

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM SÃO LUIZ GONZAGA
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

EDUARDA PANIZ FONTOURA

**INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE USO E MANEJO SOBRE A QUALIDADE FÍSICA
DO SOLO AVALIADA PELO DRES- DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA DO
SOLO**

SÃO LUIZ GONZAGA

2022

EDUARDA PANIZ FONTOURA

**INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE USO E MANEJO SOBRE A QUALIDADE FÍSICA
DO SOLO AVALIADA PELO DRES - DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA
DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo pela Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Marta Sandra
Drescher

SÃO LUIZ GONZAGA

2022

Catlogação de Publicação na Fonte

F684i Fontoura, Eduarda Paniz.

Influência do sistema de uso e manejo sobre a qualidade física do solo avaliada pelo dres-diagnóstico rápido da estrutura do solo / Eduarda Paniz Fontoura. – São Luiz Gonzaga, 2022.

32 f., il.

Orientadora: Marta Sandra Drescher.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Unidade de São Luiz Gonzaga, 2022.

1. Indicadores de qualidade. 2. Estrutura do solo. 3. Agregação do solo. 4. Conservação do solo. I. Drescher, Marta Sandra. II. Título.

EDUARDA PANIZ FONTOURA

**INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE USO E MANEJO SOBRE A QUALIDADE FÍSICA
DO SOLO AVALIADA PELO DRES- DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA DO
SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo pela Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a Dr^a Marta Sandra
Drescher

Aprovada em: 01/12/2022

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof^a Dr^a Marta Sandra Drescher
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Prof. Ms. Eugênio Farias Marques Portela
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

Prof. Dr. Marciel Redin
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

SÃO LUIZ GONZAGA

2022

RESUMO

INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE USO E MANEJO SOBRE A QUALIDADE FÍSICA DO SOLO AVALIADA PELO DRES - DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA DO SOLO

A qualidade do solo é imprescindível para o sucesso do desenvolvimento das plantas. Para determinar esta qualidade devemos estudar seus atributos físicos, químicos e biológicos. A estrutura física está ligada diretamente com o arranjo dos agregados, os quais são fundamentais para a fertilidade e extremamente vulneráveis ao manejo e técnicas utilizadas. O Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo - DRES é uma metodologia realizada a campo, de forma rápida, simples e de baixo custo, capaz de qualificar a estrutura do solo. Porém, este método é relativamente novo e pouco conhecido por técnicos e agricultores, desta forma esse trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade estrutural do solo submetido a diferentes tipos de manejos utilizando a metodologia do Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo – DRES. A avaliação foi realizada em outubro de 2022 no município de Dezesseis de Novembro/RS em Latossolo argiloso submetido a diferentes usos e manejos identificados como M1: área remanescente do Bioma Mata Atlântica, M2: área remanescente do Bioma Pampa, M3: pastagens de braquiária seguida de milho, M4: preparo convencional do solo com milho no verão e pastagens no inverno e M5: sistema de plantio direto consolidado, área manejada há 15 anos em sistema plantio direto, sendo que nos últimos 3 anos foi adotado a seguinte rotação de culturas: nabo forrageiro /soja, trigo no inverno e painço /soja no verão, inverno em pousio e nova implantação de painço. No momento da coleta o painço estava em estágio vegetativo. Os resultados obtidos indicaram que a manutenção das áreas com a cobertura natural do solo, ou seja, tanto mata nativa quanto campo nativo, contribuíram para a preservação da qualidade estrutural do solo. A utilização do solo para cultivo de grãos em sistema plantio direto e com rotação de culturas apresentou maior qualidade estrutural do que o manejo do solo com cultura de grãos no verão e gado no inverno em sistema de manejo que contempla intervenção por revolvimento do solo.

Palavras-chave: Indicadores de qualidade; Estrutura do solo; Agregação do solo; Conservação do solo.

ABSTRACT

INFLUENCE OF THE USE AND MANAGEMENT SYSTEM ON THE PHYSICAL QUALITY OF SOIL ASSESSED BY DRES - RAPID DIAGNOSIS OF SOIL STRUCTURE

Soil quality is essential for successful plant development. To determine this quality we must study its physical, chemical and biological attributes. The physical structure is directly linked to the arrangement of the aggregates, which are fundamental for fertility and extremely vulnerable to the handling and techniques used. The Rapid Diagnosis of Soil Structure - DRES is a methodology performed in the field, quickly, simply and at low cost, capable of qualifying the soil structure. However, this method is relatively new and little known by technicians and farmers, so this work aims to evaluate the structural quality of the soil subjected to different types of management using the methodology of the Rapid Diagnosis of Soil Structure - DRES. The evaluation was carried out on October 23, 2022 in the municipality of Dezesseis de Novembro/RS in a clayey Oxisol submitted to different uses and management identified as M1: remaining area of the Atlantic Forest Biome, M2: remaining area of the Pampa Biome, M3: brachiaria followed by corn, M4: conventional soil preparation with corn in summer and pastures in winter and M5: consolidated no-tillage system, area managed for 15 years in no-tillage system, and in the last 3 years the following rotation was adopted of crops: radish (*Raphanus sativus* L.)/soybean (*Glycine max*), wheat in winter and millet (*Panicum miliaceum* L.)/soybean in summer, fallow winter and new implantation of millet. At the time of collection, millet was in the vegetative stage. The results obtained indicated that the maintenance of areas with natural soil cover, that is, both native forest and native grassland, contributed to the preservation of the structural quality of the soil. The use of soil for grain cultivation in a no-tillage system and with crop rotation showed higher structural quality than soil management with grain crops in the summer and cattle in the winter in a management system that includes intervention by tilling the soil.

Key-words: Quality Indicators; Soil structure; Soil conservation.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 8 |
| 2. OBJETIVOS | 10 |
| 2.1. OBJETIVO GERAL | 10 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 10 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO | 11 |
| 3.1 QUALIDADE DO SOLO | 11 |
| 3.2 MÉTODOS VISUAIS PARA AVALIAR A QUALIDADE DO SOLO | 12 |
| 3.3 DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA DO SOLO - DRES | 13 |
| 3.4 REGIÃO FISIAGRÁFICA DAS MISSÕES/RS E OS SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO | 15 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 17 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 23 |
| 6. CONCLUSÕES | 31 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 32 |

1. INTRODUÇÃO

Solos são corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (SANTOS, 2018). Apresentam diversas funções ecossistêmicas como abrigo para organismos edáficos, produtor e absorvedor de gases, indicador da história geológica, climática, biológica e humana, decompositor de dejetos, filtro de água e de resíduos. Além disso, solos são necessários para a construção civil (base para sustentação das obras e fornecimento de materiais), e para atividades agropecuárias, possibilitando a produção e crescimento de plantas.

As propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos são determinadas de maneira integrada pelo processo geológico de sua formação, pela origem dos minerais e sua evolução de acordo com o clima e o relevo do local, além dos organismos vivos que o habitam.

Um solo fisicamente ideal é aquele que apresenta boa aeração (porosidade), consegue reter e suprir água para as culturas, além de possuir um bom armazenamento de calor e pouca resistência mecânica ao crescimento de raízes. O conceito de qualidade do solo depende de propriedades previamente estabelecidas. Entretanto, devemos sempre considerar a funcionalidade múltipla do solo ao atestarmos sua qualidade ou a falta dela, evitando que no futuro algumas destas funções sejam comprometidas (GOMES et al., 2006). Assim, um determinado tipo de solo pode ser considerado com boa qualidade quando apresenta a capacidade, dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, de manter a produtividade e ao mesmo tempo a biodiversidade vegetal e animal, melhorar a qualidade do ar e da água, permitir a habitação e a saúde humana.

De acordo com Muller et al. (2009), a estrutura do solo é a chave para os processos biológicos, físicos e químicos e está relacionada às funções ecossistêmicas exercidas por este recurso natural. A estrutura é influenciada

diretamente pela biologia do solo, sendo fator determinante da qualidade e do equilíbrio da biodiversidade do solo.

O conhecimento aprofundado sobre os solos e suas funções é fundamental para o seu correto manejo e mapeamento de suas aptidões. O primeiro passo para a adoção de práticas de manejo que melhorem a qualidade estrutural do solo, em sistemas de produção agropecuários, envolve a correta avaliação da mesma. No entanto, a estrutura do solo tem sido avaliada por meio de métodos quantitativos que, além de não a caracterizarem diretamente, são de difícil aplicação e interpretação em condições de campo.

Pensando nisso, a Universidade Estadual de Londrina (UEL) e a Embrapa desenvolveram um método de avaliação visual da estrutura da camada superficial do solo, denominado Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo – DRES. Com esta metodologia é possível realizar o diagnóstico da estrutura do solo a campo de modo que o produtor rural consegue fazer a análise em sua propriedade.

Entretanto, apesar de seu potencial, a metodologia do DRES ainda é pouco conhecida e difundida. Nesse sentido, torna-se importante a realização de estudos e atividades de campo, que tornem o método conhecido e acessível a um maior número de técnicos e agricultores.

Em longo prazo, esta metodologia auxiliará na identificação dos manejos mais adequados para as diferentes situações e poderá ser empregada para identificar as práticas e os agricultores de melhor desempenho na tarefa de conservar solo e água.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Aplicar a metodologia do Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo – DRES na avaliação da qualidade estrutural de um Latossolo argiloso submetido a diferentes sistemas de uso e manejo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Auxiliar na identificação de usos e manejos do solo que incrementem a qualidade estrutural de um Latossolo de textura argilosa.

Identificar sistemas de manejo de solo que favoreçam a qualidade estrutural do solo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 QUALIDADE DO SOLO

O solo é compreendido como um componente fundamental da manutenção do ecossistema terrestre. É um recurso natural lentamente renovável e que estão presentes nas mais diversas paisagens, em diferentes profundidades e características. No início da década de 1990, a comunidade científica, consciente da importância do solo para a qualidade ambiental e para a sustentabilidade agrícola, iniciou a abordagem sobre qualidade do solo.

Larson e Pierce (1994) afirmam que a qualidade do solo é uma combinação de propriedades físicas, químicas e biológicas, que fornecem os meios para a produção vegetal e animal, regula o fluxo de água e atua como um filtro ambiental na diminuição e degradação de componentes que possam vir a causar danos ambientais.

Segundo Araujo et. al. (2012) devido à heterogeneidade e dinâmica do compartimento solo, a sua qualidade não pode ser mensurada diretamente, podendo ser estimada a partir de indicadores arbitrados pelo homem.

A degradação do solo devido a compactação está associada diretamente ao sistema de manejo do solo adotado (DRESCHER et al., 2016), aliado à práticas agrícolas não conservacionistas que provocam alterações em sua estrutura (TAVARES FILHO; TESSIER, 2010) e, conseqüentemente, na porosidade influenciando o crescimento e aeração do sistema radicular, infiltração e disponibilidade de água para as plantas (REICHERT et al., 2007).

Segundo Lal e Stewart (1990), embora os problemas de degradação do solo induzidos pela compactação provavelmente existam desde o início da agricultura, os métodos agrícolas modernos baseados no uso de máquinas e implementos pesados agravaram a situação e parecem estar causando mudanças na estrutura do solo.

As partículas minerais e orgânicas do solo tendem a se organizar em unidades estruturais compostas chamadas de agregados, separadas entre si pelas superfícies de fraqueza. Os agregados são unidades naturais secundárias,

onde as partículas primárias do solo são ligadas entre si por substâncias orgânicas, óxidos de ferro e alumínio, carbonatos, sílica e a própria argila.

Estas estruturas são importantes porque estão relacionadas com o maior espaço poroso e conseqüentemente, menor densidade e maior aeração, retenção de água, infiltração, entre outros. Propriedades como escoamento superficial de água e resistência a erosão são afetadas pela estruturação do solo.

Tradicionalmente, as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo usualmente empregadas como indicadores de qualidade são avaliadas por métodos laboratoriais que, embora sejam bastante exatos, são muitas vezes de difícil acesso ou apresentam custos elevados em avaliações de larga escala. O aumento da demanda pela avaliação da qualidade da estrutura do solo para o adequado crescimento de plantas, e a necessidade de um diagnóstico rápido e confiável, têm motivado pesquisadores a desenvolverem técnicas visuais de avaliação, que possam ser realizadas à campo, de forma simples, porém confiável (GIAROLA et al., 2009; NIERO et al., 2010).

3.2 MÉTODOS VISUAIS PARA AVALIAR A QUALIDADE DO SOLO

A avaliação visual do solo é capaz de fornecer, de maneira rápida, confiável e barata, informações necessárias ao planejamento agrícola, constituindo uma importante ferramenta para identificar ou monitorar práticas de manejo sustentáveis (AMADO et al., 2007).

Das avaliações visuais mais tradicionais utilizadas a campo podemos citar o VESS (Avaliação visual da estrutura do solo ou *Visual Evaluation of Soil Structure*) (BALL et al., 2007) e o VSA (Avaliação visual do solo ou *Visual Soil Assessment*) (SHEPHERD, 2000), que são consideradas rápidas, seguras, objetivas e de baixo custo para inferir sobre a qualidade do solo (RABUSCKE, 2019).

