrar a relação das áreas sob SPD com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas nos atributos microbiológicos do solo na profundidade de 0-10 cm. O primeiro eixo da componente principal explicou

45,10% da variabilidade dos dados, enquanto que o eixo 2 explicou 23,45% (Figura 3.9). As áreas A3/S/10 e A8/S/21 se posicionaram na porção superior positiva do eixo 1, se correlacionando positivamente com valores médios de RB e com os maiores valores de qCO_2 (Tabela 3.6). As áreas A2/S/10 e A9/R/22 se posicionaram na porção inferior negativa do eixo 1, se correlacionando negativamente com os menores valores de RB e qCO_2 (Tabela 3.6). As áreas A4/S/15; A6/R/18 e A7/S/20, se posicionaram na porção inferior positiva do eixo 1, se correlacionando positivamente com os maiores valores de CBM, NBM e $qMIC$ e; de modo geral, negativamente com valores médios de CBM:NBM (Tabela 3.6). Enquanto as áreas A1/S/9; A5/S/15 e A10/S/22, se posicionaram na porção superior negativa do eixo 1, se correlacionando, de modo geral, positivamente com os maiores valores de CBM:NBM e, negativamente com teores médios de CBM, NBM e $qMIC$ (Tabela 3.6).

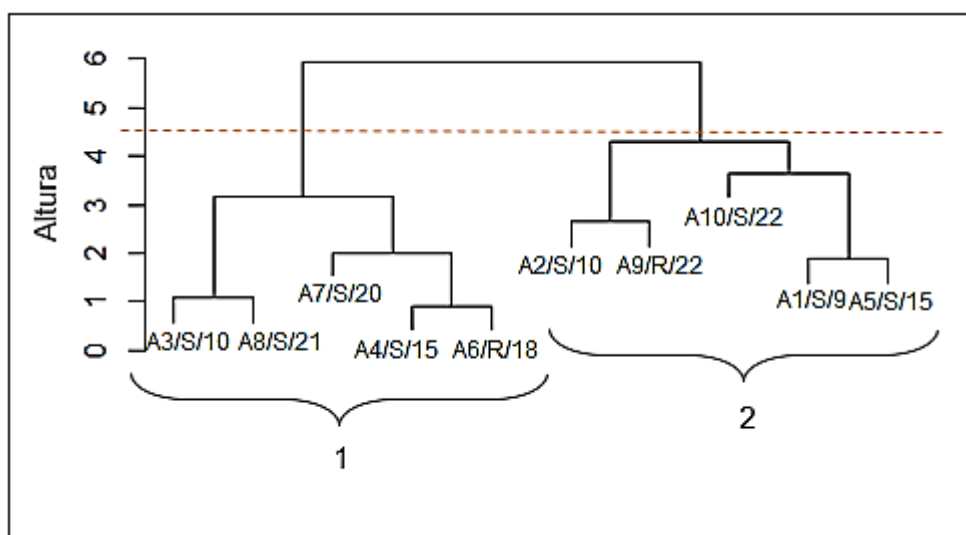


Figura 3.10 Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos microbiológicos do solo na profundidade de 0-10 cm, em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas.

A Figura 3.10 apresenta o dendrograma de similaridade obtido pela análise de agrupamento, referente aos atributos microbiológicos do solo na profundidade de 0-10 cm. A análise de agrupamento permitiu a formação de dois grupos principais com 55% de similaridade (45% de dissimilaridade) (Figura 3.10). O grupo 1 se dividiu em dois subgrupos com 89% de similaridade (11% de dissimilaridade), sendo que o primeiro subgrupo incluiu as áreas A3/S/10 e A8/S/21 e

o segundo subgrupo incluiu as A7/S/20; A4/S/15 e A6/R/18. O grupo 2 se dividiu em dois subgrupos com 67% de similaridade (33% de dissimilaridade), sendo que o primeiro incluiu as áreas A2/S/10 e A9/R/22 e o segundo as áreas A10/S/22; A1/S/9 e A5/S/15.

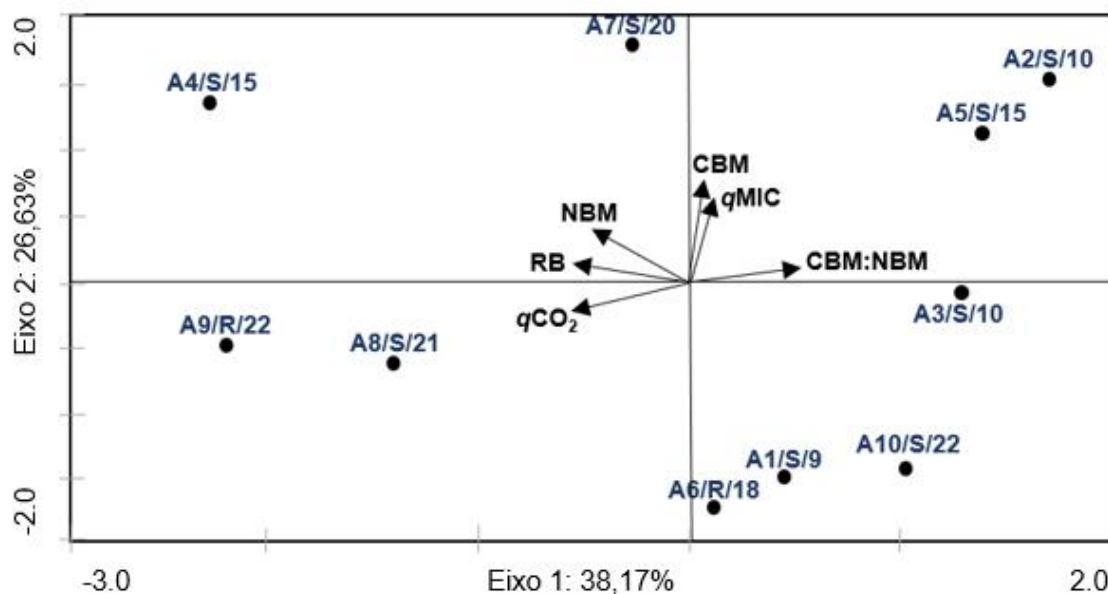


Figura 3.11 Análise de Componentes Principais (ACP) baseada em áreas sob Sistema Plantio Direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas e sua relação com atributos microbiológicos do solo na profundidade de 10 a 20 cm.

A ACP foi utilizada para mostrar a relação das áreas sob SPD com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas nos atributos microbiológicos do solo na profundidade de 10-20 cm. O primeiro eixo da componente principal explicou 38,20% da variabilidade dos dados, o eixo 2 explicou 26,60%, enquanto o eixo 3 explicou 20,20% (Figura 3.11). As áreas A2/S/10 e A5/S/15 se posicionaram na porção superior positiva do eixo 1, e se correlacionaram com os maiores teores de CBM, e com os maiores valores de CBM:NBM e q_{MIC} (Tabela 3.6). Essas áreas, ainda apresentaram correlação negativa com valores médios de q_{CO_2} . As áreas A8/S/21 e A9/R/22 se posicionaram na porção inferior negativa do eixo 1, e se correlacionaram positivamente com os maiores valores de q_{CO_2} e negativamente com os maiores teores de CBM, valores de CBM:NBM e com valores médios do q_{MIC} (Tabela 3.6). As áreas A1/S/9; A6/R/18 e A10/S/22 se posicionaram na porção inferior positiva do eixo 1, e se correlacionaram negativamente com os menores teores de

NBM e valores de RB (Tabela 3.6). Enquanto as áreas A4/S/15 e A7/S/20 se posicionaram na porção superior negativa do eixo 1, e se correlacionaram positivamente com os maiores valores de NBM e RB (Tabela 3.6).

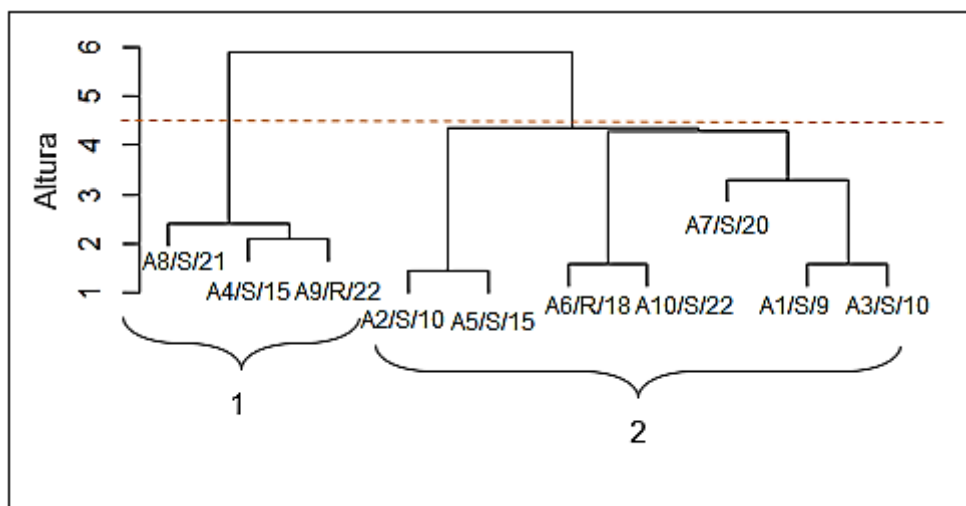


Figura 3.12 Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos microbiológicos do solo na profundidade de 10-20 cm, em áreas sob sistema plantio direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas.

