

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

FABRICIO ZANINI GONÇALVES

**RECUPERAÇÃO DO SOLO SOB ENSILAGEM APÓS
ESCARIFICAÇÃO E PLANTAS DE COBERTURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2019

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

FABRICIO ZANINI GONÇALVES

**RECUPERAÇÃO DO SOLO SOB ENSILAGEM APÓS
ESCARIFICAÇÃO E PLANTAS DE COBERTURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2019

FABRICIO ZANINI GONÇALVES

RECUPERAÇÃO DO SOLO SOB ENSILAGEM APÓS
ESCARIFICAÇÃO E PLANTAS DE COBERTURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rachel Muylaert
Locks Guimarães

Coorientadora: Eng. Ambiental Aline Cavalli

PATO BRANCO

2019

Gonçalves, Fabricio Zanini
Recuperação do solo sob ensilagem após escarificação e plantas
de cobertura/ Fabricio Zanini Gonçalves.
Pato Branco. UTFPR, 2019
41f. : il. ; 30 cm

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rachel Muylaert Locks Guimarães
Coorientadora: Aline Cavalli
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco,
2019.

Bibliografia: f. 35 – 39

1. Agronomia. 2 Compactação. 3 Manejo. 4 Cobertura. I. Guimarães,
Rachel Muylaert Locks, orient. II. Cavalli, Aline, coorient. III.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV.
Título.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

**RECUPERAÇÃO DO SOLO SOB ENSILAGEM APÓS
ESCARIFICAÇÃO E PLANTAS DE COBERTURA**

por

FABRICIO ZANINI GONÇALVES

Monografia apresentada às 13 horas 30 min. do dia 17 de junho de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luís César Cassol
UTFPR *Campus Pato Branco*

Eng^a. Agr^a. Vacilania Pacheco
PPGAG-PB UTFPR – Mestranda

Eng^a. Amb. Aline Cavalli
PPGAG-PB UTFPR – Mestranda
Coorientadora

Prof^a. Dr^a. Rachel Muylaert Locks Guimarães
UTFPR *Campus Pato Branco*
Orientadora

Prof. Dr. Jorge Jamhour
Coordenador do TCC

Dedico este trabalho a todos que possuem interesse neste assunto, e também a minha namorada, professora orientadora e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por chegar até aqui e por todas as experiências pelas quais passei e que me fizeram ser mais forte e persistente.

Aos amigos que fiz durante a trajetória acadêmica e antes disso também.

Agradeço aos que ajudaram no desenvolvimento desse trabalho para que fosse possível sua realização.

Enfim é difícil citar e lembrar de todos que gostaria de agradecer, assim deixo aqui meu muito obrigado.

Só é digno da liberdade, como da vida, aquele que se empenha em
conquistá-la.
(Johann Goethe)

RESUMO

GONÇALVES, Fabricio Zanini. Recuperação do solo sob ensilagem após escarificação e plantas de cobertura. 41 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

A necessidade de alimentar um rebanho bovino implica na intensificação do uso do solo para produção de forragem, podendo esta ser colhida pelos animais ou conservada por processos de fenação e ensilagem. O presente estudo tem por objetivo avaliar o efeito de quatro tratamentos após ensilagem de aveia branca num Latossolo Vermelho Distrófico, afim de avaliar a recuperação do solo quanto a compactação. Os tratamentos aplicados foram escarificado, rebrota, pousio e testemunha. Cada tratamento foi conduzido em uma parcela de 10 x 50 metros. Foram realizadas sete avaliações por tratamento com a retirada de amostras de solo indeformadas através de anéis com volume conhecido nas profundidades de 0,02–0,07 metros e 0,10-0,15 metros e também pelo método de avaliação visual da estrutura do solo (VESS), em dois períodos de coleta de dados. Com os anéis amostrados foi obtido valores para densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade. A nota obtida pelo método VESS varia de Qe 1 solo com estrutura boa, até Qe 5 solo com estrutura pobre. Os tratamentos escarificação e rebrota apresentaram recuperação em relação a compactação observada no pousio.

Palavras-chave: Agronomia. Compactação. Manejo. Cobertura.

ABSTRACT

GONÇALVES, Fabricio Zanini. Soil recovery under silage after scarification and coverage plants. 41 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2019.

