UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

MAIZA DIEL BATISTA

USO DO DRES E VESS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO EM ÁREA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS

CERRO LARGO
2025

MAIZA DIEL BATISTA

USO DO DRES E VESS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO EM ÁREA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Batista, Maiza Diel
USO DO DRES E VESS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO EM ÁREA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS / Maiza Diel Batista. -- 2025.
56 f.

Orientador: Douglas Rodrigo Kaiser

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2025.

I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

MAIZA DIEL BATISTA

USO DO DRES E VESS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO EM ÁREA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 17/11/2025.

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
DOUGLAS RODRIGO KAISER
Data: 11/12/2025 10:07:15-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS
Orientador

gov.br Documento assinado digitalmente
JORDANA CAROLINE NAGEL
Data: 12/12/2025 15:10:30-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr.a Jordana Caroline Nagel– URI
Avaliador

gov.br Documento assinado digitalmente
RENAN COSTA BEBER VIEIRA
Data: 12/12/2025 15:36:29-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira– UFFS
Avaliador

Dedico este trabalho aos meus pais, Adriano e Maria Noeli, dois trabalhadores incansáveis, que mesmo sem estudos nunca mediram esforços para que eu pudesse trilhar esse caminho. Está conquista é de vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida.

A Nossa Senhora pela bençãos.

Ao meu orientador, Prof. Douglas Rodrigo Kaiser, por sua orientação neste trabalho. Obrigada, pela paciência e disponibilidade de sempre, sua orientação foi muito importante para meu desenvolvimento durante essa etapa. Levo comigo todos os conselhos.

A banca examinadora pelas contribuições e disponibilidade.

A UFFS, pela oportunidade e pelo ensino de qualidade gratuito.

A meu pai Adriano, mãe Noeli por me ensinar os verdadeiros valores da vida e meus irmãos Júnior, Jardel, Josiel e Maria, obrigada pela força diária vocês são minha inspiração.

Ao meu namorado e companheiro Thales, pelo incentivo e suporte nos dias difíceis, tu fez essa fase da minha vida ser mais leve.

A minha vó que todos os domingos na hora de voltar me abençoa.

Aos meus amigos que fizeram com que essa fase fosse mais leve e divertida. em especial minha amiga Juliana pela parceira.

Aos demais não citados, mas que fizeram parte dessa etapa da minha vida, meu muito obrigada!!

RESUMO

A estrutura do solo pode ser entendida como o arranjo de partículas (areia, silte e argila) em um meio poroso com atividade biológica, movimentação de água e ar e baixa resistência à penetração. O objetivo do presente trabalho foi correlacionar os índices do DRES e VESS, com os atributos físicos do solo em uma área de plantio direto de repolho. O experimento foi realizado na Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Cerro Largo, em cultivo de repolho sob coberturas de milheto, guandu, capim-sudão, feijão-de-porco e pousio. O delineamento utilizado foi o DBC, sendo em 4 repetições e 5 tratamentos, totalizando 20 unidades experimentais. A área total utilizada foi de 160m2. Foram realizadas avaliações visuais e análise da densidade, porosidade total, microporosidade, macro e grau de compactação do solo. As correlações de Pearson evidenciaram relação negativa significativa entre densidade (-0,37) e os índices de qualidade estrutural (-0,51), e relação positiva com as notas (0,57) e índice de qualidade do VESS (0,68), indicando que solos com menor densidade apresentaram melhor estrutura confirmando a sensibilidade desses métodos para avaliar a estrutura do solo. Observa- se que em áreas com cobertura de solo, apresentam uma melhor estrutura e menor desagregação, já o pousio apresenta maior grau de compactação e maior densidade, resultando em um solo desagregado.

Palavras-chave: DRES. VESS. Atributos físicos. SPDH.

ABSTRACT

Soil structure can be understood as the arrangement of particles (sand, silt, and clay) within a porous medium with biological activity, water and air movement, and low penetration resistance. The objective of the present study was to correlate the DRES and VESS indices with the soil physical attributes in a no-till cabbage cultivation area. The experiment was carried out at the Federal University of Fronteira Sul – Cerro Largo campus, in cabbage grown under millet, pigeon pea, sudangrass, jack bean, and fallow cover crops. The experimental design used was a Randomized Complete Block Design (RCBD), with 4 replications and 5 treatments, totaling 20 experimental units. The total area used was 160 m². Visual assessments were performed, along with analyses of soil density, total porosity, microporosity, macroporosity, and degree of soil compaction. Pearson correlations showed a significant negative relationship between density (-0.37) and the structural quality indices (-0.51), and a positive relationship with the scores (0.57) and the VESS quality index (0.68), indicating that soils with lower density presented better structure, confirming the sensitivity of these methods for evaluating soil structure. It was observed that areas with soil cover presented better structure and lower disaggregation, whereas the fallow treatment showed a higher degree of compaction and greater density, resulting in a more disaggregated soil.

Keywords: DRES. VESS. Physical attributes. SPDH.

SUMÁRIO

1.....introdução 9
2 OBJETIVOS 11
2.1 OBJETIVO GERAL 11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11
3 REVISÃO DE LITERATURA 12
3.1 Estrutura do solo e sua importância 12
3.2 DEGRADAÇÃO DO SOLO 13
3.3 COMPACTAÇÃO 14
3.4 EROSÃO 16
3.5 DENSIDADE DO SOLO 16
3.6 POROSIDADE DO SOLO 17
3.7 SISTEMAS DE MANEJO E QUALIDADE ESTRUTURAL 17
3.8 SISTEMA PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS (SPDH) 19
3.9 DRES 20
3.11 VESS 21
4 MATERIAL E MÉTODOS 23
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA 23
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL 24
4.3 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO SOLO 25
4.4 AVALIAÇÃO DO SOLO 28
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA 29
5.RESULTADOS E DISCUSSÕES 31
5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO 31
5.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO 42
6 CONSIDERAÇÕES 47
REFERÊNCIAS 48

1 INTRODUÇÃO

O solo é um sistema aberto e dinâmico, sendo um meio de desenvolvimento para plantas, disponibilidade de água e nutrientes para elas. Portanto, quando utilizados de forma inadequada pode ocasionar em perdas de produtividade e impactos ambientais, como a erosão. A avaliação da qualidade do solo compreende características físicas, químicas e biológicas (Moreira, Siqueira, 2006).

As principais formas de degradação dos solos ocorrem pela erosão e compactação do solo. A erosão é desencadeada principalmente pelas chuvas, manejo, condições do solo e relevo da área, tendo como consequências a diminuição na produtividade. No entanto, a compactação é causada pela falta de diversificação de culturas no sistema de produção e agravada pela pressão externa exercida no solo, principalmente pelo tráfego de máquinas agrícolas em solo com umidade elevada e consistência plástica.

Para o estado do Rio Grande do Sul é necessário um aporte anual de 10 a 12 Mg ha^{-1} de palhada, para a conservação do solo e manutenção da ciclagem de nutrientes. A palhada e as raízes diminuem o impacto da chuva, evitando o escoamento superficial, e aumenta a capacidade do solo de infiltrar e armazenar água em camadas mais profundas.

O sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH) surge como alternativa para melhoria da qualidade estrutural do solo. Distinto do preparo convencional caracterizado por revolvimento intenso do solo, o SPDH busca reduzir o revolvimento, manter a cobertura vegetal permanente e promover rotação de culturas. Essas práticas favorecem o desenvolvimento da macro e microporosidade, aumentam a estabilidade dos agregados e melhoram a infiltração de água.

A avaliação visual da estrutura do solo é considerada um método rápido e prático para analisar as condições físicas do solo e desenvolver um manejo adequado. Essa análise permite identificar a compactação, porosidade do solo, a infiltração de água, e problemas que faz com que influencie no desenvolvimento das culturas

Nesse contexto, métodos de avaliação estruturais vêm sendo amplamente utilizados para compreender o estado físico do solo de forma prática e eficiente. Entre esses métodos, destaca-se o Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES), ferramenta qualitativa que possibilita identificar limitações físicas a partir da análise visual e tátil dos agregados do solo. Sua aplicação em campo permite detectar

compactação, presença de atividade biológica, presença de poros e resistência dos agregados.

De forma complementar, o Visual Evaluation of Soil Structure (VESS) é outro método visual amplamente empregado. Ambos se baseiam na retirada de uma amostra de solo para avaliar sua estrutura, atribuindo notas que condizem às condições físicas e o grau de degradação desse solo. Por meio dessas avaliações, o agricultor pode obter um diagnóstico rápido, facilitando a tomada de decisão quanto às práticas de manejo conservacionistas

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência dos métodos semi qualitativos e visuais (DRES e VESS), na avaliação da qualidade estrutural do solo em SPDH.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a eficiência das plantas de serviço na qualidade estrutural do solo.
- Avaliar a densidade e porosidade do solo e correlacionar os índices obtidos com o DRES e VESS.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ESTRUTURA DO SOLO E SUA IMPORTÂNCIA

O solo é caracterizado por ser um meio poroso e com atividade biológica ativa (Santos; Reichert, 2007). Além de que, o solo é um recurso natural resultado do intemperismo de rochas através da ação de fatores como o clima, relevo, material de origem, organismos vivos e tempo (Streck et al.,2018).