A Figura 3.12 apresenta o dendrograma de similaridade obtido pela análise de agrupamento, referente aos atributos microbiológicos do solo na profundidade de 10-20 cm. A análise de agrupamento permitiu a formação de dois grupos principais com 55% de similaridade (45% de dissimilaridade) (Figura 3.12). O grupo 1 se dividiu em dois subgrupos, sendo que o primeiro incluiu a área A8/S/21 e o segundo subgrupo as áreas A4/S/15 e A9/R/22. O grupo 2 se dividiu em quatro subgrupos, com 57 de similaridade (43% de dissimilaridade), onde o primeiro subgrupo incluiu as áreas A2/S/10 e A5/S/15, o segundo incluiu as áreas A6/R/18 e A10/S/22, o terceiro subgrupo a área A7/S/20 e o quarto as áreas A1/S/9 e A3/S/10.

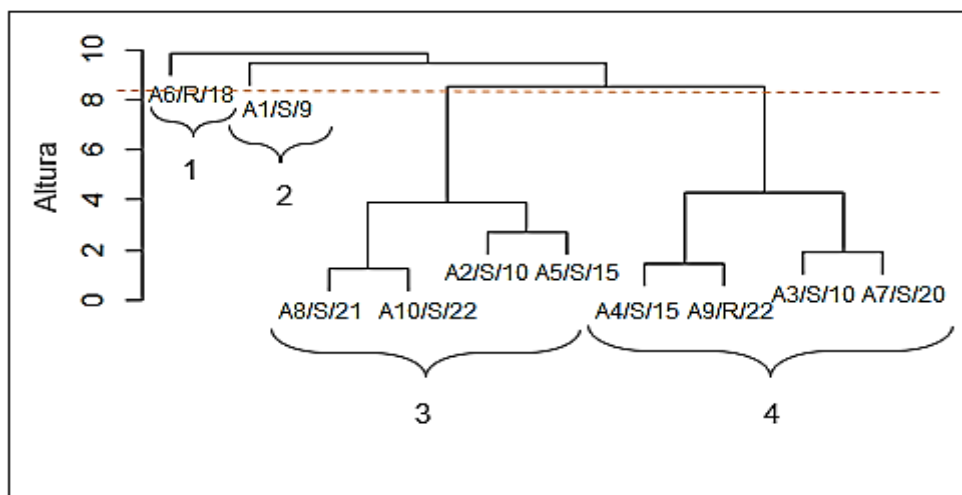


Figura 3.13 Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo na profundidade de 0-10 cm, em áreas sob sistema plantio direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas.

Para melhor compreensão do efeito das diferentes práticas agrícolas nos atributos do solo, todos os atributos foram avaliados conjuntamente nas diferentes profundidades.

A Figura 3.13 apresenta o dendrograma de similaridade obtido pela análise de agrupamento, referente aos atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo na profundidade de 0-10 cm. Nota-se que o dendrograma permitiu a formação de quatro grupos principais com 15% de similaridade (85% de dissimilaridade) (Figura 3.13). O grupo 1 incluiu a área A6/R/18 e o grupo 2 a área A1/S/9. O grupo 3 se dividiu em dois subgrupos com 20% de similaridade (80% de dissimilaridade), sendo que o primeiro subgrupo incluiu as áreas A8/S/21 e A10/S/22 e as áreas A2/S/10 e A5/S/15, enquanto o segundo subgrupo incluiu as áreas A4/S/15 e A9/R/22 e as áreas A3/S/10 e A7/S/20.

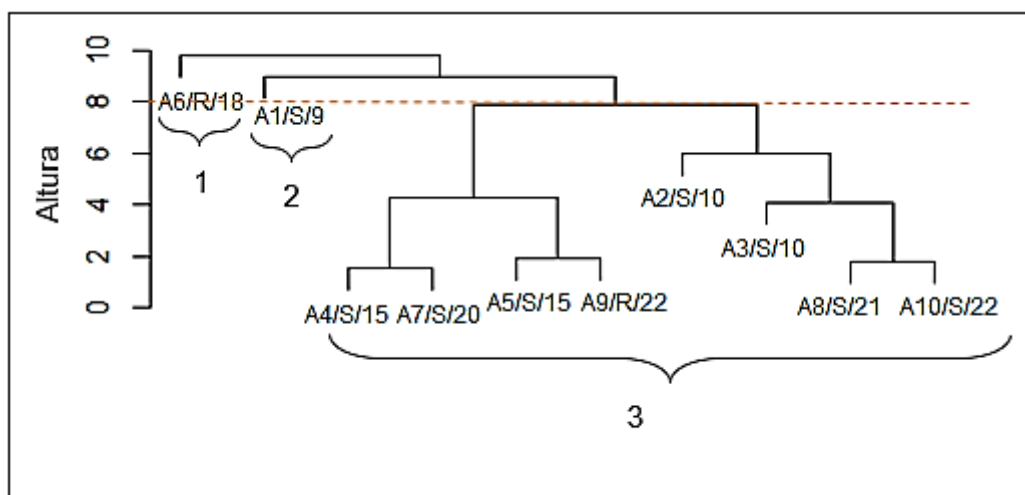


Figura 3.14 Dendrograma de similaridade baseado nas distâncias euclidianas das médias de atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo na profundidade de 10-20 cm, em áreas sob sistema plantio direto com diferentes tempos de implantação e práticas agrícolas.

A Figura 3.14 apresenta o dendrograma de similaridade obtido pela análise de agrupamento, referente aos atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo na profundidade de 10-20 cm. Nota-se que o dendrograma permitiu a formação de três grupos principais com 20% de similaridade (80% de dissimilaridade) (Figura 3.14). O grupo 1 incluiu a área A6/R/18 e o grupo 2 a área A1/S/9. O grupo 3 se dividiu em dois subgrupos, com 22% de similaridade (78% de dissimilaridade), sendo que o primeiro subgrupo incluiu as áreas A4/S/15 e A7/S/20 e as áreas A5/S/15 e A9/R/22 e; o segundo subgrupo incluiu a área A2/S/10, a área A3/S/10 e as áreas A8/S/21 e A10/S/22.

3.5 DISCUSSÃO

3.5.1 Respostas do Questionário Aplicado Junto aos Produtores Rurais

Trabalhos relatam que o revolvimento do solo e a não utilização dos princípios básicos do SPD, tem causado problemas de erosão em áreas cultivadas sob essa prática (CALEGARI e COSTA, 2009; GILLES et al., 2009; BAGATINI et al., 2011; PANACHUKI et al., 2011; SILVA e DE MARIA, 2011).

No presente trabalho, fica evidente que apesar dos produtores declararem realizar o SPD em suas áreas, as premissas básicas dessa prática não estão sendo aplicadas, apesar de as mesmas serem fundamentais na estruturação do solo e controle da erosão.

O revolvimento do solo relatado pelos produtores (Tabela 3.3 - Item 2) está relacionado à ocorrência de compactação a 10-20 cm de profundidade, que pode restringir o desenvolvimento do sistema radicular (FRANCHINI et al., 2009). O aparecimento dessa camada compacta em subsuperfície ocorre em razão da semeadura da soja no início das chuvas de verão, com o propósito de antecipar o cultivo do milho (segunda safra). A soja é semeada logo após a ocorrência de chuvas e as condições de umidade do solo podem não estar adequadas para a entrada imediata de máquinas agrícolas na área, favorecendo a ocorrência de compactação devido a maior facilidade de deformação do solo (RICHART et al. 2005; FRANCHINI, et al, 2009).

Aliado a esse fator, na época de semeadura do milho (2ª safra) as chuvas são escassas, exigindo que a cultura aprofunde seu sistema radicular (> 0,3 m de profundidade) para garantir o suprimento de água (DE MARIA et al., 1999), levando o produtor a promover o revolvimento do solo e agravando ainda mais o problema de compactação.

Entretanto, Duarte (2001), relata que a semeadura direta na palha, sem a realização do preparo do solo, possibilita a antecipação da semeadura do milho (segunda safra) em uma a duas semanas, favorecendo o suprimento de água da cultura tanto por ação do clima (possibilidade de semeadura antecipada) como pela melhor reserva de água no solo.

Com relação à rotação de culturas, dentre os critérios econômicos que impedem os produtores rurais de fazer uma alternância de espécies vegetais (Tabela 3.3 - Item 2), destacam-se o preço do produto, projeções de preço para safra e ainda, recursos disponíveis para custeio. A soja possui maior liquidez, além disso, sofre influência do mercado internacional, menor risco às variações climáticas (comparado ao milho 1º safra), melhores preços para comercialização antecipada e final. Quanto ao milho, este também é influenciado pelo mercado internacional, além de alta demanda interna como ração para aves e suínos. As demais culturas acabam tendo sua área plantada reduzida devido ao baixo preço de comercialização desses produtos no mercado (OCEPAR, 2015).