The need to feed a cattle herd implies intensifying the use of the soil for forage production, which can be harvested by the animals or conserved by phenation and silage processes. The objective of the present study was to evaluate the effect of four treatments after ensiling white oats on a Red Dystrophic Latosol, in order to evaluate soil recovery in relation to compaction. The applied treatments were scarification, regrowth, fallow and control. Each treatment was conducted on a plot of 10 x 50 meters. Seven evaluations were carried out by treatment with the withdrawal of undisturbed soil samples through rings with known volume at the depths of 0.02-0.07 meters and 0.10-0.15 meters and also by the method of visual evaluation of the structure of the (VESS) in two periods of data collection. With the sampled rings values were obtained for soil density, total porosity, macroporosity and microporosity. The score obtained by the VESS method varies from Qe 1 soil with good structure, to Qe 5 soil with poor structure. The scarification and regrowth treatments presented recovery in relation to the compaction observed in the fallow.

Keywords: Agronomy. Compaction. Handling. Coverage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fatia de solo retirada para avaliação visual da estrutura do solo (Renascença, 2019).....26

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Médias das variáveis densidade do solo (g cm^{-3}), porosidade total ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), micro e macroporosidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,02 – 0,07 m (1) e 0,10 – 0,15 m (2), com quatro tratamentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2019.....27
- Tabela 2 – Médias da variável VESS em um experimento conduzido em DIC, com 4 tratamentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2019.....28
- Tabela 3 – Médias das variáveis densidade do solo (g cm^{-3}), porosidade total ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), micro e macroporosidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,02 – 0,07 m (1) e 0,10 – 0,15 m (2), com quatro tratamentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2019.....30
- Tabela 4 – Médias da variável VESS em um experimento conduzido em DIC, com 4 tratamentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2019.....31

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
PR	Unidade da Federação – Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VESS	Visual Evaluation of Soil Structure

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Unidade de temperatura – graus Celsius
cm	Unidade de comprimento – centímetro (s)
ds	Densidade do solo
g	Unidade de massa – grama (s)
ha	Unidade de área – hectare (s)
m	Unidade de comprimento – metro (s)
macro	macroporosidade
micro	Microporosidade
Ms	Massa de solo
Mss	Massa de solo saturado
ns	Não significativo
P	Probabilidade
pt	porosidade total
Qe	Qualidade estrutural
V	Volume

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
°	Grau
*	Significativo
'	Unidade de medida – minuto (s)
"	Unidade de medida – segundo (s)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECÍFICOS.....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1 PLANTAS DE COBERTURA – AVEIA BRANCA.....	18
3.2 COMPACTAÇÃO DO SOLO.....	19
3.3 ESTRUTURA DO SOLO.....	20
3.4 MANEJOS DE SOLO.....	22
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO.....	23
4.2 TRATAMENTOS.....	23
4.3 AVALIAÇÕES.....	24
4.3.1 POROSIDADE TOTAL, MACROPOROSIDADE, MICROPOROSIDADE E DENSIDADE DO SOLO.....	24
4.3.2 MÉTODO DE AVALIAÇÃO VISUAL DA ESTRUTURA DO SOLO.....	25
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5.1 QUALIDADE DO SOLO APÓS PLANTAS DE COBERTURA.....	27
5.2 QUALIDADE DO SOLO APÓS A COLHEITA.....	30
6 CONCLUSÕES.....	33
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

O solo como é observado no dia a dia passa despercebido de sua tamanha complexidade, a qual permite que nele seja produzido o alimento, assim como sustenta o alicerce das construções. Portanto é necessário que seja entendido a melhor maneira de trabalhar no solo causando menor impacto, prezando pela melhoria de suas qualidades para torná-lo um recurso próspero e longo.

A manutenção da qualidade de um solo está associada aos fatores químicos, físicos e biológicos, que interligados proporcionam o bom desempenho das plantas. Nesse sentido, existem dois fatores que influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas: a compactação e a infiltração de água no solo, os quais são influenciados pelas práticas de manejo adotadas pelo agricultor e também por fatores ambientais que assim alteram a qualidade física do solo.

O teor de matéria orgânica, sendo que quanto maior mais interferirá na formação dos agregados, principalmente em solos com textura arenosa, na proporção entre macro e microporos e porosidade total, retenção de água e indiretamente na infiltração de água (BRANCALIÃO; MORAES, 2008).

Desta forma, percebe-se que os cultivos e criações realizadas sobre o solo podem impactar diretamente a qualidade física do solo, tanto negativo quanto positivamente. No Brasil, o rebanho bovino é constituído por 226 milhões de animais (AGROPECUÁRIA, 2018), o qual é maior que a população do país, este número tão expressivo de animais é alimentado direta ou indiretamente pelo alimento produzido no solo, seja a pastagem, ou silagem e concentrado. O que representa uma área ocupada por cerca de 172 milhões de hectares de acordo com Schlesinger (2010), em toda esta área ocorrem inúmeros manejos de solo diferentes resultando em boas ou más condições na física do solo.