O sistema produtivo é formado pelos fatores: clima, planta e solo. O clima tem influência na temperatura do ar, fotossíntese e pelas precipitações, a planta é condicionada pelo vigor, tolerância e estresse, genética e adaptação. E o solo tem relação com a fertilidade, incluindo na mesma o pH do solo, matéria orgânica, nutrientes, entre outros. Esse sistema como um todo é responsável pela germinação até a maturação da planta. A produtividade de grãos pode ser entendida pelos atributos químicos, físicos e biológicos, constituintes da qualidade do solo (Santi et al. 2012).

A estrutura do solo é a maneira como as estruturas minerais (areia, silte e argila) orgânicas estão distribuídas no solo (Dexter, 1988). Já os agregados fazem parte da estrutura básica de construção de um solo, se tornando então o fator principal da interação entre raízes, microorganismos, matéria orgânica, minerais e cátions (Vezzani I; Mielniczuk, 2011).

Os agregados são as unidades estruturais do solo e apresentam também os macros e microporos (Capeche, 2008). Os processos e formação dos agregados são formados por duas fases: sendo a primeira fase a atração eletrostática, ou seja, a aproximação das partículas, a ação mecânica das raízes e hifas pelo conteúdo de água, através dos períodos de umidade e secagem, (Bochner et al.,2008). Já a segunda fase refere-se à consolidação da união das partículas, obtida pela ação dos agentes cimentantes, como por exemplo, os exsudatos liberados pelas raízes e polímeros liberados pela matéria orgânica, que agem através dos cátions polivalentes (Castro Filho; Muzilli ;Podanoschi, 1998).

Quando os agregados se agrupam de forma estrutural estabelecida permite a classificação da estrutura do solo quanto a tamanho, forma e grau de desenvolvimento. Um fator importante que afeta diretamente o tamanho da estrutura,

principalmente nas camadas superficiais do solo, é o tipo de manejo implantado. A forma é definida pela força de coesão de partículas minerais e orgânicas (Campeche, 2008).

Quanto à estrutura do solo, pode-se classificar como laminar, prismática, blocos e granular. A estrutura laminar corresponde a forma que a dimensão horizontal é maior que a vertical, tendo a frequência maior em horizontes superficiais, a ocorrência dessa forma tem relação com processos pedogenéticos ou também pela compactação em solos com manejo ruim (Campeche, 2008).

A estrutura prismática tem dimensão vertical maior que a horizontal, são encontradas em horizontes subsuperficiais, com alta concentração de argila e em processos de molhamento e secagem em certos períodos do ano (Campeche, 2008). A estrutura em blocos, possui três dimensões com tamanhos parecidos sendo dividida em angular subangular.

Já a estrutura granular, é a mais recorrente a ser encontrada em horizontes superficiais, possui três dimensões parecidas e superfícies arredondadas, tem relação com a atividade biológica e presença de matéria orgânica (Buckman, 1967).

A estrutura do solo em um geral, não é considerada um fator direto do crescimento de plantas. Entretanto, possui fatores que têm relação indireta que atua sobre. Afeta a penetração das raízes no solo, a retenção de água, aeração, disponibilidade de água e atividade biológica (Reinert; Reichert, 2006.

3.2 DEGRADAÇÃO DO SOLO

A qualidade do solo é referente a capacidade de funcionamento respeitando os limites do sistema, sustentando o rendimento biológico, mantendo a qualidade do meio e promovendo a saúde das plantas (Doran; Parkin, 1994; Singer; Ewing, 2000).

A degradação ocorre por ação natural ou antrópica, que se intensifica com a ação do homem através do manejo, diminuindo a qualidade do solo e interferindo na produtividade total. A erosão hídrica e eólica são mais frequentes entre os tipos de degradação, isso por conta da falta da cobertura vegetal e baixa drenagem do solo (Oliveira et al,. 2008).

A desagregação do solo inclui processos complexos como a erosão, tanto causada pela chuva ou pelo vento (Fullene Catt, 2004). O principal sintoma da agregação é a redução da estabilidade desses agregados, a elevação da erosão causada pela água e a diminuição da produtividade da cultura (Gaertner et al., 2006).

3.3 COMPACTAÇÃO

A compactação é um problema antigo que se intensificou com a modernização da agricultura, principalmente com o uso de máquinas que estão cada vez maiores e mais pesadas, o estudo da compactação dos solos é complexo tal qual como os solos (Braida; 2004 Silva et al., 2006b, c). O tráfego excessivo e sem controle é um dos principais responsáveis pela compactação ocasionada por força mecânica, tanto pelo excesso de quanto pelo tráfego de tratores na área (Beltrame & Taylor, 1980 a).

A compactação tem como definição a diminuição do volume do solo, ocasionada por uma compressão, fazendo com que as partículas se agrupam e reduz a porosidade do solo, já o adensamento é uma redução da porosidade de forma natural, e por consequência aumenta a densidade das camadas (Curi et al. 1993).

A textura do solo também tem importância no processo de compactação. O solo também pode se tornar adensado naturalmente, pela composição textural. Segundo Denardin (2001), o calcário aplicado na superfície do solo pode atuar na dispersão em microagregados ou em partículas menores.

Sobre os distúrbios causados pela compactação sobre os atributos físicos do solo, Reichert et al. (2003) pondera do seguinte modo:

> Com a compactação há um aumento da densidade e da resistência do solo, redução da porosidade, principalmente macroporosidade ou porosidade de aeração (poros maiores que 50 mm), além de afetar diversos de seus atributos como a condutividade hidráulica, permeabilidade, infiltração de água e outras características ligadas à porosidade do solo. Essas alterações físicas, provocadas pela compactação, afetam o fluxo ou a concentração de água, oxigênio, dióxido de carbono, nutrientes e temperatura, que podem limitar o crescimento e desenvolvimento das plantas e causar problemas.

A mecanização facilitou o trabalho, mas trouxe a compactação, principalmente a superficial, porém com os arados essa compactação superficial foi desfeita (Stone & Silva, 1999). Na Superfície do solo o principal problema que ocorre é a erosão, por conta que o solo fica desprotegido principalmente da gota de chuva.

A profundidade de compactação é variada conforme a máquina e seu rodado, condições que o solo apresenta, quantidade que o solo é trafegado, tipo de manejo entre outros.

A presença de palha na superfície pode dissipar a energia de compactação pelo tráfego de máquinas (Braida et al., 2006).

Contudo, o solo compactado está mais suscetível à erosão por reduzir a infiltração de água e aumentar o escoamento superficial (Lier, 2019). Principalmente na região Sul do Brasil, a compactação é devida o uso intensivo do solo ao longo do ano e pouca diversificação de culturas. Portanto, se tem a diminuição da qualidade química e física do solo que acarreta perdas de produtividade na cultura (Pellegrini; Meinerz; Kaiser, 2016).

A retenção de água é menor em solos compactados, solos com macroporos menores que 0,1 m^3m^{-3} na maioria das vezes são compactados (Lier, 2020). Já em relação à textura, solos mais argilosos são mais sujeitos a compactação do que solos mais arenosos.

A compactação do solo limita o crescimento e desenvolvimento das plantas por meio da alteração da fertilidade física. É recorrente com uma maior intensidade em solos de textura argilosa como por exemplo nos Latossolos Vermelho, presente na região das Missões no Rio Grande do Sul (Reichert; Reinert; Braida, 2003; Bonini et al., 2011).

Segundo os pesquisadores Camargo e Alleoni (2006), alguns sintomas de compactação do solo aparecem nas plantas como no solo. Entretanto, é necessário a atenção ao observar tais sintomas causados pela compactação para não os confundir aos promovidos por nematoides, deficiência de nutrientes, fatores climáticos, entre outros.

De acordo com Alleoni e Camargo (2006), é possível observar alguns sintomas característicos de um solo compactado, como formação de crostas na camada superficial do solo, erosão causada pelas chuvas, camadas compactadas na superfície, resíduos de produtos incorporados, rachaduras nas marcas de rodas de trator, aumento da potência das máquinas e acúmulo de água na superfície.

3.4 EROSÃO

A erosão é um processo natural que ocorre um desgaste de rocha e de solo, que ocorre lentamente, intensificada pelo homem pelo manejo incorreto do solo. A erosão hídrica do solo em influência pela chuva, relevo, cobertura de solo, práticas conservacionistas e tipo de solo Pissarra et al, (2005).