Dessa forma, os benefícios técnicos ligados à rotação de culturas e baseados em resultados de pesquisas de vários anos ao longo do SPD, não são praticados pelos produtores, em função de critérios econômicos e estratégicos de mercado (MELLO, 2015). Quanto às culturas de inverno, a aveia é comumente usada como cobertura para o solo e, a constância do trigo na sequência de culturas, se deve, além da possibilidade de comercialização, ao seu efeito na redução de infestação de plantas daninhas que afetam a soja, cultura subsequente, devido ao uso de alguns defensivos.

Analisando o manejo do solo e de culturas com rotação e sucessão após 22 anos de cultivo, Silva et al. (2014) observaram que a porosidade visível dos agregados foi alterada pelo manejo de culturas, sendo que a sucessão apresentou solo com aspecto mais compacto e com raízes visivelmente deformadas morfológicamente, quando comparado a rotação de culturas.

Nas questões referentes ao uso de terraço agrícola (Tabela 3.3 - Item 2), todos os entrevistados consideraram essa prática necessária para o controle da erosão, discordando do trabalho de Tavares Filho e Rinschede (2009), que demonstraram que ~88,0% dos entrevistados consideravam que somente o SPD era suficiente para o controle da erosão, não sendo necessário o uso de terraço agrícola. Entretanto, no presente estudo, apenas metade dos produtores entrevistados possuíam terraços instalados nas áreas. Além disso, em duas das cinco áreas os terraços foram instalados recentemente ($\pm 1,6$ anos) (A5/S/15 e A6/R/18) e nas outras há mais de 15 anos (A7/S/20; A8/S/21 e A9/R/22). A manutenção dos terraços é realizada apenas quando ocorrem danos ocasionados pelas chuvas.

Os produtores que não utilizam esta prática alegam que os terraços dificultam o manejo do solo e a aplicação de defensivos, reduzindo desse modo, a eficiência do uso de máquinas (ROYO, 2011).

O terraceamento é uma prática mecânica eficiente no controle da erosão hídrica, por interromper o fluxo laminar da enxurrada e reduzir as perdas de solo (PRUSKI, 2009, SILVA et al. 2015). Entretanto, com a evolução do SPD, acreditou-se que o mesmo seria suficiente no controle da erosão, levando à retirada parcial (um a cada dois) ou total dos terraços. No entanto, a ocorrência de chuvas intensas e erosivas expôs novamente os problemas ligados às perdas de solo, que além do carreamento de partículas, promove a perda de grandes quantidades de defensivos agrícolas, sementes, nutrientes e matéria orgânica, causando danos ao

sistema agrícola e ao meio ambiente (BERTOL et al. 2007; PUGLIESI et al., 2011). Vários autores abordam os efeitos negativos provocados pela erosão, dentre eles a redução da capacidade produtiva dos solos, aumento dos custos de produção e em alguns casos, à total degradação de áreas agrícolas (BERTOL et al. 2007; PUGLIESI et al., 2011; TELLES et al., 2013).

Quanto as normas do código florestal brasileiro (CFB) (Tabela 3.3 - Item 3), os resultados obtidos nesse estudo, discordam do trabalho realizado por Okuyama et al. (2012) que afirmaram ser mais comum o conhecimento dos agricultores sobre a exigência da ARL do que da APP.

A vegetação nativa tem papel importante na interceptação das chuvas, por atuar como barreira para o fluxo hídrico, promovendo a redução da velocidade do escoamento superficial, e conseqüentemente da erosão (TAMBOSI et al., 2015).

A causa de boa parte dos agricultores não realizarem a recomposição da vegetação (APP e ARL) se deve ao fato de recomposição nas propriedades gerar diminuição da área cultivada, que em muitos casos já é pequena, além de outros fatores, como o próprio desconhecimento das normas do CFB por parte dos agricultores (NUNES e PINTO, 2007) e por falhas nas políticas públicas de crédito (IGARI e PIVELLO, 2011). Nesse contexto, Gonçalves e Gomes (2014) concordam que a percepção ambiental quanto ao reflorestamento está atrelada à demanda por produção, sendo que os produtores vão levar em consideração a questão da diminuição de área cultivada e a possibilidade de plantio de outras espécies.

A respeito dos tratos culturais (Tabela 3.3 - Item 4), as AQS são muitas vezes realizadas com periodicidade devido ao interesse dos produtores em adquirir o financiamento da safra, e não com o propósito de corrigir a fertilidade do solo. Vale ressaltar que o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), que atende aos pequenos e médios produtores, exige que para serem beneficiários, produtores rurais e cooperativas devem entregar resultados de AQS com até 2 anos de emissão, e a respectiva recomendação do uso de insumos (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015).

A realização de AQS garante maior produtividade das culturas, uma vez que a aplicação de insumos é realizada na quantidade necessária e forma adequada, sem desperdícios, reduzindo a poluição ambiental e colaborando com a economia do produtor. Segundo a EMATER (2016) a realização de AQS deve ser

anual, de modo a verificar se o manejo da fertilidade do solo adotado pelo produtor está sendo apropriado à cultura.

Em relação às análises microbiológicas (Tabela 3.3 - Item 5), pode-se observar que há pouco conhecimento por parte dos produtores rurais sobre o efeito dos microrganismos na estruturação do solo, fertilidade, nutrição de plantas, dentre outros benefícios promovidos pela biota. Nesse contexto, se faz necessária a conscientização destes produtores sobre a importância do papel dos microrganismos no solo através de palestras e assistência técnica para o incentivo à realização destas análises.

3.5.2 Interações dos Atributos Físicos, Químicos e Microbiológicos do Solo

Estudos sobre as práticas agrícolas utilizadas em áreas de produção de grãos, bem como seus efeitos nos atributos do solo ao longo do tempo são de suma importância no monitoramento da sua qualidade e na busca do manejo mais adequado. No caso do SPD, segundo Voorhees e Lindstrom (1984), há necessidade de três a quatro anos para que o sistema possa ser considerado como estabelecido. Já Reinert et al. (1990) sugerem que para isso é necessário um tempo bem maior, superior a 10 anos.

Rosa et. al (2012) analisando o efeito do tempo de adoção do SPD em um Latossolo argiloso, encontraram alterações nos atributos físicos deste ao longo do tempo. Luciano et al. (2010) observou modificações após a adoção do SPD em atributos como a porosidade do solo, estabilidade de agregados, resistência à penetração e infiltração de água no solo. Venzke Filho et. al (2007) concluíram que o maior tempo de adoção do SPD favorece os atributos químicos e microbiológicos. No entanto, no presente trabalho não foi observado efeito significativo do tempo de implantação do SPD e das práticas agrícolas sob os atributos do solo.

Quanto aos atributos físicos, nas diferentes profundidades (0-10 e 10-20 cm) foi observado o mesmo comportamento de DS e DP. Os altos valores de DS nas áreas A1/S/9; A2/S/10 e A8/S/21 podem ser explicados pelo sucessivo tráfego de máquinas e implementos agrícolas, o que acarreta em compactação e culmina no aumento da DS (TORMENA et al., 2002; SECCO, 2003). Outro fator que ocasiona a elevação dos valores de DS é que nos primeiros anos sob SPD ocorre a reorganização

das partículas de solo. Logo depois há a consolidação do sistema, e então a DS é reduzida pelo aumento nos teores de COT (TORRES et al., 2015).

O teor de MO no solo é obtida a partir dos valores de COT observados neste. Em alta quantidade no solo, a MO confere valores inferiores de DS a este, devido à menor densidade desta comparada aos constituintes minerais do solo. Assim, quanto maior o teor de COT, maior o teor de MO e menor a DS (LUCIANO et al., 2010; TAVARES FILHO, 2012).

Dessa forma, pode-se dizer que, devido aos valores intermediários de COT encontrados nestas áreas, encontramos maiores valores de DS. Esta afirmação também explica os baixos valores de DS nas áreas A3/S/10 e A7/S/20, pois estas apresentaram maiores valores de COT devido à maior quantidade de resíduos orgânicos observados nestas áreas.

No caso da área A3/S/10, o baixo valor de DS também pode ser atribuído à realização de revolvimento do solo com o uso de grade 30 dias antes da coleta das amostras, o que reduziu camadas compactadas em sua superfície. Segundo Bertol et al. (2001), a ausência completa de preparo por longo tempo reduz o volume de macroporos e eleva a densidade do solo.

A rotação de culturas pode contribuir para melhorar a qualidade física do solo no SPD. Vários trabalhos observaram que a DS foi menor na rotação do que na sucessão de culturas, sendo os efeitos benéficos mais evidentes na camada de 10-20 cm (BERTOL et al., 2004; FRANCHINI, 2011).