Porém, de acordo com Ralisch et al. (2017), o VSA e o VESS apresentam limitações. O VSA, mesmo adotado pela FAO em 2017 e possibilitando a avaliação de grandes áreas da paisagem, exige a complementação de métodos laboratoriais, e o VESS, largamente adotado no nosso país desde 2008 para avaliar a qualidade da estrutura do solo em diversos sistemas de uso e gestão,

não reconhece como um problema e como uma degradação da estrutura a condição de solo desagregado, o que é comum em sistemas com revolvimento intenso do solo.

3.3 DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA DO SOLO - DRES

Buscando desenvolver um método de campo que fosse simples e rápido, barato e com a menor intervenção possível no local de análise e de fácil interpretação e adoção para avaliar a estrutura do solo, a Universidade Estadual de Londrina (UEL) e a Embrapa, apoiadas por diversas instituições, desenvolveram um método de avaliação visual da estrutura da camada superficial do solo, denominado “Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo - DRES”.

Com o DRES é possível que técnicos e produtores rurais realizem de forma rápida e fácil o reconhecimento dos efeitos dos diferentes sistemas de manejo nas condições estruturais do solo, assim auxiliando na tomada de decisões das ações de correção ou melhoria da qualidade do manejo do solo de áreas agrícolas.

O DRES é um método que qualifica a estrutura da camada superficial do solo, baseado em características detectadas visualmente em amostras dos primeiros 25 cm. As avaliações nas amostras constam da observação de tamanho e forma dos agregados e torrões, presença ou não de feições de compactação ou outra modalidade de degradação do solo, forma e orientação das fissurações, rugosidade das faces de ruptura, resistência à ruptura, distribuição e aspecto do sistema radicular, e evidências de atividade biológica. A partir desses critérios, atribui-se uma pontuação de 1 a 6, onde “6” é indicativo de melhor condição estrutural, e “1” representa o solo totalmente degradado (Figura 01).

Cabe ressaltar que o DRES se constitui ainda em excelente ferramenta de transferência de tecnologias voltadas ao manejo do solo, na medida em que proporciona aos interessados adequada percepção da qualidade estrutural do solo, a interpretação da relação entre o manejo adotado e a resposta obtida no campo, e o entendimento de que os resultados são comparáveis mesmo para diferentes situações de campo analisadas (RALISH et al. 2017). Com isso, pode-se avaliar a resposta de um mesmo solo a diferentes formas de manejo, de

um mesmo manejo ao longo do tempo, ou efeitos imediatos de práticas agrícolas e como esses efeitos evoluem no tempo.

Figura 01: Critérios para atribuição das notas de qualidade estrutural de cada camada da amostra de solo.

| ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS DE QUALIDADE ESTRUTURAL DE CADA CAMADA DA AMOSTRA DE SOLO (Qe_c) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|--|
| Condição inicial | Camadas da amostra com evidências de conservação/recuperação | | | Camadas da amostra com evidências de degradação | | |
| Qe_c | $Qe_c = 6$ | $Qe_c = 5$ | $Qe_c = 4$ | $Qe_c = 3$ | $Qe_c = 2$ | $Qe_c = 1$ |
| Tamanho do agregado e % na amostra | Mais de 70% de agregados com 1 a 4 cm | 50 a 70% de agregados de 1 a 4 cm | Menos de 50% de agregados de 1 a 4 cm | Menos de 50% de agregados menores que 1 cm e maiores que 7 cm | 50 a 70 % de agregados menores que 1 cm e maiores que 7 cm | Mais de 70% de agregados menores que 1 cm e maiores que 7 cm |
| Características da estrutura | Estrutura frável, agregados muito grumosos e porosos, com atividade biológica alta. Raízes abundantes e bem distribuídas na camada avaliada, sem deformações ocasionadas por impedimentos físicos, crescendo através dos agregados. | Estrutura frável, agregados grumosos e porosos, com mediana atividade biológica. Raízes bem distribuídas na camada avaliada, podendo apresentar poucos sinais de restrição ao crescimento. As raízes crescem predominantemente através dos agregados. | Estrutura frável, pouco grumosa, pouco poros e fraca atividade biológica. Raízes podem apresentar algum impedimento ao desenvolvimento. | Estrutura coesa nos agregados grandes, e muito solta entre os agregados menores que 1 cm. Predomínio de agregados com faces planas, com poucos poros e atividade biológica. Pode apresentar raízes achatadas com dificuldade para desenvolvimento pleno na camada avaliada. | Estrutura coesa nos agregados grandes, e muito solta entre os agregados menores que 1 cm. Predomínio de agregados com faces planas, com alguns poros e pouca atividade biológica. Desenvolvimento radicular limitado, com predomínio de raízes achatadas com dificuldade para penetração no interior dos agregados. | Estrutura coesa nos agregados grandes, e muito solta entre os agregados menores que 1 cm. Predomínio de agregados com faces planas, sem poros visíveis e atividade biológica. Forte restrição ao desenvolvimento radicular, com predomínio de raízes achatadas, crescendo preferencialmente nas fissuras entre os agregados. |
| | grumosidade, atividade biológica, porosidade, raízes bem desenvolvidas | | | superfícies planas, raízes achatadas, solo desagregado ou compactado | | |

Fonte: Ralish et. al. 2017.

A metodologia do DRES também auxilia na interpretação dos resultados obtidos, trazendo recomendações e indicações à partir do que é verificado nas notas. Ralish et. al. 2017 sugere estratégias de manejo que auxiliam na recuperação de áreas degradadas:

- Reduzir as pressões sobre o solo, racionalizando as operações agrícolas, reduzindo o tráfego de máquinas e adequando seus rodados e as velocidades operacionais;
- Intensificar o enraizamento e a atividade biológica nestas camadas, adotando sistemas de rotação de culturas que alternem e/ou associem diferentes sistemas radiculares (principalmente gramíneas);
- Em casos extremos, a fissuração ou ruptura destas camadas pode ser induzida por equipamentos rompedores de solo, como as hastes sulcadoras de semeadoras ou escarificadores e subsoladores, mas estas ferramentas ou operações não podem ser consideradas corretivas, pois o atrito destas com o solo promove a desagregação do solo.

Assim, a melhoria definitiva da qualidade estrutural do solo só será efetivada mediante a intensa ação biológica, favorecida por sistemas radiculares abundantes e bem distribuídos.