A intervenção do homem acelera o processo erosivo do solo, por conta da ocupação e uso excessivo e intensivo do solo, revolvimento da camada superficial, formando sulcos, quando o escoamento da água é intenso (Endres et al., 2006).

A cobertura superficial espalha a chuva em partes, protegendo a superfície do solo do selamento, portanto, aumenta a infiltração e reduz o escoamento superficial e evita a erosão hídrica do solo (Duley, 1939; Castro et al., 2006).

Os atributos do solo podem ter melhorias quando há produção de raízes e culturas que fornecem o aporte de palhada ideal. Segundo Salton e Thomazi (2014), as plantas de cobertura são essenciais para a proteção do solo. Elas contribuem para diminuir a erosão, perda de água por evaporação, amplitude térmica do solo e ciclagem de nutrientes.

Segundo Almeida *et al*. (2016), o sistema conservacionista, diferente do convencional, ajuda na conservação da estrutura do solo, minimizando a energia cinética por meio da cobertura vegetal. Os danos originados pela erosão podem ser do seu local de origem, prejudicando a produtividade da cultura, mas também, fora do local de origem que acomete os cursos de água.

3.5 DENSIDADE DO SOLO

A densidade do solo (Ds) é uma das formas mais seguras de avaliar a compactação do solo, pois não exige fatores como infiltração da umidade. A densidade do solo demonstra a relação entre a quantidade de massa de solo seco e o volume do solo (Pereira et al., 2013). A Ds não é considerada uma propriedade física, e não depende necessariamente dos processos pedogenéticos em ambientes sem cultivo (Reinert et al., (2008).

A densidade e porosidade são inversamente proporcionais, e está relacionada com a compactação e consequentemente, com a estruturação do solo.

A densidade do solo crítica é depende, sobretudo, da classe textural do solo e do manejo adotado; para exemplificar, Reichert et al. (2003) indicaram a Ds limite de 1,30 a 1,40 Mg m^{-3} para solos argilosos; de 1,40 a 1,50 Mg m^{-3} para solos franco argilosos; e 1,70 a 1,80 Mg m^{-3} para solos franco-arenosos. A partir destes limites, é possível observar os efeitos na queda de produtividade.

3.6 POROSIDADE DO SOLO

A porosidade do solo faz referência ao espaço usado por água e ar, exerce papel essencial no comportamento físico-hídrico do solo, como: a aeração, condução, retenção de água e penetração das raízes (Pereira et al., 2013). Quando favoráveis, esses fatores favorecem o aproveitamento dos nutrientes presentes no solo. Considera-se 30% de porosidade total como limite mínimo aceitável (Casão Júnior *et al*., 2006).

Os microporos são responsáveis pela retenção de água contra gravidade, após saturados, já os macroporos realizam a drenagem e a aeração do solo, além de serem indicadores da estruturação do solo (Pereira et al., 2013).

Os valores de macroporosidade irão depender da cimentação entre os agregados do solo, entretanto, permite-se afirmar que níveis entre 0,05 e 0,10 m^3 (Tormena; Silva; Libardi, 1998).

3.7 SISTEMAS DE MANEJO E QUALIDADE ESTRUTURAL

O manejo do solo afeta diretamente a organização das partículas com a porosidade, sendo que os poros no solo têm função de determinar os fluxos a retenção de água, ar e a atividade biológica.

Segundo Petrere et al. (2010), um manejo do solo para ser considerado bom, necessita que tenha uma boa produtividade no presente e que, permite também a estabilidade de sua fertilidade, garantindo uma produção considerável no futuro.

O preparo físico de um solo é tido por 2 principais sistemas, sendo eles: o plantio direto e o sistema convencional.

O Sistema Plantio Direto foi desenvolvido pela necessidade de recuperar os solos degradados e compactados e segurar os processos de erosão, aumentar a capacidade de armazenamento de água e reduzir o escoamento superficial (Cogo; Moldenhauer Foster, 1984).

Com a expansão do SPD é mais comum o uso de plantas de cobertura, antecedendo as culturas anuais. A seleção de plantas de cobertura leva em consideração parâmetros como a produção matéria seca, acúmulo de nutrientes entre eles C e N (Aita; Giacomini, 2006).

O manejo bem como, as práticas conservacionistas são essenciais para a conservação do solo e água. O SPD tem como característica principal a mobilização do solo na linha de semeadura, sem revolvimento do solo de forma intensificada, rotação de culturas e matéria orgânica permanente (Kochhann; Denardin, 2000).

O sistema conservacionista com cobertura do solo apresenta a vantagem como a diminuição da erosão; controle da temperatura o solo com o intuito de diminuir a amplitude térmica da superfície do solo; maior retenção e armazenamento de água; redução de plantas invasoras e menor evaporação da água do solo (Oliveira et al., 2015; Meneghette *et al*., 2019.

Em contrapartida, os obstáculos para a introdução do SPD no Brasil foram principalmente a falta de equipamentos e maquinários adequados para fazer a semeadura sem o revolvimento do solo (Andrade *et al*., 2018).

O sistema conservacionista compreende ações de preservar, manter e restaurar os recursos naturais. A preservação conceitua o resguardo dos recursos naturais, de forma direta, pela exploração do meio ou de forma indireta pelo resultado do impacto da exploração do sistema. A manutenção é referente a utilização dos recursos, fazendo a correção das deficiências. Restauração refere-se à recuperação dos recursos naturais do solo.

O Sistema de Plantio Convencional (SPC), consiste basicamente no revolvimento das camadas superficiais do solo, com o intuito de diminuir a compactação; aumenta o espaço poroso, aumenta a infiltração de água e armazenamentos de ar e água. O preparo desse sistema é mais invasivo e o solo ficar mais exposto, e promove a incorporação de plantas invasoras, como um método de controle de pragas e doenças (EMBRAPA 2022).

No âmbito de implementos agrícolas, o sistema convencional envolve a aração e uso de arado de disco e gradagem (Fontes *et al*., 2007).

Uma das principais vantagens desse método, é o rompimento de camadas compactadas do solo, pois ocorre a quebra dos torrões permitindo que a semente seja colocada com mais facilidade. De outra forma, as áreas com esse manejo, na maior parte, apresentam condições piores, por conta do revolvimento intensivo do solo (Alcantara; Madeira. 2008).

3.8 SISTEMA PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS (SPDH)

O SPDH é uma opção para um manejo sustentável na produção de hortaliças, levando em consideração a conservação da água e do solo (Roters, 2020). Segundo Lima e Madeira (2013).

> O Sistema de Plantio Direto em Hortaliças (SPDH) segue três princípios básicos: o revolvimento localizado do solo, restrito às covas ou sulcos de plantio; a diversificação de espécies pela rotação de culturas, com a inclusão de plantas de cobertura para produção de palhada; e a cobertura permanente do solo.

As hortaliças são pouco competitivas por água, luz, espaço e nutrientes, fazendo com que o SPDH seja um desafio, tendo em vista que estas plantas são sensíveis à interação com plantas invasoras (Vilanova, 2011).

Esse sistema mostra vantagens para a produção de hortaliças como por exemplo a redução da temperatura do solo, a diminuição de processos erosivos (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2019), aumento da eficiência do uso de água e energia, a diminuição da mecanização, aumento dos teores da MO, redução das plantas daninhas, aumento na diversidade da biota do solo, redução da dispersão das doenças no solo e regulação da temperatura do solo (Alcântara; Madeira, 2008).

Como desvantagem desse sistema tem relação ao clima da região, como por exemplo, em regiões com mais umidade o sistema pode favorecer o desenvolvimento de patógenos que sobrevivem na palhada, aumento da população de cupins e compactação do solo (Alcântara; Madeira, 2008).

O SPDH tem como característica alto potencial de sequestro de carbono, isso faz com que aumente o estoque de nutrientes no solo e consequentemente diminuir os gases do efeito estufa, da mesma maneira do sistema plantio direto de produção de grãos. O acentuo do estoque de carbono do solo estimula o crescimento de

microrganismos benéficos, os mesmos agem na mineração de nutrientes como o nitrogênio e fósforo (Lima; Madeira, 2013).

3.9 DRES

O método DRES, demonstra de forma simples, direta, visual e efetiva o que causa no solo as práticas de manejo na qualidade estrutural. Esse método é baseado na metodologia de coleta de solo manipulação de amostras no VESS, tentando facilitar o uso, proposto por Tavares Filho et al. (1999).

A metodologia do DRES envolve abrir uma trincheira pequena e a retirada de uma fração de solo, com o auxílio de uma pá reta em uma profundidade de 25 cm, o solo precisa estar ligeiramente friável. Se analisa na amostra a cor, agregados, tamanho, ausência ou presença de raízes, atividade biológica e estrutura.