Neste trabalho, apesar das áreas A6/R/18 e A9/R/22 serem consideradas com rotação de culturas, esta prática não foi executada de forma correta pelos agricultores. Dessa forma, se faz necessária a diversificação de espécies para melhorar os efeitos da prática nos atributos do solo. Mesmo assim, observou-se efeito mais evidente de diminuição da DS nestas áreas na profundidade de 10-20 cm (Tabela 4).

Com o aumento da DS, ocorre uma diminuição do VTP e da macroporosidade, com conseqüente aumento da microporosidade e da resistência mecânica à penetração. Tal fato viria a desencadear, no geral, diminuição da produtividade agrícola (ALBUQUERQUE et al., 2001; SECCO et al., 2005; SANTOS et al., 2006).

Quanto a DP, foram observados elevados valores nas áreas A2/S/10 e A9/R/22, que pode estar associado aos baixos valores de MO encontrados nestas

áreas. Da mesma forma, as áreas A3/S/10 e A6/R/18 apresentaram menor DP devido ao maior conteúdo MO. A partir destes resultados é possível notar a importância de se promover práticas de manejo que incrementem a MO no solo.

Nas profundidades analisadas, não houve grande diferença estatística para $M_{\text{acrop.}}$. O maior valor foi observado na área A2/S/10 devido à ausência de revolvimento do solo, que preserva elevada sua quantidade. Segundo Silva et al. (2008), a presença de valores baixos de $M_{\text{acrop.}}$ em SPD se deve à falhas na sua adoção ou ainda de aporte deficitário de palha, além de casos onde a rotação de culturas é realizada com culturas inadequadas.

O revolvimento do solo causa a pulverização deste, destruindo os agregados e os macroporos, e conseqüentemente aumenta a quantidade de microporos (MENDES et al., 2003; LUCIANO et al., 2010). Nesse sentido, na profundidade de 0-10 cm, o menor valor de $M_{\text{icrop.}}$ foi observado em A2/S/10 e os maiores em A3/S/10, A5/S/15 e A7/S/20. O elevado valor em A3/S/10 foi devido ao uso de grade no solo. Em 10-20 cm, os maiores valores foram obtidos nas áreas A7/S/20; A8/S/21; A9/R/22 e A10/S/22 e o menor na área A2/S/10.

Para o VTP, nas duas profundidades não houve variação significativa entre os tratamentos, assim como observado por Pignataro Netto et al. (2009). Os maiores valores foram obtidos nas áreas A2/S/10; A7/S/20; e A9/R/22, sendo o menor valor encontrado na área A6/R/18. Os maiores valores podem ser parcialmente explicados pelo tempo de adoção do plantio direto em A7/S/20 e A9/R/22 (20 e 22 anos, respectivamente). As raízes das culturas possivelmente adicionaram maior quantidade de MO ao solo e contribuíram para a abertura de galerias após a sua decomposição (LUCIANO et al., 2010).

O VTP foi obtido pelo método indireto, utilizando os valores de DS e DP. A área A6/R/18 apresentou valores relativamente altos de DS, o que contribuiu para o baixo valor de VTP. No SPD a DS aumenta e leva à diminuição da porosidade total do solo (WENDLING et al., 2012).

Maiores valores de ADA e GD foram encontrados nas áreas A4/S/15 e A5/S/15 nas duas profundidades analisadas. Isso pode estar associado à inclinação elevada do terreno e a falta de terraços agrícolas nas áreas, o que contribui para o aumento da velocidade da enxurrada e ocasiona altos valores de ADA. O menor valor encontrado em 0-10 foi em A2/S/10 que apresenta relevo plano, na qual a velocidade da enxurrada é reduzida. Nesta área também há alto valor de $M_{\text{acrop.}}$ que contribui para

melhor infiltração de água no solo e reduz a quantidade de ADA (TAVARES FILHO, 2012). Apesar de A5/S/15 possuir terraços instalados na área, estes foram construídos pouco antes da realização deste trabalho, o que pode explicar o alto valor de ADA. Em 10-20 cm o menor valor encontrado foi em A3/S/10 e A10/S/22.

Mesmo um solo sendo manejado sob SPD, porém com baixa adição de resíduos culturais e pouca cobertura de solo, pode apresentar redução de sua porosidade, incremento de densidade e encrostamento superficial (BOLLIGER et al., 2006).

Rengasamy (1983) verificou menor dispersão de argila em solos com maiores teores de Ca e Mg, enfatizando que cátions polivalentes formam pontes de cátions com partículas carregadas negativamente, aumentando a agregação do solo.

Nas duas profundidades os maiores percentuais de GF foram encontrados nas áreas A3/S/10; A9/R/22 e A10/S/22, o que corrobora com os menores valores de ADA e GD apresentados nestas áreas. Os menores percentuais obtidos foram nas áreas A4/S/15 e A5/S/15, o que corrobora com os maiores valores de ADA e GD destas áreas.

O sistema de semeadura direta estimula os processos de floculação e de agregação, reduz a velocidade de mineralização da matéria orgânica (CASTRO FILHO et al., 1998), minimiza a erosão, mas, em contrapartida, favorece o aparecimento da compactação decorrente do não revolvimento do solo e do excessivo tráfego de máquinas e implementos agrícolas (TORMENA et al., 2002).

Em sistemas com maior movimentação do solo, ocorre a perda da estrutura original do mesmo, reduzindo os macroporos e aumentando microporos e densidade do solo (SOUZA NETO et al., 2008).

Quanto aos atributos químicos, os elementos analisados se comportaram de maneira relativamente semelhante nas duas profundidades analisadas, apenas diferindo entre as áreas. No caso do Al^{3+} o maior teor foi obtido na área A3/S/10 e o menor nas áreas A4/S/15, o que concorda com os valores de pH obtidos nestas mesmas áreas (menores valores de pH em A3/S/10 e maiores em A4/S/10).

Para o NT, os maiores teores foram encontrados nas áreas A3/S/10 e A7/S/20 e os menores nas áreas A2/S/10 e A6/R/18. Na área A6/R/18, foi realizada uma escarificação há 5 anos, o que pode explicar os menores valores de NT. A2/S/10 apresentou baixos valores de MO, o que explica a quantidade inferior de NT. O

revolvimento do solo diminui consideravelmente o teor de nitrogênio, fator que pode ser limitante ao desenvolvimento e rendimento das culturas. Segundo Hungria et al. (2009), a imobilização de N é geralmente mais elevada no SPD.

Maiores teores de Ca^{2+} foram encontrados nas áreas A4/S/15 e A10/S/22 e; o menor na área A3/S/10. Esse menor valor em A3/S/10 também explica o pH ácido encontrado na área e o elevado teor de Al^{3+} .

A biomassa microbiana é importante, pois imobiliza quantidades significativas de nutrientes, diminuindo o pool de nutrientes livres no solo, o que reduz as perdas por lixiviação ou desnitrificação, sendo primordial para o desenvolvimento e rendimento de culturas (BALOTA e AULER, 2011). Além do que, os nutrientes contidos nas células microbianas são liberados cinco vezes mais rápido do que na decomposição de resíduos vegetais (PAUL e CLARK, 1996).

Santos et al. (2008), ao avaliarem o efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade de solo após vinte anos de cultivo, concluíram que no SPD houve acúmulo de MO, P extraível e K trocável, na camada 0-0,05 m e que o teor de MO e os teores de P e de K diminuíram progressivamente da camada 0-0,05 m para a camada 0,15-0,20 m.

O COT é maior em área com SPD independente do manejo de culturas, devido ao menor revolvimento do solo, que preserva sua estrutura e contribui, via agregação, para a proteção e estabilização da MO (SIQUEIRA NETO et al., 2010). Segundo van Groenigen et al. (2011), o SPD pode promover o armazenamento de C no solo, devido a um aumento proporcional da biomassa, tanto de bactérias, como de fungos.

Maior COT:NT foi encontrada na área A6/R/18 e A10/S/22, enquanto a menor foi obtida na área A5/S/15, o que de maneira geral acompanhou os valores de COT.

Quanto aos atributos microbiológicos, na profundidade de 0-10 cm, o maior teor de CBM foi encontrado na área A7/S/20, enquanto os menores teores foram obtidos nas áreas A1/S/9 e A5/S/15. A7/S/20 apresentou alto valor de CBM devido ao longo período sob SPD sem a realização de revolvimento do solo, além de altos valores de COT. Estas áreas que apresentaram menores valores de CBM apresentam algum tipo de revolvimento do solo, o que influenciou nesses resultados. No caso de A1/S/9 foi realizada uma subsolagem a 2 anos e, na área A5/S/15 houve movimentação do solo para construção dos terraços 2 meses antes da amostragem.

Na profundidade de 10-20 cm, os maiores teores de CBM foram encontrados nas áreas A1/S/9; A2/S/10; A3/S/10; A4/S/15; A5/S/15; A7/S/20; A8/S/21; A9/R/22 e A10/S/22, enquanto o menor teor foi obtido na área A6/R/18. De maneira geral, a maior parte das áreas apresentou valores maiores de CBM de 0-10 cm de profundidade. Tais dados concordam com López e Fando (2011): no SPD a biomassa microbiana está mais concentrada na superfície do solo onde há maior quantidade de substrato, fazendo com que os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes ocorram aí com maior intensidade.