Os sistemas de produção pecuária passam por momentos de sobra e outros de falta de alimento, sendo esse último devido à ocorrência de estiagens, outras intempéries climáticas e principalmente nos períodos de vazio forrageiro, que compreende a transição entre as estações de verão/outono e inverno/primavera. Isso implica na necessidade de manter reservas de alimento em quantidade

suficiente para atender a demanda dos períodos de vazio forrageiro e possíveis estiagens (ALMEIDA, 2004). Para tanto, o sistema de ensilagem retira a cobertura vegetal do solo que é armazenada em silos trincheiras, restando ao solo apenas o sistema radicular vegetal, assim esse processo ocasiona uma série de efeitos danosos na qualidade do solo, como a compactação, redução da infiltração de água, redução dos teores de carbono a longo prazo, facilitando a erosão e propagação de plantas daninhas.

A silagem realizada com cereais de inverno (aveia, azevém), possui quantidades de energia inferior que a de milho. Porém, é uma possibilidade interessante visando o uso da terra para cultivo e comércio de grãos no verão (FONTANELI; FONTANELI, 2012). Contudo, é importante avaliar que com a compactação do solo promovida pelo intenso tráfego e a remoção da cobertura vegetal poderá afetar a produtividade da cultura de verão.

Devido a alta nos preços de grãos de soja e milho, os quais valiam respectivamente R\$ 76,24 e R\$ 37,58 em 04/06/2019, de acordo com os indicadores CEPEA, ESALQ (2019), as áreas agricultáveis estão sendo intensivamente utilizadas para cultivo e comércio destes grãos, em detrimento de seu uso para pecuária. Sendo assim importante a realização de estudos que auxiliem na intensificação dos processos produtivos agropecuários que requerem solos de melhor qualidade.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a qualidade do solo após o processo de ensilagem de aveia em quatro tipos de manejo de solo em um Latossolo Vermelho Distrófico na microrregião Sudoeste do Paraná.

2.2 ESPECÍFICOS

Avaliar a densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade. Após a aplicação dos tratamentos escarificação, pousio, rebrota e testemunha e após a colheita da cultura de verão.

Avaliar por meio da avaliação visual da estrutura do solo (VESS), o impacto da ensilagem após aplicação de 4 tratamentos, sendo eles escarificação, pousio, rebrota e testemunha.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PLANTAS DE COBERTURA – AVEIA BRANCA

Os cereais de inverno constituem-se de plantas de metabolismo C3, que devido a fotorrespiração a planta possui gasto energético para inibir a produção de radicais livres, tendo uma energia líquida menor quando comparado a plantas C4 (TAIZ; ZEIGER, 2013). Possuem valores nutricionais adequados a nutrição animal, podendo ser conservados, porém sua ensilagem precisa ser realizada com a planta em um estágio mais avançado de desenvolvimento em comparação ao pastejo, na fase fenológica de grãos farináceos ou pastoso (FONTANELI *et al.*, 2009).

Na região sul do Brasil onde se encontra sob clima subtropical, ocorre sazonalidade na produção de forragem, sendo o período de outono crítico na oferta de alimento (LEHMEN *et al.*, 2014). Este clima entretanto permite o desenvolvimento de plantas adaptadas ao frio, tendo opção de se trabalhar com genótipos mais produtivos e com duplo propósito (LEÃO, 2016) das quais é possível realizar pastoreio, ensilagem ou feno de boa qualidade, segundo Fontaneli e Fontaneli (2012), animais tratados com silagem de plantas de inverno demonstram bom desempenho produtivo.

Existem no mercado muitas variedades de cultivares de aveia branca. Em um experimento recente realizado por Politoski, Meinerz e Johne (2016), as cultivares que obtiveram maior produtividade foram URS Corona e BRS Centauro, chegando a quase 20.000 Kg/ha, e a cultivar URS Guapa obteve o teor de matéria de seca acima de 30%, valor considerado ideal para ensilagem. Porém a aveia branca apresenta menor rusticidade quando comparada a aveia preta, sendo mais suscetível a doenças fúngicas (CARVALHO, 2013).

Um dos principais fatores responsáveis pela degradação da qualidade do solo no momento da ensilagem é o teor de umidade em que o solo se encontra. Visto que a ensilagem precisa ser realizada num estágio específico de desenvolvimento na planta, a janela de corte deve ser respeitada pois atrasos causam redução na digestibilidade do produto final, enquanto a precocidade do corte

propicia uma silagem com menor qualidade do que seria possível extrair da lavoura (FONTANELI; FONTANELI, 2012). Neste momento o agricultor precisa escolher entre a qualidade da silagem e a qualidade do solo, pois se no momento ideal de corte da planta estiver com tempo chuvoso e mesmo assim ele fizer a silagem danificará o solo. Se o agricultor esperar a chuva passar perderá na qualidade final da silagem.