As notas obtidas da qualidade estrutural de cada camada (QEc), são dadas por dois critérios: 1) Presença de atividade biológica e raízes, agregados com tamanho de 1 a 4 cm em formato arredondado, isso, evidencia a conservação do solo. Para evidenciar a desagregação do solo, se tem a presença de terra solta, baixa atividade biológica ativa pouca presença de raízes, agregados com mais de 7 cm e formado plano, liso e com poucos poros visíveis. E 2) Proporção de diferentes tamanhos de agregados obtidos na manipulação do solo. A atribuição da nota da qualidade QEc é obtida através de uma tabela (Ralisch et al., 2017).

Em resumo, os agregados maiores que 7 cm de diâmetro têm efeito negativo no perfil do solo, em razão do armazenamento de água e de poros. Agregados de 1 a 4 cm tem relação com a física do solo. Estruturas com tamanho de 1 cm ou menos é associada a erosão e à compactação na superfície do solo, implicando na diminuição do QEc mostrando que a área é submetida ao uso intensivo do solo. Atribui-se a nota de 1 a 6, onde 6 indica melhor condição da estrutura do solo e 1 apresenta um solo totalmente degradado.

A época de avaliação tem influência no resultado, pois o manejo do solo, o estádio de desenvolvimento das culturas são fatores que interferem na atribuição da nota. A umidade do solo também é um fator importante considerar, o teor de água pode facilitar ou dificultar a manipulação da amostra desejada, por conta disso, a importância do solo estar ligeiramente friável.

A metodologia do método DRES também auxilia na interpretação dos resultados obtidos, trazendo recomendações e indicações à partir do que é obtido nas notas. Ralisch et. al. 2017 sugere algumas estratégias de manejo que auxiliam na recuperação de áreas: Diminuir pressões sobre o solo, racionalizando as operações agrícolas, reduzindo o tráfego de máquinas e adequando seus rodados e as velocidades de operação; Aumentar o enraizamento e a atividade biológica, utilizando sistemas de rotação de culturas que alterem e/ou associam 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.

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

Diferente do método VESS, o DRES leva em consideração, além das evidências de compactação normalmente observadas, considera também outros efeitos desse processo de degradação, como a dominância de estruturas desagregadas, relacionadas à erosão e a compactação do solo, como qual os indícios de recuperação da estrutura do solo. Tem evidências em que a formulação dos conceitos do DRES se originou nos padrões de qualidade estrutural apurados pelo número significativo de avaliações feitas com a metodologia do Perfil Cultural (TAVARES FILHO et al., 1999).

3.11 VESS

A Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS) proposto por BALL et al., (2007), é um dos principais métodos usados para a avaliação estrutural. Nesse método é obtido uma pontuação obtida visualmente (Sq- índice de qualidade do solo), é tida em relação às características morfológicas do solo, com a retirada de uma fatia de 25 cm de profundidade.

A profundidade de 25 cm é utilizada no VESS por representar o horizonte de maior influência do manejo agrícola, onde ocorrem compactação, ação de raízes e intensa atividade biológica. Essa camada coincide, em geral, com o horizonte A, que é mais sensível às alterações estruturais.

O Sq varia de 1(boa qualidade estrutural do solo) a 5 (ruim qualidade do solo). O método é interativo (GUIMARÃES et al., 2017b), pode ser adaptado a diferentes condições de clima e solo (GUIMARÃES et al., 2013; FRANCO et al., 2019). É necessária uma padronização de conhecimento antecedente como o tipo de solo por exemplo, cuidados durante a retirada da amostra (GUIMARÃES et al., 2011).

As pontuações tidas através do VESS correlacionam-se bem com as propriedades físicas do solo (Giarola et al., 2013; Guimarães et al., 2013; Castioni et al. , 2018; Tuchtenhagen et al ., 2018; Cornelis et al., 2019; Mutuku et al., 2021), teor de carbono e nitrogênio do solo (Cui et al., 2014), indicadores de fauna do solo (Franco et al., 2017) e rendimento das culturas (Emmet-Booth et al., 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul - campus Cerro Largo, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 28º08’28” Sul, longitude 54º45’38” Oeste e altitude de aproximadamente 257 metros em relação ao nível do mar (GOOGLE EARTH, 2025). O clima da região é classificado como Cfa, ou seja, clima subtropical, segundo a classificação de Köppen (1931).

A área é de sucessão de SPDH, onde foi sendo avaliada há 5 anos o cultivo de repolho na área, e nesse ano foi realizada a avaliação visual da estrutura do solo, para se observar como está a estrutura e agregação do solo. Nos anos de 2022 - 2024, os tratamentos de feijão de porco obtiveram maior produtividade e o tratamento pousio obteve menores produtividades avaliadas em trabalhos anteriores.

O tratamento com feijão-de-porco, promove uma completa cobertura de solo, controlando a proliferação de plantas invasoras e o seu manejo, já na floração incorpora ao solo, grandes quantidades de matéria orgânica e de nutrientes, mantendo e/ou elevando as propriedades físicas e químicas do solo, ou seja aumenta a fertilidade (EMBRAPA, 2000).

Áreas descobertas sofrem maior perda de matéria orgânica, redução da agregação, aumento da compactação superficial e maior suscetibilidade à erosão, comprometendo a infiltração e o desenvolvimento radicular, afetando na estrutura. (EMBRAPA, 2011).

Figura 1 - Área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul



Fonte: Google Earth (2025).

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso (DBC) não fatorial, sendo 4 repetições e 5 tratamentos, totalizando 20 unidades experimentais (Figura 2), cada unidade possui 8m² (4 X 2m). A área total utilizada pelos tratamentos foi de 160 m², as unidades experimentais possuem 1 m de distância entre as parcelas para permitir o manejo da cultura.

Figura 2 - Croqui do experimento na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Cerro Largo, 2025.

MILHETO	F.PORCO	GUANDU	POUSIO
GUANDU	MILHETO	POUSIO	C.SUDÃO
F.PORCO	GUANDU	C.SUDÃO	MILHETO
C.SUDÃO	POUSIO	MILHETO	F.PORCO
POUSIO	C.SUDÃO	F.PORCO	GUANDU

Fonte: elaborado pela autora (2025).

4.3 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO SOLO

O trabalho consistiu na realização do Diagnóstico Rápido de Estrutura do Solo (DRES) e VESS em área de hortaliças, com cultivo de repolho.

Para a coleta das amostras se utiliza os seguintes materiais: Pá de corte, bandeja plástica (25 cm de largura x 50 cm de comprimento x 15 cm de altura), canivete, régua de 30 cm (Figura 3).

As avaliações foram realizadas no dia 28 de Agosto, seguindo a metodologia do Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo– DRES (RALISCH et al., 2017). A metodologia consiste em coletar uma amostra com estrutura preservada na camada de 0 a 25 cm de profundidade.

A coleta da amostra mediante a retirada do bloco de solo é uma execução crítica, pois é necessário manter o bloco inteiro, preservando-se a estrutura o mais próximo da condição original do solo a campo, por esse motivo foi realizado com cuidado.

Para a coleta foi aberto uma mini trincheira, em um espaço de cerca de 1 m da linha para manejo, retirada uma fatia de solo com a pá de corte, e posto em uma bandeja adequada.

Figura 3 - Materiais utilizados para coleta das amostras.



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Após a coleta, as amostras são abertas com cuidado para o rompimento dos agregados, nos pontos de fraqueza natural, sem interferir nos resultados. Após a manipulação das amostras identifica cada camada homogênea da fatia retirada. Em cada camada é visto a medição da espessura e atribuída uma nota de 1 a 6 para a qualidade estrutural da camada (Qec), através de uma tabela de atribuição de notas.

Figura 4 - Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo



Fonte: EMBRAPA

Após a atribuição de notas de cada camada homogênea, em cada camada executa-se a medição da espessura e atribuição de notas de qualidade estrutural. A partir das Qec de cada camada é determinado o Índice de Qualidade Estrutural do Solo Avaliada (IQEA), por meio da equação:

IQEA = [(Ec1 * Qec1) + (Ec2 * Qec2) + (Ec3*Qec3)] / Etotal

Em que:

EtotalIQEA: índice de qualidade estrutural do solo da amostra

Ec: espessura da camada em centímetros

Qec: nota de qualidade estrutural de cada camada

Etotal: espessura ou profundidade total da amostra.

O IQEA é definido pela média das notas atribuídas a cada camada, ponderada pela espessura das mesmas. Com o resultado do IQEA de cada amostra retirada foi realizado o Índice de Qualidade Estrutural do Solo (IQES), por meio da equação:

IQES = (IQEA1 + IQEA2 + ... + IQEAn) / n

Em que:

IQES: índice de qualidade estrutural do solo na gleba avaliada

n: número total de amostras.

Com a mesma amostra retirada de cada repetição, foi identificada a nota pela Avaliação Visual da Estrutura do solo (VESS), onde as notas variam de 1 a 5, sendo 1 solo friável e 5 solo muito compactado.