A área A6/R/18 passou por uma escarificação a 5 anos, o que pode explicar o menor teor de CBM. Hungria et al. (2009), demonstraram que a escarificação diminuiu significativamente a biomassa microbiana. Apesar dos altos valores de COT nesta área, mudanças no CBM e no NBM, em resposta ao manejo da MO ocorrem mais rapidamente do que as mudanças no COT (HURISSO et al., 2013).

Para o NBM, os maiores teores foram encontrados nas áreas A4/S/15; A6/R/18; A7/S/20 e A9/R/22, sendo o menor teor obtido na área A5/S/15. Em 10-20 cm, os maiores teores foram encontrados nas áreas A4/S/15; A7/S/20 e A8/S/21, sendo o menor teor obtido na área A10/S/22. Nas duas profundidades, os baixos valores de NBM podem ser explicados pela alta relação CBM:NBM, e essa maior relação C:N pode explicar a limitação de nitrogênio (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ E LOPEZ-HERNÁNDEZ, 2002; JIANG et al., 2011).

Áreas com valores superiores de NBM no SPD sem nenhum revolvimento pode ser explicado pela menor taxa de mineralização desse elemento (HUNGRIA et al, 2009), indicando que o nitrogênio permaneceu ligado aos compostos orgânicos nos resíduos culturais.

Para a RB, os maiores valores foram encontrados nas áreas A4/S/15; A6/R/18 e A10/S/22 e; menores nas áreas A1/S/9; A2/S/10 e A9/R/22. Em 10-20 cm, os maiores valores foram encontrados nas áreas A4/S/15 e A9/R/22 e; o menor valor na área A1/S/9. De maneira geral, foi observado que na maioria das áreas analisadas houve diminuição da RB com o aumento da profundidade (ARAÚJO; MONTEIRO; ABARKELI, 2003; ARAÚJO; MONTEIRO, 2006).

Segundo a teoria sobre a respiração da comunidade microbiana descrita por Odum (1985), o aumento na respiração da comunidade pode ser o primeiro sinal de estresse, uma vez que a reparação dos danos causados por distúrbios no solo requer desvio de energia do crescimento e reprodução para a

manutenção celular. Portanto, durante um estresse na biomassa microbiana, haverá direcionamento de mais energia para a manutenção celular, em lugar do crescimento, de forma que uma proporção de carbono da biomassa será perdida como CO₂.

No entanto, segundo Parkin et al. (1996), elevados valores de respiração nem sempre indicam condições indesejáveis, pois uma alta taxa de RB pode significar, em curto prazo, liberação de nutrientes para as plantas e, em longo prazo, perda de carbono orgânico do solo para a atmosfera.

Maiores valores de qCO_2 foram encontrados nas áreas A4/S/15; A5/S/15; A6/R/18; A8/S/21 e A10/S/22, enquanto os menores valores desse atributo foram obtidos nas áreas A2/S/10 e A9/R/22. Em 10-20 cm, foram observados maiores valores de qCO_2 nas áreas A4/S/15; A6/R/18; A8/S/21; A9/R/22 e A10/S/22, enquanto o menor valor foi obtido na área A3/S/10. Altos valores de qCO_2 indicam potencial de decomposição da MO do solo pelos microorganismos (ANDERSON e DOMSCH, 1993; GAMA-RODRIGUES et al., 1999).

O qCO_2 expressa a relação entre a RB do solo (C-CO₂) e a biomassa microbiana (C-BMS), onde valores elevados são encontrados em condições ambientais estressantes, nas quais a biomassa microbiana necessita de mais carbono para sua manutenção (MENDES et al., 2009; ALVES et al., 2011).

Para o $qMIC$, os maiores valores foram encontrados nas áreas A2/S/10 e A4/S/15 e; o menor na área A3/S/10. Para 10-20 cm, maiores valores foram encontrados nas áreas A2/S/10; A4/S/15; A5/S/15 e A7/S/20, enquanto o menor valor foi obtido na área A10/S/22.

Segundo Silva et al. (2010), o $qMIC$ indica a quantidade de C do solo que está imobilizado na biomassa microbiana, fornecendo indicações sobre a qualidade da MO, indicando que sob fatores estressantes para os microrganismos (pH, deficiências nutricionais, presença de metais pesados), a capacidade de utilização do C é menor e, conseqüentemente, o $qMIC$ também diminui (WARDLE, 1994). Altos índices de $qMIC$ indicam que a MO do solo está ativa e sujeita a ser decomposta pela microbiota.

4 Considerações Finais

Foi possível notar que, apesar de todos os produtores entrevistados declararem realizar o SPD em suas áreas, estes não cumprem todos os requisitos do sistema, como o não revolvimento do solo e a promoção da diversificação de culturas.

Não foi observada diferença significativa entre as profundidades avaliadas sobre seus atributos físicos, químicos e microbiológicos.

Não houve efeito do tempo de implantação do SPD e das práticas agrícolas sob os atributos do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; CRUZ, L.; SOTOMAYOR-RAÍREZ, D.; PÉREZ-ALEGRÍA, L. Enzyme activities as affected by soil properties and land use in a tropical watershed. **Applied Soil Ecology**, v. 35, n. 1, p. :35–45, 2007.

ALBUQUERQUE, J.A., MAFRA, A.M., FONTOURA, S.M.V., BAYER C., PASSOS, J.F.M. 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**, v. 28, n. 1, p. 155–163, 2004.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 717-723, 2001.

ALEF, K. Soil respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. London: Academic Press, 1995, p. 214–219.

ALVARENGA, R.C., W.A.L. CABEZAS, J.C. CRUZ; D.P. SANTANA. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 25–36, 2001.

ALVES, T.S.; CAMPOS, L.L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M. & LOUREIRO, M.F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo **Acta Sci. Agron.**, 33:341-347, 2011.

ALVES, M.S.; LACERDA JUNIOR, J.C.; VASCONCELOS, M.A.; IGUCHI, M.I.G.; PEREIRA, H.S. Percepção ambiental dos alunos do curso de gestão ambiental. **Ambiente & Educação**, v. 22, n. 1, p. 333–348, 2017.

ANDERSON, T.H. & DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, 25:393- 395, 1993.

ANDRADE, S.A.L.; SILVEIRA, A.P.D. Biomassa e atividade microbianas do solo sob influência de chumbo e da rizosfera da soja micorrizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1191–1198, 2004.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; ABARKELI, R. B. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. **Chemosphere**, Oxford, v. 52, p. 799-804, 2003

ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Microbial biomass and activity in a Brazilian soil plus untreated and composted textile sludge. **Chemosphere**, v. 64, p. 1043–1046, 2006.

ARAÚJO, Q.K.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L.M.; LOURES, E.G.; REGAZZI, A.J.; FONTES, L.E.F.; CASALI, V.W.D. Ação da queima e da percolação sobre propriedades químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo variação una. **Revista Ceres**, v. 41, n. 237, p. 537–558, 1994.

BABUJIA, L.C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; BROOKES, P.C. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, p. 2174–2181, 2010.

BAGATINI, T.; COGO, N.P.; GILLES, L.; PORTELA, J.C.; PORTZ, G.; QUEIROZ, H.T. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 999–1011, 2011.

BALOTA, E.L.; AULER, P.A.M. Soil microbial biomass under different management and tillage systems of permanent intercropped cover species in an orange orchard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 1873–1883, 2011.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Resolução nº 4.418, de 22 de junho de 2015**: crédito rural - Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro). Seção 1, p. 1–24, 2015.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; BERTOL, I.; ALVES, M.V.; MANFOI, A.F.; MALUCHE-BARETTA, C.R.D. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, n. 2, p. 108–117, 2006.

BARRIOS, E.; DELVE, R.J.; BEKUNDA, M.; MOWO, J.; AGUNDA, J.; RAMISCH, J.; TREJO, M.T.; THOMAS, R.J. Indicators of soil quality: A South-South development of a methodological guide for linking local and technical knowledge. **Geoderma**, v. 135, p. 248–259, 2006.

BARTLETT, R.J.; ROSS, D.N. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid

soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, p. 1191–1192, 1988.

BAVER L. D. **Soil Physics**. Soil Science: v. 81 - Issue 4, 1956, 337 p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 1, p. 105–112, 1997.

BENGOUGH A.G., MCKENZIE B.M., HALLETT P.D.; VALENTINE, T.A. Root elongation, water stress and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 59–68, 2011.

BENITES, V.M.; MENDONÇA, E.S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 2, p. 215–221, 1998.

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.555-560, jul./set. 2001

BERTOL, I.; COGO, N.P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J.C.; AMARALA, A.J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 133–142, 2007.

BERTOL, I., ALBUQUERQUE, J.A., LEITE, D., AMARAL, A.J., ZOLDAN JUNIOR, W.A. 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**, v. 28, n. 1, p. 155–163, 2004.