A aveia branca quando utilizada como cobertura de solo, pode ser manejado na fase de grão leitoso, através de rolo faca para incorporação, ou apenas cortada, podendo ser previamente dessecada com herbicida (CARVALHO, 2013). Apresentando grande aporte de matéria orgânica ao solo, além de seu sistema radicular fasciculado que promove maior agregação do solo.

3.2 COMPACTAÇÃO DO SOLO

São vários os trabalhos encontrados na literatura os quais relatam sobre o efeito negativo no crescimento e desenvolvimentos das plantas e, conseqüentemente na produtividade das mesmas ocasionadas pela compactação do solo. A compactação é um fenômeno gradual e dinâmico causado pelo tráfego de equipamentos e máquinas agrícolas e pelo pisoteio de animais, provocando a redução da permeabilidade e porosidade, que resulta em diversas mudanças nas propriedades físicas do solo (SANTI; FLORA, 2006). As condições de manejo do solo e das plantas impostas pelo produtor levam a alterações em suas características físicas, podendo estas serem permanentes ou reversíveis (BAVOSO *et al.*, 2012).

A estabilidade dos agregados no solo é momentânea, porque está diretamente ligada ao teor de umidade do solo (NOVAK *et al.*, 1992). Para realização das práticas agrícolas é ideal que o solo esteja friável, este momento pode ser identificado através de uma amostra de solo, sendo aplicado uma força sobre este solo não escorre água, porém se observa a presença de umidade.

A compactação do solo apresenta diferentes níveis de profundidade e intensidade que variam de acordo com a escolha do manejo da área, o qual, geralmente varia entre plantio direto e o modelo convencional, que consiste em alto

índice de revolvimento do solo. Também pode mudar de acordo com a largura dos pneus do maquinário utilizado; pneus mais estreitos promovem compactação mais localizada e em maior profundidade enquanto o oposto ocorre com pneus mais largos. O revolvimento do solo propicia a quebra da compactação superficial, no entanto, pode vir a causar camadas de compactação em profundidades maiores (subsuperficial). No manejo conservacionista, como é o caso do plantio direto, a compactação ocorre na camada superficial, sendo que esse problema torna-se mais grave pelo tráfego de máquinas num solo muito úmido, sendo um solo argiloso ainda mais afetado (ALVES; SUZUKI; SUZUKI, 2007).

Entende-se a resiliência física de um solo como a sua capacidade em recuperar, reverter a pressão que lhe foi imposta, ou seja, se a pressão de compactação for maior que a deformação e quando isso ocorrer em grande proporção o solo sofrerá deformação plástica, não sendo capaz de retornar ao estado original; já se a tensão for menor ou igual a capacidade de deformação o solo sofrerá deformação elástica, retornando ao estado original (SEYBOLD; HERRICK; BREJDA, 1999).

Os fatores que exercem influência na resiliência do solo estão diretamente ligados a profundidade de enraizamento, sendo eles a porosidade total macro e microporosidade, densidade do solo, estabilidade dos agregados, resistência a penetração e capacidade hídrica (ARGENTON *et al.*, 2005). As alterações nesses atributos possuem efeitos diretamente visíveis na produção agrícola, além de deixar o solo mais suscetível a erosão e a compactação (BAVOSO *et al.*, 2012).

3.3 ESTRUTURA DO SOLO

A estrutura é uma das principais características de um solo, porém muitas vezes não é levada em conta pelos produtores rurais, embora influencie diretamente na movimentação da água, troca térmicas, porosidade e densidade (WOHLENBERG *et al.*, 2004).

O solo além de partículas sólidas, possui uma série de poros que podem ou não estarem interligados possuindo diferentes tamanhos e formatos, o

que determina a porosidade total, a qual é dividida entre a macroporosidade, onde circula o ar e a solução do solo; e a microporosidade onde a água fica armazenada (AMARO FILHO; ASSIS JÚNIOR; MOTA, 2008).

Uma maneira eficiente de analisar a estrutura do solo é o método de avaliação visual da estrutura do solo denominado pela sigla VESS. O método consiste numa avaliação baseada na aparência e tato de uma fatia de solo removido com uma pá, numa escala que varia de Qe1 (boa estrutura), a Qe5 (estrutura pobre) (GUIMARÃES; BALL; TORMENA, 2011). A nota de uma fatia é obtida pela média ponderada das notas de cada camada desta fatia, sendo comum encontrar entre duas a quatro camadas no perfil do solo avaliado.