3.4 REGIÃO FISIAGRÁFICA DAS MISSÕES/RS E OS SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO

No Rio Grande do Sul em função da diversidade de clima, solos e relevo há a formação de distintos ecossistemas derivados de dois grandes biomas, o bioma pampa (constituído principalmente por vegetação campestre com gramíneas, herbáceas e algumas árvores) e o bioma mata atlântica (grande biodiversidade e variações ambientais) (Figura 02). A região das Missões está localizada no planalto meridional, no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, se situa entre os rios Ibicuí, Uruguai e Ijuí.

Possui características dos dois biomas a vegetação dominante é o campo, nos quais, ocorrem capões do tipo parque timbó. Ao longo dos grandes rios há extensas florestas altas. Apresenta solos profundos, de origem basáltica, argilosos e bem drenados, predominantemente da classe dos Latossolos.

Figura 02: Biomas do Rio Grande do Sul. Fonte: Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul.



A região das missões é predominantemente ligada a produção agrícola, desde pequenos agricultores com menores extensões de área, até os grandes agricultores com as maiores e mais variadas extensões de áreas, e por este motivo possui diferentes sistemas de manejo e uso do solo.

São inúmeras as realidades encontradas a campo e com isso o mais diversificado sistemas de cultivo, os diferentes sistemas de manejo do solo têm a finalidade de criar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas. Atualmente, o que mais difundido na região é o sistema de plantio direto. Este sistema visa manter uma cobertura vegetal sob o solo, sendo eficiente, quando bem manejado, na otimização dos recursos naturais disponíveis, contribuindo para diminuição dos impactos da produção agrícola sobre o meio ambiente, com a redução da erosão e das perdas por lixiviação e também por contribuir com o sequestro do carbono no solo, sendo importante ferramenta capaz de garantir a durabilidade da agricultura em zona tropical úmida (SCOPEL et al., 2005).

O sistema de plantio direto não faz revolvimento do solo e conserva a vegetação sobre o solo o que traz muitos benefícios e um deles é a conservação da umidade do solo, o que no sistema de plantio convencional já acontece de forma bem diferente. O plantio convencional que em alguns lugares da região ainda é encontrado, consiste no uso de práticas de preparo de solo com revolvimento por meio de operações de aração e gradagem com grade pesada, o acaba por incorporar a vegetação que poderia manter a umidade do solo. Segundo Machado (2021) no plantio convencional o solo é revolvido a uma profundidade média de 15 a 20 cm, em duas etapas de preparo, o preparo primário é voltado para operações mais profundas, geralmente realizado com arado e tem como objetivo, romper a camada compactada e enterrar a cobertura vegetal, já no preparo secundário, utiliza-se grades ou plainas para nivelar, destorroar, incorporar agroquímicos e eliminar plantas daninhas emergidas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma propriedade rural localizada na localidade do Tabuleiro no interior do município de Dezesseis de Novembro, na região das Missões. O solo predominante da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2013). O solo é de textura argilosa, profundo, bem drenado e distribuído em relevo ondulado a suavemente ondulado. Naturalmente apresenta baixa fertilidade química, mas, uma vez corrigidas as deficiências químicas, constitui-se em solo de elevada fertilidade, podendo ser utilizados com culturas de inverno e de verão.

O clima, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, com as quatro estações do ano bem definidas, com invernos moderadamente frios e verões quentes, com temperaturas superiores a 22°C, separados por estações intermediárias com, aproximadamente, três meses de duração. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, com média mensal superior a 60 mm (NIMER, 1989) com possibilidade de ocorrência de deficiências hídricas entre os meses de janeiro, fevereiro e março, os quais são também os mais críticos à produção de cereais e oleaginosas na região, pois coincidem com os períodos críticos das culturas ao déficit hídrico.

O trabalho consistiu na realização do Diagnóstico Rápido de Estrutura do Solo - DRES em cinco sistemas de manejos representativos do uso do solo na região missioneira do RS com cinco repetições em cada área, totalizando vinte e cinco unidades experimentais.

Os sistemas de manejo avaliados (Figura 03) apresentam as seguintes características:

M1 - Área de mata nativa: Aproximadamente 8 hectares, que consiste em uma área com mata nativa densa representando área remanescente do Bioma Mata Atlântica na região. A área serve de abrigo para gado e outros animais da fauna local;

M2 - Campo nativo: Área de aproximadamente 3,5 ha que consiste em uma área sob sistema extensivo de pastejo do gado, sem correções da acidez e

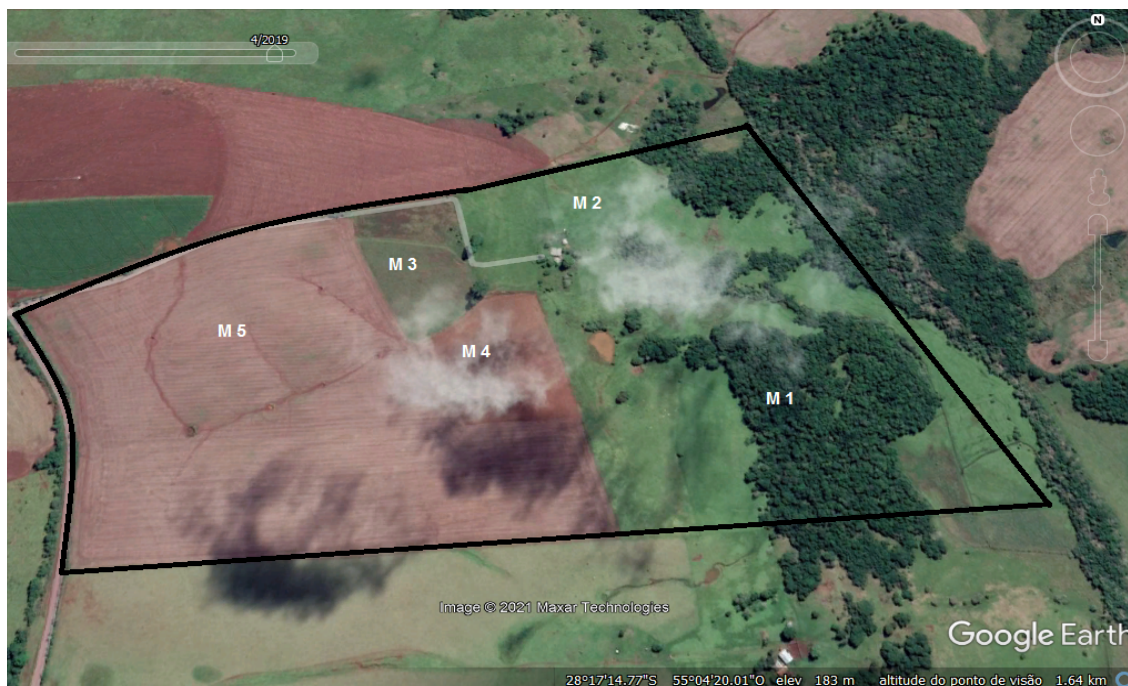
da fertilidade do solo, sendo representativa das áreas remanescentes do Bioma Pampa na região;

M3 – Área com pastagem perene de braquiária seguida de introdução de milho para produção de grãos: Área com 2,8 hectares cultivada com pastagem de *Brachiaria brizantha* durante o verão e inverno de 2022. Na safra de verão 2022/2023, mais especificamente no mês de agosto de 2022 o solo foi revolvido mediante uma gradagem com grade pesada, seguida de dessecação para receber a semeadura de milho. Sendo que no momento da coleta das amostras o milho estava em estágio vegetativo V4.