BERTSCH, P.M.; SEAMAN, J.C. Characterization of complex mineral assemblages: implications for contaminant transport and environmental remediation. **Proceedings of National Academy of Science USA**, v. 96, p. 3350–3357, 1999.

BLANCO-CANQUI, H.; RUIS, S.J. No-tillage and soil physical environment. **Geoderma**, v. 326, p. 164–200, 2018.

BOLLIGER, A. et al. Taking stock of Brazilian "zero-till revolution": A review of landmark research and farmer's practice. **Adv. Agron.**, 91:47-110, 2006

BOX, G.E.P.; COX, D.R. **An analysis of transformations. Journal of the Royal Statistical Society**. Series B (Statistical Methodological), New York. v. 26, n. 2, p.211–252, 1964.

BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 17, p. 837–842, 1985.

BROSSARD, M.; FREGONEZI, G.A.F.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA DE, C.C.; PASINI, A.; VILELA, L.; AYARZA, M.A. Analysis of an illustrative interaction between structural features and earthworm populations in Brazilian ferralsols. **Compets Rendus Geoscience**, v. 344, p. 41–49, 2012.

BRUBAKER, S.C.; HOLZHEY, C.S.; BRASHER, B.R. Estimating the water-dispersible clay content of soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 1227–1232, 1992.

BÜNEMANN, B.K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R.E.; DEYN, G.D.; GOEDE, R.; FLESKENS, L.; GEISSEN, V.; KUYPER, T.W.; MÄDER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKELE, W.; GROENIGEN, J.W.; BRUSSAARD, L. Soil quality – A critical review. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 120, p. 105–125, 2018.

CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 80, n. 2, p. 62–70, 2004.

CALEGARI, A.; COSTA, A. Manutenção da cobertura melhora atributos do solo. **Visão agrícola**, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Esalq, Piracicaba, n. 9, p. 13–16, 2009.

CARDOSO, E.J.B.N.; VASCONCELLOS, R.L.F.; BINI, D.; MIYAUCHI, M.Y.H.; SANTOS, C.A.; ALVES, P.R.L.; PAULA, A M.; NAKATANI, A.S.; PEREIRA, J. M.; NOGUEIRA, M.A. Soil health: Looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 274–89, 2013.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.D.; REIS, E.F.D.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R.D. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147–157, 2009.

CARTER, M.R. Characterizing of soil physical condition in reduced tillage systems for winter wheat on a fine sandy loam using small cores. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 72, p. 395–402, 1992.

CARVALHO, M.A.C.; SORATTO, R.P.; ATHAYDES, M.L.F.; ARF, O.; SÁ, M.E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verde no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 47–53, 2004.

CASALINHO, H.D. **Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas**. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 187f , 2003.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 527-538, 1998.

CHAER, G.M.; TÓTOLA, M.R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n. 6, p.1381–1396, 2007.
CHERUBIN, M.R., EITELWEIN, M.T., FABBRIS, C., WEIRICH, S.W., SILVA, R.F., SILVA, V.R., BASSO, C.J. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 615–25, 2015.

CONCEIÇÃO, P.C.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. **Soil & Tillage Research**, v. 129, p. 40–47, 2013.

CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 203–209, 2002.

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p.1 185–1191, 2006.

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; FERREIRA, E.P.B.; DIDONET, A.D.; MOREIRA, J.A.A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 16, n. 1, p. 56–63, 2012.

CRUZ, J. C.; VIANA, J. H. M.; ALVARENGA, R. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F.; HERNANI, L. C. Cultivo do milho: manejo de solos – Sistema Plantio Direto. **Embrapa Milho e Sorgo Sistemas de Produção**, 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 4ª edição Set./2008. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35333/1/Plantio-direto.pdf>>. Acesso em: 02/06/18.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M. A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistema de manejo na região do Cerrado no Sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 913–923, 2002.

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

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método da fumigação-extração. **Seropédica: Embrapa– CNPAB**, 1997. 13 p. (**Documentos**, 37).

DIEKOW, J., MIELNICZUK, J., KNICKER, H., BAYER, C., DICK, D.P., KOGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil & Tillage Research**, v. 81, p. 87–95, 2005.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Org.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: SSSA, 1996. p. 25–37.

DUARTE, A.P. Como fazer uma boa segunda safra. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, ed. 25, p. 10–18, 2001.

EMATER. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Coleta de amostra de solo para análise**: Receita de produtividade para o sucesso de uma plantação. 2016. Disponível em: <<http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/LivrariaVirtual/folder%20coleta%20de%20amostra%20de%20solo%20intranet.pdf>> Acesso em 22 de janeiro de 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa do Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Convênio 12/72 – Governo do Estado do Paraná/ IAPAR/ EMBRAPA/ SUDESUL – 1981.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Relatório da FAO com participação da Embrapa revela que 33% dos solos do mundo estão degradados**. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8104410/relatorio-da-fao-com-participacao-da-embrapa-revela-que-33-dos-solos-do-mundo-estao-degradados>>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista**. Documento 141, 2012. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do141.pdf>. Acesso em 22 de janeiro de 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Projetos para conservação de solo dependem de conscientização para serem valorizados**. 2008. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/nova/mostra2.php3?id=275>>. Acesso em: 10 de abril de 2016.

EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Manual de Métodos e Análise de Solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1997. 212 p.

FABRIZZI, K.P.; GARCLA, F.O.; COSTA, J.I.; PICONE, L.I. Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern pampas of Argentina. **Soil & Tillage Research**, v. 81, p. 57–69, 2005.

FEIGL, B.J.; SPARLING, G.P.; ROSS, D.J.; CERRI, C.C. Soil microbial biomass in Amazonian soils: evaluation of methods and estimates of pool size. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 27, p. 1467–1472, 1995.

FEIJE, F.; ANGER, V. Spot test in inorganic analysis. **Analytical Chemistry Acta**, Netherlands, v. 149, p. 363–367, 1972.

FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H.; Torres, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná (Importance of crop rotation to sustainable agricultural production in Paraná), Embrapa Soja, Londrina/PR, Brazil, 2011, p. 52 (**Documentos, 327**).

FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B. Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 39 p. (Embrapa Soja. **Documentos**, 314).

FRANCHINI, J.C.; CRISPINO, C.C.; SOUZA, R.A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 92, p. 18–29, 2007.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GUADÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 459–467, 2000.

FRANCHINI, J.C.; PRUSKI, F.F.; ARAUJO, R.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CONTE, O.; SANTOS, E. L. Avaliação do sistema de terraços após manutenção e readequação em uma fazenda na região norte do Paraná. Resumos expandidos da **XXXV Reunião de Pesquisa de Soja** - julho de 2016 - Londrina/PR.

FREIXO, A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; DIAS, C.A.; FADIGAS, F. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 425–434, 2002.

FRIEDRICH, T., DERPSCH, R., KASSAM, A. Overview of the global spread of conservation agriculture. **Facts Reports**, v. 6, p. 1–8, 2012.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo-Eossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Gênese, 1999. p.227-244.

GHIMIRE, R.; LAMICHHANE, S.; ACHARYA, B.S.; BISTA, P.; SAINJU, U.M. Tillage, crop residue, and nutrient management effects on soil organic carbon in rice-based cropping systems: A review. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 1; p. 1–15, 2017.

GILLES, L.; COGO, N.P.; BISSANI, C.A.; BAGATINI, T.; PORTELA, J.C. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas por métodos de preparo do solo e tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1427–1440, 2009.

GONÇALVES, B.V.; GOMES, L.J. Percepção ambiental de produtores rurais na recuperação florestal da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim – Sergipe. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 29, p. 127–138, 2014.

GUBIANI, P.I.; VAN LIER, Q.J.; DRESCHER, M.S.; MEZZOMO, H.C.; VEIGA, C.M.C. Relação entre densidade do solo e conteúdo de água em repetidos ciclos de contração e expansão em um Latossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, p. 100–108, 2015.

HAGUETTE, T. M. **Metodologias qualitativas na sociologia**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1992, 224 p.

HARGREAVES, P.R.; BROOKES, P.C.; ROSS, G.J.S.; POULTON, P.R. Evaluating soil microbial biomass carbon as an indicator of long-term environmental change. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 35, n. 3 p. 401–407, 2003.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, R.M.; LOPEZ-HERNÁNDEZ, D. Microbial biomass, mineral nitrogen and carbon content in savanna soil aggregates under conventional and no-tillage. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 34, p. 1563–1570, 2002.

HERNANI, L.C.; SALTON, J.C. Atributos de solo e produtividade de culturas em sistemas de manejo conduzidos por dezesseis anos. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS, Brazil, 2009. 61 p. (**Documentos, 54**).

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R.A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v. 42, p. 288–296, 2009.

HURISSO, T.T.; DAVIS, J.G.; BRUMMER, J.E.; STROMBERGER, M.E.; MIKHA, M.M.; HADDIX, M.L.; BOOHER, M.R.; PAUL, E.A. Rapid changes in microbial biomass and aggregate size distribution in response to changes in organic matter management in grass pasture. **Geoderma**, v.193-194, 2013.