A amostragem do VESS pode ser realizada em qualquer período do ano, considerando que o solo não esteja muito úmido e nem muito seco. Escolher o de avaliação num local que seja representativo da área ou em locais onde se espera que haja compactação, realizar pelo menos dez avaliações (GUIMARÃES; BALL; TORMENA, 2011).

A capacidade do solo em infiltrar água é definida principalmente pela macroporosidade (ANDREOLA; COSTA; OLSZEVSKI, 2000), ou seja, o espaço ocupado por gases, que no momento da chuva é ocupado pela água que escoar em profundidade, sendo que parte da água que infiltra fica armazenada nos microporos. A compactação do solo é a relação entre o espaço preenchido por materiais sólidos e o espaço que contém água e ar em movimento, portanto a infiltração de água está diretamente relacionada com a compactação, sendo que quanto maior a compactação menor será a infiltração de água (ALVES; SUZUKI; SUZUKI, 2007). A compactação afeta principalmente a macroporosidade reduzindo-a, o que pode acarretar em condições de anaerobiose ao solo em casos extremos.

Quando num solo compactado ocorrer uma elevada precipitação, chegará um momento em que o solo não será mais capaz de infiltrar a água, ocasionando acúmulo superficial e empoçamento, e assim a água escoar superficialmente. Dependendo da quantidade de chuva e da declividade do terreno, as partículas de solo começam a se desprender sendo levadas pela enxurrada, podendo formar grandes canais de escoamento cujo material se deposita nos rios ou áreas planas levando embora parte do solo agricultável (COELHO; MIRANDA;

DUARTE, 2000), o que muitas vezes polui os mananciais, causando eutrofização (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010).

Além de evitar a perda do solo pela erosão, o aumento da taxa de infiltração de água no solo também é muito importante para disponibilização de água para as plantas, tornando-as menos suscetível a períodos de estiagem e melhorando a absorção dos nutrientes.

3.4 MANEJOS DE SOLO

O sistema de preparo convencional do solo consiste em prepará-lo antes da semeadura através de uma aração e duas gradagens. Estes procedimentos propiciam um ambiente favorável ao aumento da atividade microbiana aumentando a mineralização da palhada, propiciando maior disponibilidade de nutrientes para a cultura sucessora (MUNARETTO, 2014). Contudo, este sistema causa aumento da erosão; diminui o tamanho médio dos agregados e sua estabilidade; reduz a velocidade de infiltração de água e a capacidade de armazenamento; aumenta a densidade, o que leva a redução da porosidade total; se ocorrer precipitação logo após o preparo do solo pode causar selamento superficial, o que reduz a infiltração de água e aumenta a suscetibilidade a erosão (ANDREOLA; COSTA; OLSZEWSKI, 2000).

Já o sistema de plantio direto é formado por várias práticas que visam a conservação do solo, principalmente a condição de mínimo revolvimento, aumenta a infiltração de água (BERTOL *et al.*, 2010), mantém grande quantidade de palhada na superfície, diminuindo as chances de erosão, gerando maior acúmulo de matéria orgânica e nutrientes (MUNARETTO, 2014).

Como forma de recuperar a qualidade física do solo pode-se utilizar a descompactação com um escarificador. Segundo Rosa *et al.*, (2008), a escarificação atua na estrutura do solo reduzindo os efeitos da compactação. Porém não torna-se efetiva se realizada todos os anos pois pode criar uma camada compactada em profundidade, além de ser uma prática custosa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi implantado na propriedade do senhor Valdecir Gonçalves, situada na linha Alto Alegre em Renascença – Paraná. A cidade localiza-se a uma latitude 26°09'29" sul e longitude 52°58'08" oeste, com altitude de 700 metros, o solo é classificado com Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006).

Esse município, de acordo com o IAPAR (2011), possui clima subtropical (Cfa), média de temperatura no mês mais frio menor que 18 °C e no mês mais quente maior que 22 °C, além disso, apresenta verões quentes, pouca frequência de geadas, chuvas concentradas nos meses de verão e sem definição de estação seca.

4.2 TRATAMENTOS

Foram instalados quatro tratamentos: escarificação (1), rebrota ou ressemeadura de aveia (2) e pousio (3), após a ensilagem da aveia branca; e a testemunha (4) que não recebeu ensilagem e permaneceu com a aveia cultivada.