M4 - Área com sistema de plantio convencional: Consiste em uma área com 4 hectares, que era utilizada para pastagens, sendo que no verão de 2021 o solo foi revolvido por aração para que fosse cultivado milho (este milho foi utilizado para silagem, tendo na hora da colheita o movimento de maquinário para colheita acompanhado de carretos). No inverno de 2022 a área foi novamente revolvida por meio aração e gradagem para o plantio de um consórcio de aveia e azevém para o pastejo dos animais, o plantio foi realizado com funil e após passado grade novamente. A carga animal na área é de aproximadamente 4 animais por hectare. Entretanto, os animais não ficavam de maneira contínua na pastagem, eles têm acesso a um potreiro ao lado com campo nativo onde possui fonte de água, assim os animais permaneciam nesta área apenas durante o período de pastejo e posteriormente seguiam para a área com a fonte de água. No momento da coleta a área ainda estava com o consórcio de gramíneas e presença de animais.

M5 - Lavoura com SPD consolidado: Lavoura com 30 hectares, manejada há aproximadamente 15 anos em sistema plantio direto, sendo que nos últimos 3 anos foi adotado a seguinte rotação de culturas: Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.)/soja (*Glycine max*), trigo no inverno e painço (*Panicum miliaceum* L.)/soja no verão, inverno em pousio e nova implantação de painço. No momento da coleta o painço estava em estágio vegetativo.

Figura 03: Imagem aérea da área de estudo no município de Dezesseis de Novembro-RS. Os locais assinalados pelos códigos M1, M2, M3 M4 e M5 representam, respectivamente os locais de coleta dos tratamentos M1: Mata nativa, M2: Campo nativo, M3: Pastagem de braquiária seguida de plantio de milho, M4: Sistema de plantio convencional e M5: Sistema plantio direto consolidado.



Fonte: Google Earth.

A avaliação da qualidade estrutural do solo foi realizada no dia 23 de outubro de 2022, após uma chuva de 12 milímetros registrada no dia 20 de outubro de 2022, seguindo a metodologia do Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo – DRES (RALISCH et al., 2017). Essa metodologia consiste em coletar uma amostra com estrutura preservada na camada de 0 a 25 cm de profundidade em locais representativos da área a ser avaliada.

A coleta da amostra mediante a retirada do bloco de solo é uma operação crítica, pois é necessário manter o bloco de solo inteiro, preservando-se a estrutura o mais próximo da condição original do solo a campo, por esse motivo foi realizada cuidadosamente, conforme pode ser observado na Figura 04.

Figura 04: Coleta de amostras em blocos de solo com estrutura preservada na camada de 0 a 25 cm de profundidade seguindo a metodologia DRES – Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo.



Fonte: Autora (2022).

Para a coleta foram utilizados os seguintes materiais: Pá de corte, bandeja plástica (25 cm de largura x 50 cm de comprimento x 15 cm de altura), canivete (para auxílio na manipulação das amostras), régua de 30 cm (para medição da espessura das camadas), separadores de papelão (para isolar as camadas homogêneas na amostra se necessário), papelão e plástico filme Pvc (para embalar as amostras mantendo sua estrutura preservada para o transporte), lupa pequena (para melhor identificar feições de degradação ou conservação) e, caneta permanente (para identificação das amostras).

Após a coleta as amostras foram abertas e cuidadosamente manuseadas para que acontecesse o rompimento dos agregados em seus pontos de fraqueza natural, de modo que as feições dos agregados pudessem ser observadas. Após a manipulação da amostra observa-se a presença e

identificação das camadas homogêneas. Em cada camada procedia-se a medição da espessura e atribuição de notas de qualidade estrutural para a camada (Q_{ec}).

A partir das Q_{ec} de cada camada foi determinado o Índice de Qualidade Estrutural do solo da Amostra (IQEA), por meio da equação:

$$IQEA = \frac{(E_{c1} \times Q_{ec1}) + (E_{c2} \times Q_{ec2}) + (E_{c3} \times Q_{ec3})}{E_{total}}$$

Em que:

IQEA = índice de qualidade estrutural do solo da amostra;

E_c = espessura de cada camada, em cm (o número de camadas pode variar de 1 a 3);

Q_{ec} = nota de qualidade estrutural atribuída à cada camada;

E_{total} = espessura/profundidade total da amostra (25 cm).

O IQEA corresponde à média das notas atribuídas às camadas, ponderada pela espessura das mesmas. Com os resultados do IQEA de cada amostra foi realizado o Índice de Qualidade Estrutural do Solo em cada sistema de manejo (IQES), sendo este composto pela média simples do IQEA das cinco amostras em cada um dos tipos de manejo, a partir da fórmula abaixo:

$$IQES = \frac{(IQEA_1 + IQEA_2 + \dots + IQEA_n)}{n}$$

Onde:

IQES = índice de qualidade estrutural do solo no manejo avaliado;

n = número total de amostras (que no caso é 5);

IQEA = nota de qualidade estrutural atribuída a cada amostra (no caso de 1 até 5).

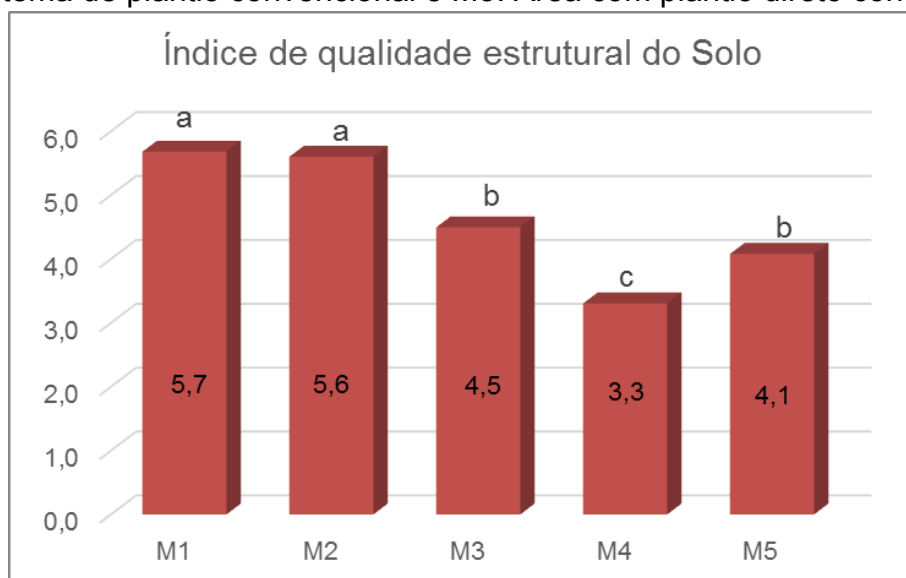
Após a realização da metodologia, os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste F. Em caso de significância do teste F, realizou-se a comparação das médias pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de