IGARI, A. T.; PIVELLO, V.R. Crédito Rural e Código Florestal: Irmãos como Caim e Abel? **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 14, n. 1, p. 133–150, 2011.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 79, p. 9–16, 2000.

JIANG, X.; WRIGHTB, A.L.; WANGA, X.; LIANGA, F. Tillage-induced changes in fungal and bacterial biomass associated with soil aggregates: A long-term field study in a subtropical rice soil in China. **Applied Soil Ecology**, v. 48, p. 168–173, 2011.

JORGE, J.A. **Física e manejo dos solos tropicais**. Campinas, SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 328p.

KAMIYAMA, A.; MARIA, I.C.; SOUZA, D.C.C.; SILVEIRA, A.P.D. Percepção ambiental dos produtores e qualidade do solo em propriedades orgânicas e convencionais. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 176–184, 2011.

KASCHUK, G., ALBERTON, O., HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, 1–13. 2010.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **Plant Soil**, v. 338, p. 467–481, 2011.

KNUPP, A. M.; FERREIRA, E.P.B. Eficiência da quantificação do carbono da biomassa microbiana por espectrofotometria comparada ao método titrimétrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 588–595, 2011.

KRETZSCHMAR, R., ROBARGE, W.P., WEED, S.B. Flocculation of kaolinitic soil clays: effects of humic substances and iron oxides. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, p. 1277–1287, 1993.

LAGO, W.N.M., LACERDA, M.P.C., NEUMANN, M.R.B. Indicadores de qualidade dos solos na microbacia do Ribeirão Extrema, DF: Parte II. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 721-729, 2012.

KRUSKAL, W.H.; WALLIS, W.A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**, v. 47, n. 260, p. 583–621, 1952.

LIMA, J.S.S.; SILVA, S.A.; SILVA, J.M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 16–23, 2013.

LÓPEZ-FANDO, C.; PARDO, M.T. Soil carbon storage and stratification under different tillage systems in a semi-arid region. **Soil & Tillage Research**, v. 111, p. 224–230, 2011.

LÓPEZ-GUARRIDO, R.; DEURER, M.; MADEJÓN, E.; MURILLO, J.M.; MORENO, F. Tillage influence on biophysical soil properties: The example of a long-term tillage experiment under Mediterranean rainfed conditions in South Spain. **Soil & Tillage Research**, v. 118, p. 52-60, 2012.

LOURENTE, E.R.P.; MERCANTE, F.M.; ALOVISI, A.M.T.; GOMES, C.F.; GASPARINI, A.S.; NUNES, C.M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 20–28, 2011.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adições de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 175–187, 2004.

LUCIANO, R. V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; KURTZ, C.; FAYAD, J. A. Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n.1, p. 919, 2010.

MELO, T.R.; TELLES, T.S.; MACHADO, W.S.; TAVARES FILHO, J. Fatores afetando a dispersão de argila de Latossolos tratados com vinhaça. **Semina**, v. 37, n. 6, p. 3997–4004, 2016.

MELLO, R.P. **Benefícios da rotação de culturas com milho na sustentabilidade da soja**. Blog Agronegócio em foco. 2015. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/42/beneficios-da-rotacao-de-culturas-com-milho-na-sustentabilidade-da-soja>>. Acesso em 22 de janeiro de 2018.

MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V.S.; GOMES, A. C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 435-443, 2003.

MENDES, I. C.; HUNGRIA, M.; REIS-JUNIOR, F. B.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; MERCANTE, F. M.; ZILLI, J. E. Bioindicadores para avaliação da qualidade

dos solos tropicais: utopia ou realidade? Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. 31 p. (Embrapa Cerrados. **Documentos**, 246)

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1103–1110, 2004.

MORRIS, N.L.; MILLER, P.C.H.; ORSON, J.H.; FROUD-WILLIAMS, R.J. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment. **Soil & Tillage Research**, v. 108, p. 1–15, 2010.

NABIOLLAHI, K.; GOLMOHAMADI, F.; TAGHIZADEH-MEHRJARDI, R.; KERRY, R.; DAVARI, M. Assessing the effects of slope gradient and land use change on soil quality degradation through digital mapping of soil quality indices and soil loss rate. **Geoderma**, v. 318, p. 16–28, 2018.

NUNES, F.P.; PINTO, M.T. Conhecimento local sobre a importância de um reflorestamento ciliar para a conservação ambiental do Alto São Francisco, Minas Gerais. **Revista Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 171–179, 2007.

OCEPAR, Sistema OCEPAR. **Safra de verão**: Plantio das lavouras avança e produtores antecipam venda da soja. Informe Paraná cooperativo, ed. nº 3682, 28 de Setembro de 2015. Disponível em: <<http://www.paranacooperativo.coop.br/ppc/index.php/sistema-ocepar/comunicacao/2011-12-07-11-06-29/informe-parana-cooperativo-arquivo/archive/view/mailid-2019/key-26cbd3f9788db54d5ffd31bd63bcd13c>> Acesso em: 22 de dezembro de 2017.

ODUM, E. P. Trends expected in stressed ecosystems. **BioScience**, Londres, v. 35, p. 419-422, 1985

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.D. Fertilidade do solo no sistema de plantio direto. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 2, n. 1, p. 393–486, 2002.

OLIVEIRA, J.R.A.; MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 5, p. 863–871, 2001.

OKUYAMA, K.K.; ROCHA, C.H.; WEIRICH NETO, P.H.; ALMEIDA, D.; RIBEIRO, D.R.S. Adequação das propriedades rurais ao Código Florestal Brasileiro: estudo de caso no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 1015–1021, 2012.

OURIVES, O.E.A.; SOUZA, G.M.; TIRITAN, C.S.; SANTOS, D.H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* Cv. Marandú. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 2, p. 126–132, 2010.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1777–1785, 2011.

PARKIN, T.B.; DORAN, J.W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 231–245.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego, Academic Press, 1996. p.340.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.D.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. IAPAR (Circular Técnica, 56), Londrina, 1992, 38 p..

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R.M.; RAMOS, V.C.; PRATA, A.P.N.; LUCAS, A.A.T.; SANTOS, P.B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308–1324, 2015.

PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F.; LADHA, J.K. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? **Plant Soil**, v. 174, p. 3–28, 1995.

PEZARICO, C.R.; VITORINO, A.C.T.; MERCANTE, F.M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 40–47, 2013.

PIGNARO NETTO, I.T.; KATO, E.; GOEDERT, W.J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso.

R. Bras. Ci. Solo, 33:1441-1448, 2009

PLOEG, J.D. From de-to repeasantization: The modernization of agriculture revisited. **Journal of Rural Studies**, 2018 (article in press).

PÖHLITZ, J.; RÜCKNAGEL, J.; KOBLENZ, B.; SCHLÜTER, S.; VOGEL, H.J.; CHRISTEN, O. Computed tomography and soil physical measurements of compaction behaviour under strip tillage, mulch tillage and no tillage. **Soil & Tillage Research**, v. 175, p. 205–216, 2018.

POUDEL, D.D., W.R. HORWATH, J.P. MITCHELL; S.R. TEMPLE. Impacts of cropping systems on soil nitrogen storage and loss. **Agricultural Systems**, v. 68, p. 253–268, 2001.

PRUSKI, F. F. **Conservação do solo e da água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV. 2009.

PUGLIESI, A.C.V.; MARINHO, M.A.; MARQUES, J.F.; LUCARELLI, J.R.F. Valoração econômica do efeito da erosão em sistemas de manejo do solo empregando o método custo de reposição. **Bragantia**, v. 70, n. 1 p. 113–121, 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, 2010. **R Foundation for Statistical Computing**, ISBN 3-90051-07-0. <http://www.R-project.org>. Acessado em 01 de março de 2017.

RAMOS, F.T.; MONARI, Y.C.; NUNES, M.C.M.; CAMPOS, D.T.S.; RAMOS, D.T. Indicadores de qualidade em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagem extensiva no pantanal matogrossense. **Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 112–20, 2010.

REINERT, D.J. et al. Temporal variation in structural stability induced by tillage. In: EASTERN CANADA SOIL STRUCUTRE WORKSHOP, 1990, Guelph, Ontario. **Proceedings...** Windsor, Ontario: Canadian Society of Soil Science, 1990. V.1, 236p. p.63-72.

RENGASAMY, P. Clay dispersion in relation to changes in the electrolyte composition of dialysed red-brown earths. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.34, n.3, p.723-732, 1983.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em

sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 151–160, 2001.

RIBEIRO, P.H.; SANTOS, J.V.V.M.; COSER, S.M.; NOGUEIRA, N.O.; MARTINS, C.A.S. Adubação verde, os estoques de carbono e nitrogênio e a qualidade da matéria orgânica do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v. 6, n. 1, p. 43–50, 2011.

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

RODRIGUES, M.L.; MALHEIROS, T.F.; FERNANDES, V.; DARÓS, T.D. A percepção ambiental como instrumento de apoio na gestão e na formulação de políticas públicas ambientais. **Saúde & Sociedade**, v. 21, n. 3, p. 96–110, 2012.