A aveia para ensilagem foi cortada na altura de 5 cm, quando plantas estavam na fase de florescimento, no dia 18 de setembro de 2019. O manejo dos tratamentos escarificação e pousio foram implementados logo após a ensilagem da aveia.

A escarificação foi realizada através de um escarificador de sete hastes com desarme automático da marca Semeato, a profundidade de escarificação foi 0,40 metro. Para o tratamento pousio foi realizada a dessecação da parcela evitando rebrota da aveia, sendo que a parcela permaneceu sem crescimento de plantas até a semeadura da soja. O tratamento rebrota foi a parcela em que após a ensilagem, as plantas de aveia brotaram e emitiram novos perfilhos recompondo a massa vegetal existente anterior ao processo de ensilagem. A testemunha é uma parcela

onde não foi realizada a ensilagem da aveia e as plantas permaneceram até senescer.

As parcelas foram delimitadas com dimensões de 10,0 por 40,0 m para cada tratamento. Em cada tratamento foram selecionados 7 pontos que representaram cada repetição para obtenção das médias. Em cada ponto foram abertas pequenas trincheiras para coleta de dados da avaliação visual da estrutura do solo (VESS), além disso foram coletados anéis com amostras de solo indeformadas em duas profundidades, 0,02 – 0,07 e 0,10 – 0,15 m; em duas fases de coleta dos dados, a primeira etapa foi realizada anteriormente a semeadura da cultura de verão em novembro de 2018 e a segunda após a colheita dos grãos em março de 2019.

4.3 AVALIAÇÕES

4.3.1 POROSIDADE TOTAL, MACROPOROSIDADE, MICROPOROSIDADE E DENSIDADE DO SOLO

Para determinação dos fatores densidade do solo (D_s), porosidade total (P_t), microporosidade (micro) e macroporosidade (macro) foram coletados amostras de solo indeformadas com um cilindro de volume conhecido com as bordas inferiores cortantes, com dimensões de 6,00 cm de diâmetro e 5,00 cm de altura, nas profundidades de 0,02 – 0,07 e 0,10 – 0,15 m. Os anéis foram previamente pesados juntamente o pano e o atilho após a coleta os anéis foram novamente pesados e colocados para saturar durante 48 horas ou até saturar num recipiente com 4,00 cm de lâmina água. Em sequência foram pesados e postos na mesa de tensão com -60 cm de coluna de água até cessar o escoamento de água. Posteriormente foram removidos o pano e o atilho. Os anéis foram pesados e colocados em cima de uma folha de papel alumínio com massa averiguada, os quais foram colocados na estufa a temperatura de 105 °C por um período de 72 horas configurando como solo seco. Após isso os anéis foram colocados no dessecador

até atingirem temperatura ambiente e em seguida foram pesados. Conforme o método do anel volumétrico descrito por Amaro Filho; Assis Júnior; Mota, (2008).

A densidade do solo é calculada conforme equação 1.

$$D_s = \frac{M_{ss}}{V} \quad (1)$$

D_s = densidade do solo;
 M_{ss} = massa de solo seco a 105 °C (g);
 V = volume do anel (cm³).

Para o cálculo da microporosidade utilizou-se a equação 2.

$$Micro = \frac{M_{s60} - M_{ss}}{M_{ss}} * D_s \quad (2)$$

M_{s60} = massa de solo a -60 cm coluna d'água
 M_{ss} = massa de solo seco a 105 °C
 D_s = densidade do solo

Já a macroporosidade foi calculada subtraindo a microporosidade da porosidade total, conforme equação 3.

$$Macro = Pt - Micro \quad (3)$$

Pt = porosidade total
 $Micro$ = microporosidade

A porosidade total foi obtida através da soma dos valores da macroporosidade e da microporosidade, de acordo com a equação 4.

$$Pt = \frac{(M_{ssat.} - M_{ss})}{V} * 100 \quad (4)$$

$M_{ssat.}$ = massa de solo saturado
 M_{ss} = massa de solo seco a 105 °C
 V = Volume do anel

4.3.2 MÉTODO DE AVALIAÇÃO VISUAL DA ESTRUTURA DO SOLO

Esse método da avaliação visual da estrutura do solo (VESS), Guimarães, Ball e Tormena (2011), consiste em utilizar uma pá reta de 20,00 cm de largura e 25,00 cm de comprimento removeu-se uma fatia de solo de 15,00 cm de

espessura (Figura 1), verificando se a presença de camadas diferentes e separá-las, para posterior classificação de cada uma delas. Para facilitar esse processo pode-se utilizar uma folha de coloração clara, uma bandeja ou saco com dimensões de 50,00 x 80,00 cm, câmera fotográfica e faca pequena. Para determinação da nota (classificação de Qe1 a Qe5) analisa-se algumas características do solo como: presença de raízes, porosidade visível, tamanho e angulosidade dos agregados e dificuldade em rompê-los (GUIMARÃES; BALL; TORMENA, 2011).