Figura 5- Tabela para atribuição de notas do VESS



Fonte: UEM

4.4 AVALIAÇÃO DO SOLO

Para entender os atributos físicos do solo, foram avaliados os parâmetros de densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), microporosidade (MI), macroporosidade (MA) e grau de compactação (GC).

Seguindo as metodologias de Embrapa et al. (2015), no dia 28 de agosto de 2025, foram retiradas amostras de solo com estrutura preservada. Foram coletadas amostras com o auxílio de anéis metálicos de volume conhecido em 2 profundidades (0-10 e 10-20), totalizando 40 amostras. Posteriormente, as amostras foram colocadas em potes plásticos e encaminhadas para o laboratório de Física do solo, campus-Cerro largo.

Figura 5 - Materiais utilizados para coleta das amostras

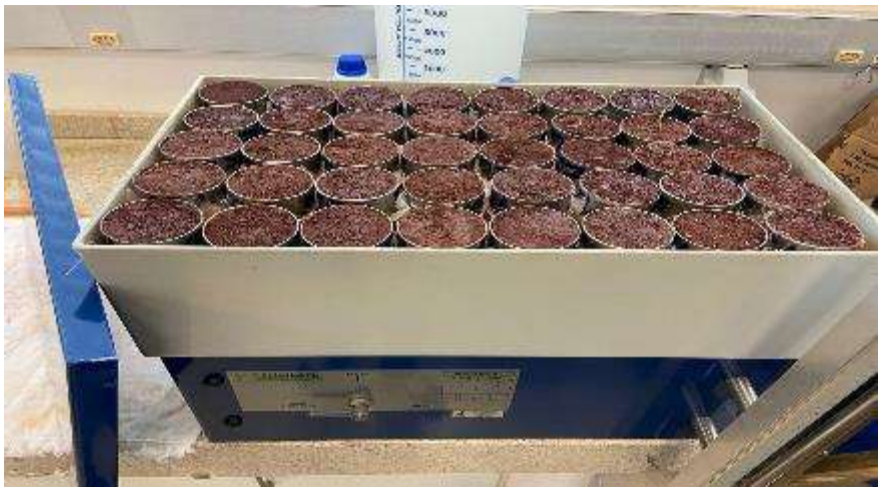


Fonte: elaborado pela autora (2025).

Após, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Física e Pedologia do Solo e seguiram as análises físicas do método do anel volumétrico e o método da mesa de tensão (Figura 6). As amostras preparadas foram colocadas em bandejas com uma lâmina de água por 24 horas até atingir o ponto de saturação, após, pesou-se os anéis e anotou os valores, posteriormente, as amostras foram para a mesa de tensão e permaneceram 48 horas, foram retiradas e pesadas novamente. Após foram encaminhadas para a estufa a 105 C até atingir um peso constante para obter a microporosidade (MI).

A densidade do solo (Ds), foi obtida através da relação do solo seco com o volume conhecido. A porosidade foi calculada através da densidade de partículas. E para obter o grau de compactação, utilizou-se valores de Densidade e a densidade máxima que o solo pode atingir.

Figura 6 - Método da Mesa de Tensão, no Laboratório de Física e Pedologia do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul- campus Cerro Largo, 2025.



Fonte: elaborada pela autora (2025).

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados

com o auxílio do software SAS. Também foi avaliado através da correlação de Pearson o índice de qualidade estrutural e as notas de cada camada e a densidade, porosidade e grau de compactação.

5.RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO

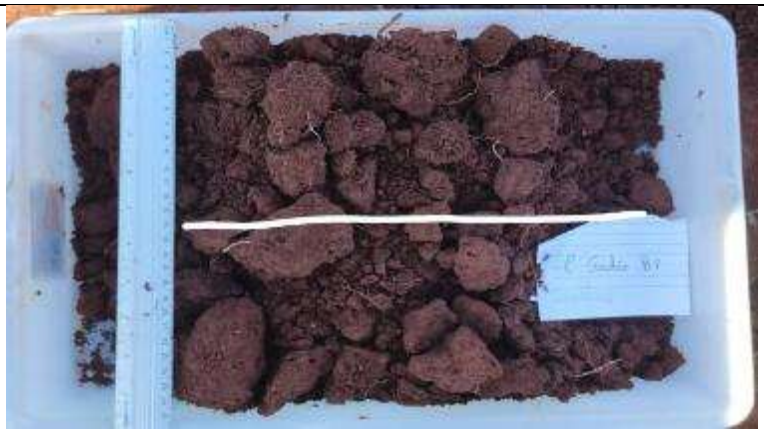
Cada camada foi avaliada conforme a descrição dada em cada método de avaliação utilizado e conforme a homogeneidade da amostra.

Na tabela 1, se observa a diferença entre cada camada analisadas no bloco 1, com as notas atribuídas pelo DRES e pelo VESS.

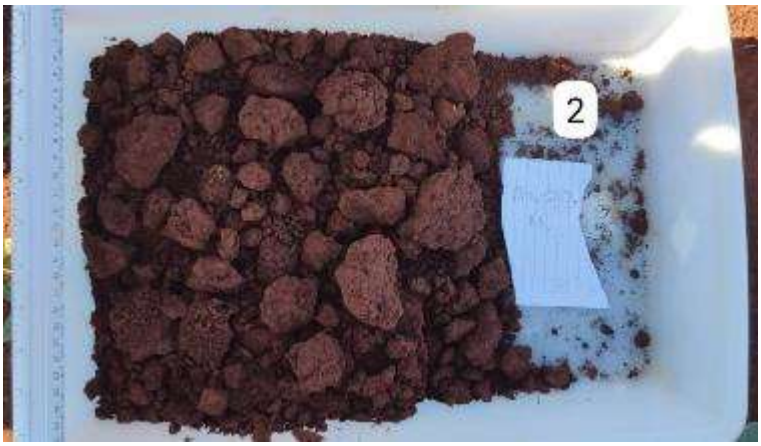
As imagens mostram diferenças visuais de estrutura, como a presença de agregados maiores e agregados mais estáveis, o que resulta em nota baixa no VESS. Já o DRES, apresentou notas medias entre 4,5 e 5,5 indicando uma estrutura moderada, porem com sinais de compactação em algumas amostras.

Os tratamentos feijão de porco e capim sudão apresentam melhores notas por camada, os tratamentos milheto e guandu obtiveram notas medianas e o pousio obteve notas que detectaram compactação.

Tabela 1- Amostras do bloco 1 com as atribuições de notas do DRES e VESS.

BLOCO 1 CAPIM SUDÃO	DRES	VESS
	5 5,5	2 1,5

F.PORCO 	5,5 5	1,5 2
GUANDU 	4,5	2
MILHETO 	4,5 5	2 2,5

POUSIO 	2	3

Fonte: elaborado pela autora, (2025).

Na tabela 2, observa- se que os tratamentos de feijão de porco, milheto e guandu obtiveram maiores notas no DRES e menores no VESS, indicando melhor estrutura e menor compactação, Já o pousio apresentou notas menor no DRES e maiores no VESS, refletindo um uma estrutura mais fragmentada.

Tabela 2 – Amostras do bloco 2 com as atribuições de notas do DRES e VESS.

BLOCO 2	DRES	VESS
FEIJÃO DE PORCO 	5 4	1,5 2

MILHETO 	5 4,5	1,5 2
GUANDU 	4,5	2
CAPIM SUDÃO 	5 4,5	2 2,5

POUSIO 	3 2,5	3 3,5

Fonte: elaborado pela autora, (2025).

Na tabela 3, observou-se que o tratamento milheto e capim sudão apresentou as maiores notas no DRES (4e 5,5) e menores no VESS (1,5 a 2,5), indicando agregados estáveis e menor compactação. O feijão de porco e guandu tiveram notas estáveis e o pousio obteve notas menores no DRES e VESS igual a 3, evidenciando solo compactado.

Tabela 3 - Amostras do bloco 1 com as atribuições de notas do DRES e VESS.

BLOCO 3	DRES	VESS

FEIJÃO DE PORCO 	4,5 4	2 2,5
MILHETO 	5,5 4 5	1,5 2 2,5

CAPIMSUDÃO 	5 4	2 2,5
POUSIO 	3	3
GUANDU 	4 4,5	2 3

Fonte: elaborado pelo autor, (2025).

Tabela 4, observa-se que os tratamentos feijão de porco, capim sudão obtiveram notas entre (4 e 5) em diferentes camadas, ou seja, são solos menos compactados. Já os tratamentos guandu e milheto tiveram camada homogênea, com notas entre (4 e 4,5). O pousio, obteve nota igual (3), em ambos os métodos.

Tabela 4 - Amostras do bloco 4 com as atribuições de notas do DRES e VESS.