ROSA, H. A.; VELOSO, G.; SECCO, D.; RUFFATO, G. G.; MARCONDES, L. C.; SANTOS, R. F. Efeitos do tempo de adoção do sistema plantio direto em atributos físicos de um Latossolo argiloso. **Cultivando o Saber**. Cascavel, v.5, n.2, p. 165-174, 2012

ROYO, J. Terraceamento mantido mesmo com plantio direto. *Jornal dia de campo*. 2011. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=23659&secao=A_grotemas> Acesso em 22 de janeiro de 2018.

SÁ, J.C.M.; SANTOS, J.B.; LAL, R. **An on-farm assessment of carbon monitoring and mapping scaling up in no-till fields**. 2012. <Disponível em: http://www.fao.org/ag/ca/CA-Publications/An_on_Farm_Assessment.pdf.> Acesso em 01 de dezembro de 2017.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: EMBRAPA-CPAO, 1998. 248p. (EMBRAPA-SPI. Coleção 500 perguntas 500 respostas).

SANCHEZ, P.A.; PALM, C.A.; BUOL, S.W. Fertility capability soil classification: A tool to help assess soil quality in the tropics. **Geoderma**, v. 114, p. 157–185, 2003.

SANTOS, V.B.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S.; SILVA, D.G. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e

nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 3, p. 333–338, 2004.

SANTOS, M. L.; CARVALHO, M. P.; RAPASSI, R. M. A.; MURAISHI, C. T.; MALLER, A.; MATOS, F. A. Correlação linear e espacial entre a produtividade de milho (*Zea mays* L.) e atributos físicos de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto do Cerrado Brasileiro. **Acta Scientia Agronômica**, v.28, p.313-321, 2006.

SANTOS, H. P. dos et al. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 441-454, 2008.

SECCO, D. **Estados de Compactação de dois Latossolos sob Plantio Direto e suas Implicações no Comportamento Mecânico e na Produtividade de Culturas**. Santa Maria – RS, 2003. (Doutorado em Agronomia)

SCARAMUZZA JF; COUTO EG; SELVA EC; TONON L. Estudo da distribuição Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais espacial entre boro e matéria orgânica e entre fósforo e zinco, em um solo de Nova Mutum-MT. In: **Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão**, 2. USP/ESALQ. Viçosa, 2002. (CD-ROM).

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality. **Biometrika**, v. 52, 591-611, 1965.

SHI, X.H.; YANG, X.M.; DRURY, C.F.; REYNOLDS, W.D.; MCLAUGHLIN, N.B.; ZHANG, X.P. Impact of ridge tillage on soil organic carbon and selected physical properties of a clay loam in southwestern Ontario. **Soil & Tillage Research**, v. 120, p. 1–7, 2012.

SILVA, M. G.; ARF, O.; ALVES, M. C.; BUZETTI, S. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 335-347, 2008.

SILVA, A.P.; BABUJIA, L.C.; FRANCHINI, J.C.; RALISCH, R.; HUNGRIA, M.; GUIMARÃES, M.F. Soil structure and its influence on microbial biomass in different soil and crop management systems. **Soil & Tillage Research**, v. 142, p. 42–53, 2014.

SILVA, A.P.; BABUJIA, L.C.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, R.A.; HUNGRIA, M. Microbial biomass under various soil- and crop-management systems in short and long-term experiments in Brazil. **Field Crops Research**, v. 119, p. 20–26, 2010.

SILVA, M.L.N., FREITAS, D.A.F., CÂNDIDO, B.M. **Manejo do solo em sistemas agroecológicos de produção** – parte 2. CURSO DA EMATER, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2015.

SILVA, R.L.; DE MARIA, I.C. Erosão em sistema plantio direto: influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 554–561, 2011.

SILVA, R.R. **Qualidade do solo em função de diferentes sistemas de manejo na região de Campos das Vertentes, bacia alto do Rio Grande-MG**. Lavras, 2001. 96 p. (Dissertação Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

SILVA, R.C.; PEREIRA, J.M.; ARAÚJO, Q.R.; PIRES, A.J.V.; REI, A.J.D. Alterações nas propriedades químicas e física de um Chernossolo com diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n. 1, p.101-107, 2007.

SILVEIRA NETO, A.N.; SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F.; OLIVEIRA, L.F.C. Efeitos de manejos e rotação de culturas em atributos físicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 29–35, 2006.

SINCLAIR, F.L. **Process-based research in sustainable agricultural development integrating social, economic and ecological perspectives**. *Agricultural Systems*, v 69, issues 1-2, 1-3, 2001. Disponível em: <<http://www.elsevier.com>>. Acesso em: 11 de maio de 2014.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; VENZKE FILHO, S. P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, v.69, p.923-936, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000400019>> Acesso em: 11 de maio de 2016

SOUZA NETO, J. P.; SOUZA, N. M.; OLIVEIRA, S. R. Estabilidade de agregados em água em solos do cerrado do oeste baiano em função do manejo adotado. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9., **Anais...** Brasília, DF, 2008.

SPERA, S.T.; DENARDIN, J.E.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; SANTOS, H.P.; FIGUEROA, E.A. Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 2613–2620, 2008.

STELL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3.ed. New York: McGraw Hill Book, 1997. 666p.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 395–401, 2001.

STRECK, E. V. Mitos e verdades sobre a conservação do solo no Rio Grande do Sul. **Agroecologia e Desenv. Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 31-38, jan./abr. 2012.

STRUDLEY, M.W.; GREEN, T.R.; ASCOUGH II, J.C. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. **Soil & Tillage Research**, v. 99, p. 4–48, 2008.

TAMBOSI, L.R.; VIDAL, M.M.; FERRAZ, S.F.B; METZGER, J.P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 84, n. 29, p. 151–162, 2015.

TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M.F.; CURMI, P.; TESSIER, D. Physical Properties of an Alfisol and No-Till Soybean Yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 253–260, 2012.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Effects of different management systems on porosity of oxisols in Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 899–906, 2010.

TAVARES FILHO, J.; RINSCHÉDE, M. Visão dos produtores rurais, profissionais e estudantes da área agrônômica, em relação à conservação do solo e da água na região de Londrina, Pr. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 1195–1202, 2009.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F.; FONSECA, I.C.B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 725–730, 2001.

TAVARES FILHO, J. Física e Conservação do solo e da água. EDUEL.2012.

TELLES, T.S.; DECHEN, S.C.F.; SOUZA, L.G.A.; GUIMARÃES, M.F. Valuation and assessment of soil erosion costs. **Scientia Agrícola**, v. 70, n. 3, p. 209–216, 2013.

TOMÉ JÚNIOR., J.B. Manual para interpretação de análise de solo. **Guaíba: Agropecuária**, 1997. 247 p.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S. & GONÇALVES, A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo Vermelho distrófico cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Sci. Agríc.**, 59:795-801, 2002

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ASSIS, R.L.; SOUZA, Z.M. Atributos físicos de um Latossolo vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.2, p.428-437, 2015.
<https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140597>

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V.,V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2002. v. 2. p. 195–276.

TU, C.; LI, F. Responses of greenhouse gas fluxes to experimental warming in wheat season under conventional tillage and no-tillage fields. **Journal of Environmental Sciences**, v. 54, p. 314–327, 2017.

TUKEY, J.W. One degree of freedom for non-additivity. **Biometrics**, v. 5, 232-242, 1949.

VAL-MORAES, S.P.; GHINI, R.; VALARINI, M.J.; LEMOS, E.G.M., CARARETO-ALVES, L.M. Diversidade de bactérias de solo sob vegetação natural e cultivo de hortaliças. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 1, p. 7–16, 2009.

Van GROENIGEN, K. J.; OSENBERG, C. W.; HUNGATE, B. A. Increased soil emissions of potent greenhouse gases under increased atmospheric CO₂. **Nature**, London, v.475, n. 1, p.214-216, 2011.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 19, p. 703–707, 1987.

VEIGA, M.; HORN, R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. **Soil & Tillage Research**, v. 92, p. 104–113, 2007.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. **Uma visão sobre qualidade do solo**. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4; p. 743–755, 2009.

VIEIRA FILHO, J.E.R.; SILVEIRA, J.M.F.J. Mudança tecnológica na agricultura: uma revisão crítica da literatura e o papel das economias de aprendizado. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 4, p. 721–742, 2012.

VOORHEES W B ; LINDSTROM, M.J. Long-term effects of tillage method on soil tilt independent of wheel traffic compaction. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.48, p.152-156, 1984.

ZOTARELLI, L.; ZATORRE, N.P.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.P.; FRANCHINI, J.C.; ALVES, B.J.R. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. **Field Crops Research**, v. 132, p. 185–195, 2012.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, p. 29–38, 1934.

WARD, J. H. Jr. **Hierarchical grouping to optimize an objective function**. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v. 58, p.236–244, 1963.

WARDLE, D. A. Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: **Embrapa/SPI**, 1994. p 419-436.

WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I. C.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 256-265, Mar. 2012.