probabilidade de erro. Todas as avaliações foram realizadas no software estatístico SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos do IQES nos tratamentos avaliados indicaram que entre os cinco manejos estudados, M1 e M2 apresentaram maior qualidade estrutural (Gráfico 01). Nos manejos M3 e M5 o IQES apresentou qualidade estrutural do solo intermediária, enquanto o manejo M4 que ficou com a menor IQES.

Gráfico 01: Índice de qualidade estrutural do solo avaliado pela metodologia do DRES - Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo nos sistemas de manejo M1: Mata nativa, M2: Campo nativo, M3: Pastagens de braquiária seguida de milho, M4: Sistema de plantio convencional e M5: Área com plantio direto consolidado.



Fonte: Autora (2022).

A análise dos tratamentos indicou que nos sistemas de manejo M1 e M2 a estrutura dessa camada superficial estudada (0-25cm) é bastante homogênea (Figura 05), sendo que apenas uma das amostras do sistema M1 foi subdividida em duas camadas (Tabela 01). Os agregados de ambos sistemas de manejos apresentaram feições de conservação, pois foi possível observar que as raízes cresceram sem restrição, explorando o interior dos agregados, mais de 50% dos agregados entre 1 e 4 centímetros, estrutura friável, agregados muito grumosos. Observou-se ainda elevada atividade biológica, com presença de minhocas, corós, entre outros organismos, muitas raízes crescendo sem restrição, se

desenvolvendo e explorando o interior dos agregados. Esses aspectos podem ser visualizados na Figura 06.

Figura 05: Amostras de solo para análise pela metodologia DRES – Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo da camada compreendida entre 0 e 25 cm nos sistemas de manejo M1: Mata nativa e M2: Campo nativo.



Fonte: Autora (2022).

Figura 06: Feições de conservação e alta atividade biológica presentes em amostras de solo para análise pela metodologia DRES – Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo dos sistemas de manejo M1: mata nativa e M2: campo nativo.



Fonte: Autora (2022).

Esta diversidade da macro e microfauna em ambientes de mata nativa auxilia a formação dos grumos e agregados, incluindo a ação das minhocas, que através da excreção produzida por elas, possibilitam a solidificação de galerias, melhorando a absorção da água das chuvas e sua continuidade no sistema. Todos estes fatores ocorrendo em sintonia acabam favorecendo e estimulando a recuperação e a melhoria da qualidade do solo (MACHADO, 2021).

Machado (2021), sugere uma alternativa para solos que tenham o manejo sob campo nativo, diversificação da área, ou seja, precisa-se introduzir espécies vegetais com alta capacidade de aporte de fitomassa aérea e de raízes. Essa é uma boa sugestão de adoção para o proprietário, afim de aumentar a qualidade estrutural do solo e também disponibilizar mais alimentos para os animais que ocupam aquela área.

Tabela 01: Relação das amostras, identificados com o número de camadas, profundidade da camada e notas de qualidade estrutural da camada (Qec), qualidade estrutural da amostra (IQEA) e qualidade estrutural do manejo (IQES).

| Amostra | Número de camadas | Qe _c | IQEA | IQES |
|---------|-------------------|--|---------------|-------|
| M1 A1 | 1 | | 6 | |
| M1 A2 | 1 | | 5 | |
| M1 A3 | 1 | | 6 | |
| | | | | 5,68 |
| M1 A4 | 2 | $\frac{1^a = 0 - 10 \text{ cm}}{2^a = 10 - 25 \text{ cm}}$ | $\frac{6}{5}$ | 5,4 |
| M1 A5 | 1 | | 6 | |
| M 2 A1 | 1 | | 6 | |
| M2 A2 | 1 | | 5 | |
| M2 A3 | 1 | | 6 | 5,6 |
| M2 A4 | 1 | | 5 | |
| M2 A5 | 1 | | 6 | |
| M3 A1 | 2 | $\frac{1^a = 0 - 9 \text{ cm}}{2^a = 9 - 25 \text{ cm}}$ | $\frac{5}{4}$ | 4,36 |
| M3 A2 | 1 | | 5 | |
| M3 A3 | 2 | $\frac{1^a = 0 - 10 \text{ cm}}{2^a = 10 - 25 \text{ cm}}$ | $\frac{5}{4}$ | 4,4 |
| | | | | 4,496 |
| M3 A4 | 2 | $\frac{1^a = 0 - 18 \text{ cm}}{2^a = 18 - 25 \text{ cm}}$ | $\frac{5}{4}$ | 4,72 |
| M3 A5 | 2 | $\frac{1^a = 0 - 17 \text{ cm}}{2^a = 17 - 25 \text{ cm}}$ | $\frac{4}{4}$ | |

| | | | | | |
|-------|---|-----------------------------|---|------|-------|
| | | 1 ^a = 0 -9 cm | 3 | | |
| M4 A1 | 3 | 2 ^a = 9 -18 cm | 4 | 3,08 | |
| | | 3 ^a = 18 – 25 cm | 2 | | |
| | | 1 ^a = 0 – 8 cm | 3 | | |
| M4 A2 | 3 | 2 ^a = 8 – 16 cm | 5 | 4 | 3,304 |
| | | 3 ^a = 16 – 25 cm | 4 | | |
| M4 A3 | | 1 | 3 | | |
| M4 A4 | | 1 | 3 | | |
| M4 A5 | 2 | 1 ^a = 0 – 11 cm | 4 | 3,44 | |
| | | 2 ^a = 11 – 25 cm | 3 | | |
| M5 A1 | 2 | 1 ^a = 0 – 17 cm | 5 | 4,68 | |
| | | 2 ^a = 17 – 25 cm | 4 | | |
| M5 A2 | | 1 | 5 | | |
| M5 A3 | 2 | 1 ^a = 0 – 9cm | 5 | 3,72 | 4,08 |
| | | 2 ^a = 9 – 25 cm | 3 | | |
| M5 A4 | | 1 | 3 | | |
| M5 A5 | | 1 | 4 | | |

Fonte: Autora (2022).