BLOCO 4	DRES	VESS
GUANDU 	4	2,5
FEIJÃO DE PORCO 	4 5	2,5 2

MILHETO 	4,5	2
CAPIM SUDÃO 	4 5	2,5 2
POUSIO 	3	3

Fonte: elaborado pela autora, (2025).

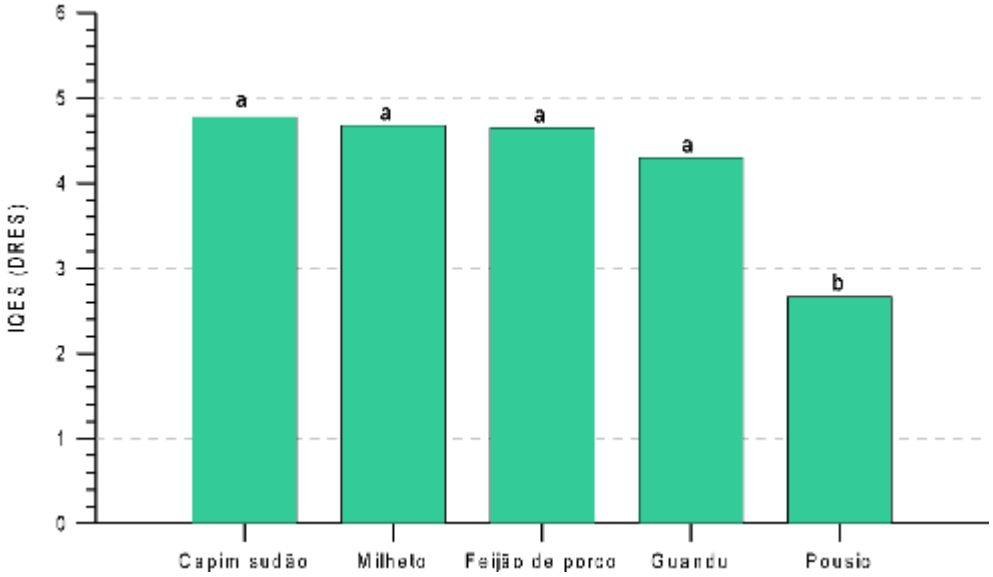
Verifica-se que os tratamentos com cobertura de capim sudão, feijão de porco, milheto e guandu apresentaram melhores índices, não diferindo significativamente entre si, ou seja, apresentam boa estrutura do solo (Gráfico 1), esses resultados indicam que a presença de plantas de cobertura contribui para a melhoria da estrutura do solo, em razão do aumento da atividade biológica e do aporte de raízes, favorecendo a formação e estabilização de agregados (TISDALL; OADES, 1982; SIX et al., 2004).

O cultivo das plantas de cobertura, melhora, as características química, biológica e também físicas do solo, promovendo a descompactação de forma eficiente das lâminas do solo, reduzindo a erosão e o adensamento desse solo (Farias et al., 2013; Villamil et al., 2006; Baets et al., 2011).

O tratamento de pousio difere dos demais tratamentos, apresentando uma nota menor ou igual a 3, ou seja, não apresenta uma boa qualidade do solo. Nota maior que 4 evidenciam recuperação\conservação do solo. A ausência de plantas sob o solo, resulta em menor agregação e maior suscetibilidade à compactação do solo (EMBRAPA, 2021).

Segundo Giarola et al. (2007), a compactação em áreas de produção de forragens é a principal forma de degradação física do solo, ocorrendo devido ao excessivo tráfego de maquinários na área e pela menor quantidade de matéria seca, representando menor incremento de matéria orgânica.

Gráfico 1 . Índice de qualidade estrutural do solo (IQES) avaliado pela metodologia do Diagnóstico Rápido da estrutura do solo (DRES). Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

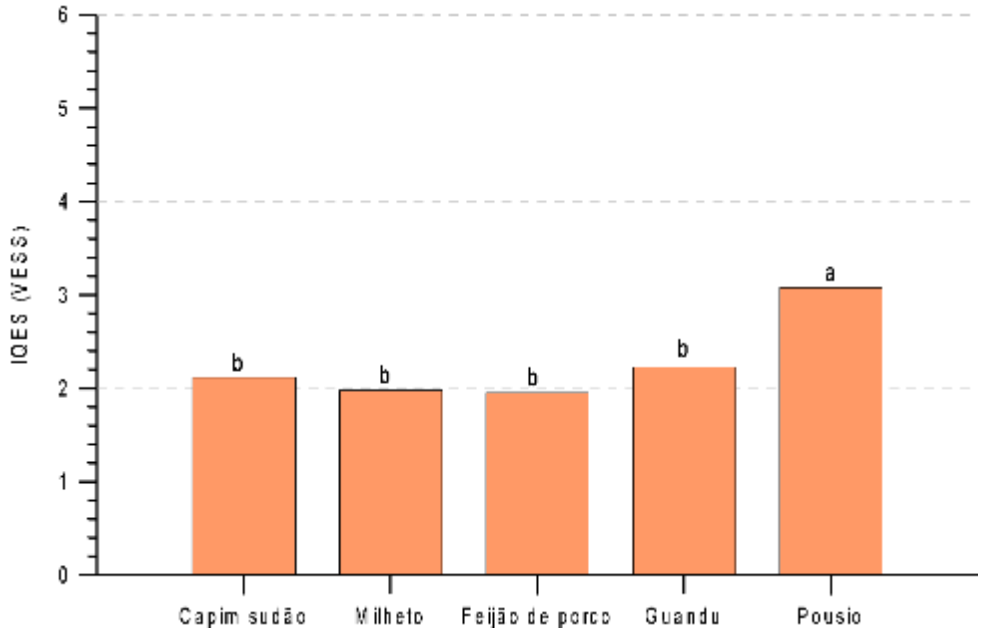


Fonte: Elaborada pela autora,2025.

Para a atribuição de notas do VESS, quando menor as notas o solo apresenta uma melhor estrutura e quanto maior a nota pior a condição do solo. No gráfico 2, verifica-se que o tratamento pousio difere significativamente entre os outros tratamentos, e os tratamentos capim sudão, milheto, feijão de porco e guandu não difere significativamente entre si. Resultados semelhantes foram observados por Giarola et al. (2009), em solos de mata. Os tipos de manejo do solo que apresentam índice entre 1 a 2,9, estão em condições aceitáveis (Ball et al., 2007).

As raízes das plantas de cobertura ajudam a formar agregados de solo mais estáveis, o que melhora a porosidade e a aeração, aspectos essenciais para um solo saudável (Silva et al., 2024; Costa et al., 2023.

Gráfico 2. Índice de qualidade estrutural do solo (IQES) avaliado pela metodologia da Avaliação visual da estrutura do solo (VESS). Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.



Fonte: Elaborada pela autora, 2025.

5.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Observa-se na tabela 5, as correlações entre os atributos físicos do solo e as notas atribuídas nos métodos DRES e VESS, sendo métodos visuais da estrutura do solo. Verifica-se que ambos os métodos DRES e VESS, apresentam correlação significativa com variáveis relacionadas à densidade e porosidade do solo.

Ao analisar as camadas 0-10 cm de profundidade, não foram observadas diferenças significativas na densidade do solo (Tabela 5), diferindo da segunda camada 10-20 que apresentou diferença significativa.

A qualidade do solo tem ligação direta com a estrutura. A macroporosidade e microporosidade influenciam nas características físicas, químicas e biológicas do solo. Esses atributos têm influência no manejo do sistema, que podem ser configurados conforme os parâmetros físicos do solo (Michelon, et al., 2023). Em contrapartida, esses atributos não são suficientes para a caracterização, sendo importante a avaliação do grau de compactação do solo (Stolf et al., 2011).

Solos com uma boa estrutura apresentam uma alta porosidade, e solos com uma estrutura considerada pobre podem não apresentar macroporos restringindo a drenagem e aeração do solo (Shepherd, 2009).

Verifica-se na tabela 5, a densidade da camada 0-10, não apresenta diferença significativa. Viana (2009), define como valor limitante de Ds do solo 1,30 Mg cm -3, isso limita o crescimento de raízes e a compactação do solo. Na camada 10-20 cm de profundidade, o pousio diferiu significativamente do tratamento feijão de porco, e os tratamentos guandu, milheto e sudão não diferem entre si.

A densidade do solo tende a aumentar na camada superficial em sistemas de plantio direto como evidência Silva et al (2006) e Carvalho et al (2020), os mesmos também observaram um aumento da densidade do solo em diferentes espécies de planta de cobertura em camadas de 5-10 cm.

A porosidade total do solo influencia no movimento do ar e da água no solo. Solos com uma boa estrutura tendem a ter uma alta porosidade, e solos com uma estrutura ruim podem não apresentar macroporos restringindo a drenagem e aeração (Shepherd, 2009). Na camada 0-10 não apresentou diferença significativa, na camada 10-20 ocorreu diferença significativa nos tratamentos pousio e feijão de porco, os tratamentos capim sudão, guandu e milheto não diferiram significativamente entre si.