Figura 1 – Fatia de solo retirada para avaliação visual da estrutura do solo (Renascença, 2019).



4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e posteriormente a análise de variância. As médias foram comparadas por meio do teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade de erro, sendo utilizado o programa Genes para as análises.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 QUALIDADE DO SOLO APÓS PLANTAS DE COBERTURA

Na Tabela 1 apresenta-se os dados coletados 60 dias após a realização da ensilagem e da implantação dos tratamentos, em novembro de 2018.

Tabela 1 – Médias das variáveis densidade do solo (g cm^{-3}), porosidade total ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), micro e macroporosidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,02 – 0,07 m (1) e 0,10 – 0,15 m (2), com quatro tratamentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2019.

Tratamentos	Ds	Ds (2)	Pt	Pt (2)	Micro	Micro (2)	Macro	Macro (2)
Testemunha	1,25 b	1,30 b	0,57 a	0,54 a	0,44 b	0,45 a	0,13 a	0,10 ab
Pousio	1,37 a	1,45 a	0,56 a	0,51 a	0,47 ab	0,43 a	0,10 a	0,08 b
Rebrota	1,31 ab	1,39 ab	0,57 a	0,56 a	0,49 a	0,48 a	0,09 a	0,075 b
Escarificado	1,23 b	1,28 b	0,60 a	0,58 a	0,45 b	0,45 a	0,14 a	0,12 a
Média	1,29	1,35	0,58	0,55	0,46	0,45	0,11	0,09
P-valor	4,87*	2,18*	22,58 ^{ns}	20,11 ^{ns}	0,42*	33,60 ^{ns}	9,05 ^{ns}	2,50*
CV (%)	7,31	7,84	5,74	9,94	4,54	10,92	39,01	31,84

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade de erro ($P < 0,05$). * representa p-valor; ^{ns} representa não significativo em 5% de probabilidade de erro.

A densidade do solo variou significativamente na profundidade de 0,02 – 0,07 m e na profundidade de 0,10 – 0,15 m entre os tratamentos ($P < 0,05$), sendo os melhores valores são observados no tratamento escarificado que não diferiu estatisticamente da rebrota. Os tratamentos escarificação, testemunha e rebrota não apresentaram diferença, sendo que o pousio apresentou o pior resultado. De acordo com Camara e Klein (2005), a escarificação do solo ocasiona diminuição no valor de densidade do solo e, ainda, tanto no plantio direto como no manejo com escarificação, a camada superficial de 0,25 m apresenta menor densidade.

A porosidade total não diferiu em ambas profundidades de 0,02 – 0,07 e 0,10 – 0,15 m, assim os dados não foram significativos ($P > 0,05$). O fato de não ter variado significativamente os valores médios da variável porosidade total, talvez ocorra pela modificação da estrutura do solo, sabendo-se que em tratamentos com revolvimento ocorre mais interferência no formato do poro e menos no volume total

de poros, comparando-se com os tratamentos em que o solo não é revolvido (PREVEDELLO *et al.*, 2007; TOIGO *et al.*, 2010).

A variável microporosidade apresentou valores significativos apenas na profundidade de 0,02 – 0,07 m ($P < 0,05$). O tratamento rebrota e pousio não diferem entre si, sendo que essa indiferença é vista também entre o pousio, escarificado e a testemunha, na profundidade de 0,02 – 0,07 m. Toigo *et al.* (2010), observaram tendência de aumento na microporosidade conforme aumenta-se a profundidade da análise, resultado este que não foi verificado no presente trabalho. Segundo Costa *et al.*, (2009), os valores médios de microporosidade encontrados em mata nativa e em plantio direto foram de $0,45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e para plantio convencional de $0,43 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, dados que se assemelham com os valores da testemunha, pousio e escarificado e estão um pouco abaixo do tratamento rebrota (Tabela 1).

A macroporosidade na profundidade de 0,02 – 0,07 m, apresentou valores não significativos nos tratamentos em questão ($P > 0,05$). Já na profundidade de 0,10 – 0,15 m os dados foram significativos ($P < 0,05$) e percebe-se que o tratamento escarificado apresentou o melhor resultado e não diferiu da testemunha, enquanto que os tratamentos pousio e rebrota apresentam valores de macroporosidade insuficientes para o desenvolvimento adequado de plantas de acordo com Grable e Siemer (1968). No entanto, segundo Hillel (1970), para que haja adequado crescimento radicular e desenvolvimento das plantas, os valores de macroporosidade devem estar dentro da faixa de 0,06 a $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, dependendo da classificação do solo.