Os sistemas de manejo que apresentaram qualidade estrutural intermediária foram os M3 e M5 (Figura 07). Estes sistemas ficaram com o IQES de 4,49 e 4,08 respectivamente. Era esperado que o M5 obtivesse índices de qualidade estrutural maiores, porém, como o sistema de rotação de culturas não está sendo feito da melhor forma não obteve essa nota maior, uma sugestão é a mudança do sistema de rotação de culturas, adicionando outras famílias de plantas com sistemas radiculares mais agressivos para melhorar a qualidade estrutural do solos deste manejo.

Nestas amostras foi possível observar sinais de restrição de crescimento das raízes, sendo que estas se estabeleceram, na grande maioria das vezes, apenas nos 10 primeiros centímetros superficiais do solo. Menos de 50% dos agregados tinham entre 1 e 4 centímetros e geralmente abaixo dos 10 ou 15

centímetros apresentaram ruptura com estruturas angulares, de faces planas e arestas bem definidas, características que corroboram com a identificação de um solo em processo de degradação.

Segundo Ralisch et. al. 2017, solos com Qec 4 ocorrem frequentemente em áreas após a consolidação e estabilização do SPD, passado os primeiros anos de sua adoção, denotando recuperação da fertilidade do solo. Entretanto, pode também representar o inverso, indicando estrutura em processo de degradação, o que pode estar ocorrendo, por exemplo, pela redução do percentual de gramíneas no sistema de produção ou realização de operações de mobilização do solo.

Figura 07: Amostras de solo para análise pela metodologia DRES – Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo da camada compreendida entre 0 e 25 cm nos sistemas de manejo. M3: braquiária seguida de milho e M5: área com sistema de plantio direto consolidado



Fonte: Autora (2022).

O manejo M4 (Manejo com revolvimento do solo) por sua vez apresentou a menor nota com IQES de, sendo 3,30. Isto se deve muito ao intenso revolvimento do solo antes do plantio do milho no verão 2021/22 e também antes do plantio da aveia no inverno de 2022. O maquinário utilizado para a colheita do milho e preparação da silagem também é um fator relevante, outro motivo que contribui muito para a atribuição dessa nota é a compactação devido ao pastoreio dos animais e carga animal. Nas amostras ficou evidente a heterogeneidade da camada superficial do solo, em que algumas amostras ficaram com 3 camadas (Figura 08). A primeira apresentando feições de degradação e compactação com agregados de faces planas e presença de raízes crescendo nas fissuras. A

segunda camada, abaixo dos 10 centímetros, obteve uma nota maior por apresentar características dos agregados grumosos e porosos, entre 1 e 4 centímetros. Já a terceira camada abaixo dos 16 centímetros apresentou agregados maiores e menor atividade biológica.

Segundo Ralisch et. al. (2018), a nota 3 indica problemas com o manejo do solo e do sistema de produção, como preparos excessivos de solo, baixa produção de fitomassa aérea e de raízes, operações agrícolas em condições de solo inadequadas, entre outros. Porém, com a adequação desses procedimentos, a recuperação do solo pode ser obtida. O tempo de recuperação é variável e dependente diretamente das condições edafoclimáticas e da espessura das camadas a serem modificadas.

Figura 08: Notas atribuídas para cada uma das camadas de uma das amostras do Manejo 4, analisada pela metodologia DRES – Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo da camada compreendida entre 0 e 25 centímetros.



Fonte: Autora (2022).

O preparo excessivo do solo, por meio de aração e gradagem, promove sua desagregação e acelera a decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) (SOUZA e ALVES, 2003b; BAYER et al., 2004). Foi possível observar que isso aconteceu nos dois manejos estudados onde houve revolvimento do solo. Na Tabela 02 dos resultados químicos isso ficou bem evidente quando comparamos com o sistema de mata nativa e campo nativo em relação aos demais.

Também foi realizada a análise química completa nas cinco áreas de estudo e os resultados serão apresentados na Tabela 02. Segundo Alves (1992), para recuperação de um solo degradado deve-se ter um balanço da matéria orgânica do solo (MO), pois as condições físicas, externa e interna do solo, só serão obtidas via atividade biológica, e isto se dá em função da quantidade de MO do solo.

Tabela 02: Resultado da análise química dos manejos avaliados, M1: Área de mata nativa, M2: Campo nativo, M3: Área com pastagens perene de braquiária seguida de milho, M4: Sistema de plantio convencional e M5: Sistema de plantio direto consolidado.

| Variável analisada | Unidade de medida | Tratamento | | | | |
|--------------------|-----------------------------------|------------|------|------|------|------|
| | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 |
| pH água 1:1 | ----- | 5,3 | 5,2 | 5,5 | 5,2 | 5,2 |
| Índice SMP | ----- | 5,5 | 5,4 | 6,1 | 5,6 | 5,6 |
| MO | % | 4,6 | 2,8 | 2,2 | 2,2 | 2,0 |
| Argila | | 24 | 30 | 59 | 64 | 53 |
| Classe textural | ----- | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| Ca | | 13,1 | 9,4 | 6,6 | 6,0 | 6,9 |
| Mg | | 4,6 | 2,5 | 3,0 | 2,8 | 2,7 |
| Al | Cmol _c dm ³ | 0,1 | 0,4 | 0 | 0,4 | 0,4 |
| CTC efet. | | 18,3 | 12,4 | 9,7 | 9,2 | 10,1 |
| CTC pH 7 | | 25,3 | 20 | 13,5 | 15,4 | 16,3 |
| K | | 178 | 39 | 28 | 28 | 59 |
| S | | 9,3 | 7,4 | 13,1 | 12,2 | 17,1 |
| P-Mehlich | | 10,2 | 1,7 | 4,9 | 10,2 | 9,5 |
| Cu | mg/dm ³ | 4,5 | 27,3 | 11,3 | 15,2 | 9,9 |
| Zn | | 9,2 | 10,9 | 1,4 | 1,8 | 1,3 |
| B | | 0,7 | 0,8 | 0,4 | 0,5 | 0,4 |
| Mn | | 24 | 12 | 7 | 17 | 11 |
| Saturação Bases | % | 72 | 60 | 72 | 58 | 60 |
| Saturação Al | | 1 | 3 | 0 | 4 | 4 |

Fonte: Autora (2022).

Nas amostras dos manejos foi possível perceber que a porcentagem de matéria orgânica acompanhou as notas de qualidade estrutural dos manejos, ou seja, sistemas de manejo com maior teor de MO como M1 e M2 tiveram maior qualidade estrutural. A importância da MO para estrutura do solo torna-se ainda mais perceptível quando a interpretação for associada a textura do solo.