A microporosidade não diferiu significativamente na camada 10-20. Na camada 0-10 os tratamentos guandu e feijão de porco não diferem significativamente entre si, milheto e capim sudão não diferem e o tratamento pousio apresenta diferença significativa.

Em relação a macroporosidade, os resultados não diferiram significativamente entre os tratamentos, sendo que na camada 0-10 apresentam maiores valores do que na camada 10-20. Os tratamentos analisados apresentaram valores de Ma maiores que 0,10 m-3.m-3, considerado por Suzuki *et al* (2007) o valor crítico para o crescimento de raízes.

O grau de compactação não diferiu significativamente entre os tratamentos na camada 0-10, verificou-se que o grau de compactação foi maior no tratamento do pousio. Susuki et al (2007) estabeleceu um intervalo ótimo de GC em Latossolo Vermelho de 75 a 89%, desta forma, nenhum dos tratamentos analisados apresentou alta compactação do solo.

Tabela 5 - Propriedades físicas do solo na camada 0-10 e 10-20 sob plantas de cobertura.

	Ds	PT	Mic	Mac	GC
	0 -10				
POUSIO	1,19a	0,59a	0,35b	0,24a	81,2a
SUDÃO	1,14a	0,61a	0,39a	0,22a	77,8a
GUANDU	1,09a	0,62a	0,38ab	0,24a	74,8a
MILHETO	1,06a	0,63a	0,41a	0,22a	73,8a
F.PORCO	1,03a	0,64a	0,37ab	0,27a	70,3a
CV (%)	7,36	4,58	4,1	16,14	7,37
	0-20				
POUSIO	1,32a	0,54b	0,39a	0,15a	90,6a
SUDÃO	1,24ab	0,58ab	0,39a	0,19a	84,5ab
GUANDU	1,24ab	0,57ab	0,39a	0,19a	84,8ab
MILHETO	1,23ab	0,58ab	0,38a	0,20a	84,3ab
F.PORCO	1,20b	0,59a	0,36a	0,22a	81,6b
CV (%)	4,64	3,25	14,08	32,57	4,61

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: elaborado pela autora (2025).

Verifica-se na tabela 6 que a densidade do solo (DS) apresentou correlação negativa nos índices do DRES e nota do mesmo, pois o solo considerado com boa estrutura necessita de uma densidade menor (1,6 Kg m^3). Segundo Ralisch, solos com notas entre 4 e 6, que apresentam mais de 70% de agregados entre 1 a 4 cm, e forte presença de estrutura grumosa, são solos com melhor estrutura. A nota VESS e índice de qualidade do mesmo, apresenta correlação positiva, onde a nota do VESS, quanto menor melhor é a estrutura do solo, mesma forma como ocorre na densidade do solo.

A porosidade total do solo, apresentou correlação positiva com a NotaDRES e IQDRES, indica que quanto maior a taxa de poros do solo se obtém uma melhor estrutura e quanto maior a nota do DRES também apresentam solo bem estruturado. Em contrapartida, a porosidade total correlacionou-se negativamente com a notaVESS e o IQVESS, evidenciando que uma maior porosidade está associada a solos melhor estruturados.

Os atributos macroporosidade e microporosidade não apresentaram correlações significativas com as notas e índices, portanto não apresentam relações significativas para a estrutura do solo.

O grau de compactação apresentou correlação negativa com a NOTADRES e IQDRES, evidenciando que uma maior compactação tende a ter uma pior estrutura do solo. Em contrapartida, NOTAVESS e IQVESS, apresentou uma correlação positiva, indicando que um aumento da compactação está associado a uma menor nota do método VESS.

Assim, observou-se que as raízes das plantas de cobertura têm relação direta com propriedades físicas do solo, como observado também por Redin et al (2016).

Tabela 6 - Correlação de Pearson entre os atributos físicos do solo com as notas e o índice de qualidade estrutural do solo (IQ) obtidos com o DRES e o VESS.

	DS	**PT**	**MIC**	**MAC**	**GC**
Nota DRES	-0,37*	0,38*	0,17ns	0,12ns	-0,36*
Nota VESS	0,57*	-0,58*	-0,29ns	-0,18ns	0,57*
IQDRES	-0,51 *	0,52*	0,31ns	0,09ns	-0,51*
IQVESS	0,68*	-0,68*	-0,33ns	-0,18ns	0,68*

*Correlações são estatisticamente significativas a p<0,05, teste t; ns: correlações não são estatisticamente significativas a p<0,05, teste t.

Na utilização do VESS, deve-se levar em consideração fatores como a textura e a umidade do solo, e um treinamento prévio prático para a sua aplicação, sendo que o método ainda apresenta uma certa subjetividade (GARBOUT et al., 2013; GIAROLA et al., 2013; ASKARI et al., 2015).

Correlações negativas ocorreram entre a NOTAVESS e a porosidade total, indicando que, uma boa condição estrutural do solo tende a preservar a distribuição de poros no solo, em contraste, quando há uma piora na qualidade estrutural do solo, muitas vezes causada por compactação os poros do solo serão diminuídos pelo adensamento dos agregados do solo (Silveira, 2003).

Ambos os métodos são eficiente para avaliar r analisar a estrutura do solo, porém o método VESS, se mostrou mais simples de executar por ser um método que não recém tanto treinamento, com baixo curto e de fácil manuseio.

6 CONSIDERAÇÕES

Conclui-se que os resultados obtidos pelos métodos visuais DRES e VESS mostraram que os tratamentos com capim-sudão, milheto, feijão-de-porco e guandu apresentaram melhores índices de qualidade estrutural, sem diferença significativa entre si, enquanto o pousio apresentou menor índice de qualidade, indicando pior condição estrutural e maior compactação.

A análise de correlação de Pearson evidenciou relações consistentes entre os métodos visuais e os atributos físicos do solo. Observou-se correlação negativa significativa entre o DRES e a densidade e o grau de compactação, indicando que solos menos densos e menos compactados tendem a apresentar melhores índices estruturais. Em contrapartida, houve correlação positiva entre o DRES e a porosidade total, demonstrando que a maior presença de poros está associada a solos mais bem estruturados.

Já o VESS apresentou comportamento inverso, com correlação positiva com a densidade e compactação e negativa com a porosidade, confirmando que notas mais altas refletem piores condições físicas do solo.

Portanto, os métodos se mostraram eficientes para a avaliação da estrutura do solo, porém o método VESS se mostrou mais eficaz por ser um método mais simples e prático para analisar, requerendo pouco recurso e treinamento e é um método de baixo custo. Os métodos são complementares, a combinação dos métodos aumenta a qualidade do diagnóstico.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, F. A. de; MADEIRA, N. R. Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças. **Circular Técnica**, 10p, Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008.Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-

ALMEIDA, W. S. et al. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.51, n.9, p.1110-1119, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/ZNdjdrBQLdSqzfDKqPsS5vQ/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 16 mar. 2025.

ANDRADE, Alex Teixeira et al. **Desafios do sistema plantio direto no Cerrado.** Informe Agropecuário**,** v. 39, n. 302, p. 18-26, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329451343_Desafios_do_Sistema_Plantio_Direto_no_Cerrado. Acesso em: 24 abr. 2025.

BALL, B. C.; DOUGLAS, J. T. A simple procedure for assessing soil structural, rooting and surface conditions**. Soil Use and Management**, v. 19, p. 50-56, 2003.

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.

BOCHNER, Júlia Kishida et al. Matéria orgânica e agregação de um planossolo sob diferentes coberturas florestais. **Revista Cerne**, Lavras, p. 46-53, mar. 2008.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & REINERT, D.J. **Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do sol o e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor**. R. Br as. Ci. Solo, 30:605-614, 2006.

BUCKMAN, H. O.; BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Rio de Janeiro: USAID, 1967. 594 p.

CARVALHO, C.A.; FERREIRA, R.LF.; ANDRADE, R.A.; BRITO, R.S.; PEREIRA, T.C.R.; LIMA, T.J.L. **Atributos físicos do solo cultivados com plantas de cobertura.** Revista Scientia Naturalis, v.2, n.1, p.38-41, 2020.

CAMARGO de, O. A.; Alleoni, L.R.F. **Reconhecimento e medida da compactação do solo.** 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em:http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/C6/Index.htm. Acesso em: 04 de jun. 2025.

CAPECHE, Claudio Lucas. **Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista.** 51. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2008. 6 p.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; COSTA, A. C. S. da. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.137-147, 2006.

CASTRO FILHO, C. de; 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**, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998.

Castro, L. G.; Cogo, N. P.; Volk, L. B. S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.339-352, 2006.

COSTA, Raquel et al. **Plantas de cobertura e seus efeitos nos atributos do solo e para a cultura do feijão-caupi em Rorainópolis**. Ambiente: Gestão e Desenvolvimento, 2023.

DE OLIVEIRA, F. P. et al. **Tolerância de Perda de Solo por Erosão para o Estado da Paraíba**. Revista de Biologia e Ciências da Terra, vol. 8, núm. 2, p. 60-71, 2008. Disponível em:https://www.redalyc.org/pdf/500/50011254007.pdf. Acesso em: 16 mai. 2025.

DEXTER, A. R. **Advances in characterization of soil structure**. Soil & Tillage Research, v. 11, p. 199-238, 1988.

Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo – DRES [recurso eletrônico]: / Ricardo Ralisch... [et al]. – Londrina: **Embrapa Soja**, 2017. 64 p. il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; 390).

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.3-22.

EMBRAPA. Agregação do solo. Agência de Informação Embrapa: Sistema **Plantio Direto**.2021 Brasília, DF: Embrapa, [s.d.]. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto/fundamentos/beneficios/ao-solo/fisica-do-solo/agregacao-do-solo. Acesso em: 21 out. 2025.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Sistemas de plantio direto de hortaliças**. 2019. Folder. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/210362/1/folder spdh.pdf. Acesso em: 19 de ago. 2025.

EMBRAPA (MT). Embrapa Cerrado. **Sistema de Plantio Direto**. SPD, [s. l.], 21 jan. 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br. Acesso em: 3 de mai. 2025.

FARIAS, L. N. et al. Características morfológicas e produtivas de feijão guandu anão cultivado em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 497–503, 2013.

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

FILGUEIRA, Fernando Antonio Reis. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª ed. ver. e ampl. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008.

FONTES, Paulo Cezar Rezende, et al. **Características físicas do solo e produtividade da batata dependendo de sistemas de preparo do solo**. Hort cultura Brasileira 25:355-359. 2007;

GIAROLA, Neyde Fabíola Balarezo et al. **Método de avaliação visual da qualidade da estrutura aplicado a Latossolo Vermelho Distroférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo**. Ciência Rural, v. 39, n. 8, p. 2531-2534, 2009Tradução . . Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0103-84782009000800041. Acesso em: 10 nov. 2025

GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C.; TORMENA, C.A. Improvements in the visual evaluation of soil structure. **Soil Use and Management**, v. 27, p. 395-403, 2011.

KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, P.388. 1931.

LIER, Q. J. V. **Física do solo baseada em processos**. Universidade de São Paulo, Piracicaba, p. 23-36, 2020. Disponível em: http://www.cena.usp.br/publicacoes/fisica_solo_baseada_processos.pdf.Acesso em:17 out. 2025.

LIER, Q. J. V. Mecânica do solo. In: LIER, Q. J. V. **Física do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 1. ed. p. 81-85, 2019

LIMA, Carlos Eduardo Pacheco; MADEIRA, Nuno Rodrigo. **Sistema de plantio direto em hortaliça**s (SPDH). Embrapa Hortaliças-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E), 2013.

MENEGHETTE, H. H. et al. **Adubação potássica em plantas de coberturas no sistema de plantio direto e efeitos na cultura da soja em sucessão.** Colloquium Agrariae, v. 15, n. 3, p. 01–12, 2019. Disponível em: https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2392. Acesso em: 3 abr. 2025.

MOREIRA, Fatima; SIQUEIRA, José Oswaldo. **Microbiologia e bioquímica do solo**; [S. l.: s. n.], 2006.

MORAES, Ademir Antunes; VIEIRA, Maria do Carmo; ZÁRATE, Néstor Antônio Heredia. Produção de repolho Chato de Quintal e da capuchinha Jewel , solteiros e consorciados, sem e com cama-de-frango semidecomposta incorporada no solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 731-738, 2007.

OLIVEIRA, S.M et al. Importância do sistema de plantio direto (SPD) para a cultura do milho. **Revista Visão Agrícola**, n. 13, 9 julho 2015. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/Esalq-VA13-Milho.pdf. Acesso em: 3 mar. 2025.

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C.; MELO, A. da S.; SANTI, A.; MARTINS, A. L. da S.; BONA, F. D. de. **Diagnóstico rápido da estrutura do solo - DRES**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 63 p. (Embrapa Soja. Documentos, 390).

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

ROTERS, Diego Fernando. **Atributos do solo em sistema de plantio direto de hortaliça em campo e casa de vegetação.** 2020.136 p. Tese (doutorado)

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2020.

PELLEGRINI, A.; MEINERZ, G. R.; KAISER, D. R. **Compactação do solo em sistemas intensivos de integração lavoura-pecuária leiteira**. In: TIECHER, T. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo. Porto Alegre, p. 49, 2016. Disponível em: 53https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/149123/001005239.pdf?sequence=1 &isAllowe= y. Acesso em: 17 . 202.

PEREIRA, J. S.; JESUS, T. S.; OLSZEVSKI, N.; MENDES, A. M. S.; GRANJA, G. P. Porosidade e densidade de solos sob uso agrícola no município de Sobradinho-BA. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 34, 2013, Florianópolis, Santa Catarina. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90058/1/Alessandra-3.pdf.

Pissarra, T. C.; Galbiatti, J. A.; Borges, M. J.; Rosalen, D.; Iha, D. Avaliação por fotointerpretação do uso/ocupação do solo e erosão acelerada em microbacias hidrográficas utilizando sistemas de informação geográfica. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 12, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005. CD-Rom.

REDIN, M.; GIACOMINI, S.J.; FERREIRA, P.A.A.; ECKHARDT, D.P. Plantas de Cobertura de Solo e Agricultura Sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. In: TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do Sul do Brasil: práticas e alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Editora UFRGS, Porto Alegre, 2016. 187p.

REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 18 p.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. Ciência & Ambiente, v.27, p.29-48, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274250019_Qualidade_dos_solos_e_sustentabilidade_de_sistemas_agricolas. Acesso em: 28 mar. 2025.

REICHERT, J. M.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; RIQUELME, U. F. B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular do feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 310 319, mar. 2009. 32,

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. n. 5, p. 1805-1816, out. 2008. em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5WjW8tsqwwWS6xRyMftbvJM/?format=pdf&lang=pt.

SANTI, A. L. et al. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.47, n.9, p. 1346-1357, 2012. Disponível: 54em:https://www.scielo.br/j/pab/a/nXKYbXGQVyz8mH9Fx3kMzJv/?format=pdf&lang=pt.Acesso em 10 abr. 2025.

SANTOS, Danilo Reinheimer dos; REICHERT, José Miguel. **Gênese e propriedades do solo**. 1 ed. Santa Maria: O Manancial, 2007. E-book. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/16154/Curso_Agric-Famil-Sust_G%c3%aanese-Propriedade-Solopdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 14 mar. 2025.

SILVA, Jeferson Rosa; ALMEIDA, Laryssa Souza; BERTOLINO, Ana Valéria Freire Allemão. U**so de leguminosas como plantas de cobertura: efeitos positivos da adubação verde em área de Argissolo Vermelho Distrófico e de agricultura familiar em São Gonçalo/RJ**. Humboldt-Revista de Geografia Física e Meio Ambiente, v. 2, n. 1, 2024.

SINGER, M.J.; EWING, S. **Soil quality**. In: SUMNER, M.E. Handbook of soil science. Boca Raton: CRC, 2000. p.G271-G298.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.240-244, 2003.

SIX, J. et al. **Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils**: effects of no-tillage. Agronomie, v. 24, p. 755-775, 2004.

SHEPHERD, T. G. **Visual Soil Assessment**: Volume 1. Field Guide for Pastoral Grazing and Cropping on Flat to Rolling Country. 2nd ed. Palmerston North: Horizons Regional Council, 2009. 119 p.

STONE, L.F. & SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesq. Agropec. Bras**., 34:83-91, 1999.

STRECK, Edemar Valdir et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3. ed. Porto Alegre: Emater, 2018. 251 p. (ISBN 978-85-98842-20-2).

SUZUKI, L. E. A. S.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; LIMA, C. L. R. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1159-1167, ago. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/9nWsJjJkz3P69Mq7Sk4fgtn/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 27 jul. 2025.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C.; BALBINO, L. C.; NEVES, C. S. V. J. Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 393-399, 1999.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v. 33, p. 141-163, 1982.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. **Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 573-581, dez. 1998. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/hV4CsLtsg55hzQD5wRHsf5j/?lang=pt. Acesso em: 21 de ago.2025.

VIANA, J. H. M. **Determinação da densidade de solos e de horizontes cascalhentos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 154).

VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. **Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola**. Revista Brasileira de Ciência de Solo, Viçosa, v. 35, n. 1, p.213-223, fev. 2011. 2009/34840/1/ct_64.pdf. Acesso em: 19 abr. 2025.