Solos de textura argilosa normalmente apresentam estrutura mais coesa devido ao predomínio de partículas com maior área superficial específica. Além disso, as argilas têm partículas com formato de lâminas, o que possibilita a

disposição em arranjos mais porosos, em especial quando as partículas laminares não estão dispostas com mesma orientação. Desse modo, solos argilosos são mais porosos do que os siltosos e arenoso.

Diante disso, seria de esperar que os tratamentos com maiores teores de argila apresentassem também melhor estrutura. Entretanto, isso não foi observado. Os tratamentos M1 e M2 com menores teores de argila apresentaram maior qualidade estrutural. Isso se deve ao maior teor de MO. Por sua natureza coloidal e molecular a MO tem elevado número de cargas superficiais e elevada área superficial específica. Desse modo, a matéria orgânica tem efeito determinante na formação e estabilização de agregados (TISDALL e OADES, 1982; SILVA *et al.* 2006) e na absorção e retenção de água (BRAIDA *et al.*, 2011).

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com a realização deste trabalho mostraram que a manutenção das áreas com a cobertura natural do solo, ou seja, tanto mata nativa quanto campo nativo contribuíram para a preservação da qualidade estrutural do solo.

A utilização do solo para cultivo de grãos em sistema de plantio direto e com braquiária seguido de cultivo de milho para grãos apresentaram maior qualidade estrutural, comparado ao manejo do solo com sistema de plantio convencional devido as frequentes intervenções por revolvimento do solo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. C. **Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo: efeito nas propriedades físicas e químicas.** Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

AMADO, T. J. C. et al. Qualidade do solo avaliada pelo “Soil Quality Kit Test” em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** v. 31, p. 109-121, 2007.

ARAÚJO E. A., et al. **Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação.** Applied Research & Agrotechnology 5:187-206. 2012.

ATLAS SOCIOECONOMICO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de planejamento, governança e gestão. Porto Alegre. 6ª edição. 2021. Disponível em: < https://issuu.com/spgrs/docs/atlas_socioeconomico_do_rio_grande_do_sul> Acessado em 22 de novembro de 2022.

BALL, B. C.; BATEY, T.; MUNKHOLM, L. J. Field assessment of soil structural. Quality: a development of the Peerlkamp test. **Soil Use and Management**, v. 23, p. 329-337, 2007.

BAYER, C., et. al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39: 677-683, 2004.

BRAIDA, J. A.; et al. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: Klauberg Filho O. **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2011. p. 221-278.

DRESCHER, M.S., et al. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1713-1722, 2011. DOI: 10.1590/S0100-06832011000500026.

DRESCHER, M. S., et al. Duração das alterações em propriedades físico-hídricas de Latossoloargiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.51, n.2, p.159-168, fev. 2016

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; FAGANELLO, A. 15 de abril dia nacional da conservação do solo: a agricultura desenvolvida no Brasil é conservacionista ou não? **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.10-15, 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013. 353p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: um sistema computacional de análise estatística**. Dezembro, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>> Acessado em 15 de novembro de 2022.

GIAROLA, N. F. B. et al. Método de avaliação visual da qualidade da estrutura aplicado a Latossolo Vermelho Distroférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2531-2534, nov. 2009.

GOMES, A. S. et al. **Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de várzea do Rio Grande do Sul**. Embrapa Clima Temperado, Documento 169, Pelotas, 40 p. 2006.

KLEIN, V.A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T. Indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico típico sob plantio direto escarificado. **Ciência Rural**, v.39, p.2475-2481, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009005000225.

LAL, R. & STEWART, BA. **Degradação do solo**. Adv. Soil Sci., 11: 1990. p.1-345.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W. et al. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Soil Science Society of America/ American Society of Agronomy, Madison. p.37-51. 1994.

MACHADO, J. S. **Efeito do sistema de uso da terra sobre a qualidade estrutural do solo avaliada pelo método DRES**. Cachoeira do Sul. 2021.

MUELLER, L.; et al. **Visual assessment of soil structure: Evaluation of methodologies on sites in Canada, China and Germany**: Part I: Comparing visual methods and linking them with soil physical data and grain yield of cereals. Soil & Tillage Research, v. 103, p.178-187, 2009.

NIERO, L. A. et al. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1271-1282, 2010.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 442p.

OLIVEIRA, D. M. S.; LIMA, R. P.; VERBURG, E. E. J. Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquido suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, 2015.v.19, n.3, 280 p.

RALISCH, R.; et al. **Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo - DRES**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 64p (Embrapa Soja. Documentos, 390).

RABUSCKE, C. M. **Diagnóstico rápido da estrutura do solo - DRES como indicador de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso e manejo.** Santa Cruz do Sul. 2019. 21 p.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S. & REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos de Ciência do Solo**, 5:49-134, 2007.

SANTOS, H. G., et. al. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos.** 5 ed. Brasília- DF. EMBRAPA, 2018.

SCOPEL, E. et al. Impactos do sistema de plantio direto com cobertura vegetal (spdcv) sobre a dinâmica da água, do nitrogênio mineral e do carbono do solo do cerrado brasileiro. **Cadernos de Ciência e Tecnologia.** v. 22, n. 01, p. 169-183, 2005.

SILVA R.F., ET AL. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira** 2006;41:697-704. Disponível em: <doi.org/10.1590/S0100-204X2006000400022> Acessado em 17 de novembro de 2022.

SOUZA, Z.M. & ALVES, M.C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola.** Amb., 7:18-23, 2003a.

SHEPHERD, T. G. **Visual Soil Assessment: Volume 1.** Field Guide for Pastoral Grazing and Cropping on Flat to Rolling Country. 2 ed. 119 p. 2000.

SILVA, M. B.; et al. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.12, p.1755-1761, dez. 2007.

SUZUKI, L.E.A.S.; et al. Estimativa da susceptibilidade à compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.963-973, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000300006.

TAVARES FILHO, J. & TESSIER, D. Effects of different management systems on porosity of oxisols in Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:899-906, 2010.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. **Organic matter and waterstable aggregates in soil.** J Soil Sci. 1982; 33:141-163. Disponível em: <doi.org/10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x>

VIAUD V, et al. Landscape-scale analysis of cropping system effects on soil quality in a context of crop-livestock farming. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 265:166-177. 2018.

VIZIOLI, B. **Qualidade física e carbono orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de preparo a longo prazo nos Campos Gerais- PR.** / Bruno Vizioli. Tese (doutorado)- Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018. 10f.;il., grafs., tabs.