Tabela 2 – Médias da variável VESS em um experimento conduzido em DIC, com 4 tratamentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2019.

Tratamentos	VESS	Média	P-valor	CV (%)
Testemunha	3,21 a			
Pousio	2,95 a			
Rebrota	2,86 ab	2,77	0,115*	17,48
Escarificado	2,06 b			

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade de erro ($P < 0,05$). P-valor * significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios a partir de sete repetições nos quatro tratamentos, 60 dias após a implantação dos mesmos em

novembro de 2018, por meio do método avaliação visual da estrutura do solo (VESS).

Considerando que as notas de 1 a 2,9 não necessitam de mudanças no manejo do solo, apresentam agregados que quebram facilmente, muito porosos e com presença de raízes (GUIMARÃES; BALL; TORMENA, 2011). Notas de 3 a 3,9 indicam que o solo sofreu modificações negativas em sua estrutura do solo, observa-se que o pousio demonstra a degradação da estrutura pela apresentação de nota 2,9. A rebrota e a escarificação não tiveram diferença significativa demonstrando que ambos os ambientes estavam adequados para o desenvolvimento radicular. Estes resultados corroboram com os obtidos pelos indicadores clássicos de qualidade do solo que também não mostraram valores limitantes ao crescimento das plantas tanto no tratamento escarificado como na rebrota.

A escarificação pode ser recomendada em casos onde se verifique que a compactação está prejudicando o desenvolvimento das plantas, quando o VESS apresentar notas maiores que 4. Porém é importante avaliar a situação, já que os benefícios deste manejo geralmente são de curto prazo, tem um custo de operação e pode criar camadas compactadas em maiores profundidades O que leva o tratamento rebrota, que apresentou nota Qe 2,86, e que não diferiu estatisticamente da escarificação e dos demais tratamentos, a ser recomendado como manejo pós silagem. O tratamento pousio não diferiu da testemunha os quais apresentaram estruturas de solo pobres.

De acordo com Bevilaqua (2017), em um Latossolo Vermelho com áreas de cultivo cana-de-açúcar e outra com um pomar atribuiu-se a nota Qe 4 devido à presença de agregados maiores que 10 cm, de formato subangulares e não porosos, além de apresentarem poucos macroporos e fissuras e agregação de raízes ao redor dos agregados e nos macroporos. O mesmo autor afirma que no sistema agroflorestal obteve a nota de Qe 3, pois haviam torrões angulares não porosos, macroporos e fissuras e as raízes encontravam-se dentro dos agregados.

5.2 QUALIDADE DO SOLO APÓS A COLHEITA

Na tabela 3 são apresentados os dados coletados após a safra de verão, na qual foi cultivado soja, 5 meses após a implantação dos tratamentos em março de 2019.

Tabela 3 – Médias das variáveis densidade do solo (g cm^{-3}), porosidade total ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), micro e macroporosidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,02 – 0,07 m (1) e 0,10 – 0,15 m (2), com quatro tratamentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2019.

Tratamentos	Ds	Ds (2)	Pt	Pt (2)	Micro	Micro (2)	Macro	Macro (2)
Testemunha	1,16 b	1,28 b	0,591 a	0,55 a	0,41 a	0,45 a	0,175 ab	0,10 b
Pousio	1,37 a	1,45 a	0,53 b	0,56 a	0,39 a	0,48 a	0,14 b	0,08 b
Rebrota	1,36 ab	1,44 ab	0,57 ab	0,55 a	0,44 a	0,47 a	0,12 b	0,08 b
Escarificado	1,17 b	1,26 b	0,61 a	0,58 a	0,38 a	0,39 b	0,22 a	0,19 a
Média	1,27	1,36	0,46	0,56	0,40	0,45	0,16	0,11
P-valor	0,12*	0,66*	0,75*	100,00 ^{ns}	19,48 ^{ns}	0,12*	1,26*	0,20*
CV (%)	9,00	8,37	17,28	8,78	12,85	9,20	33,08	29,91

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade de erro ($P < 0,05$). * representa p-valor; ^{ns} representa não significativo em 5% de probabilidade de erro.

A variável densidade do solo apresentou médias significativas nas duas profundidades avaliadas ($P < 0,05$). Observa-se que nas duas profundidades (0,02 – 0,07 e 0,10 – 0,15 m), os tratamentos pousio e rebrota não diferiram entre si, além disso, a testemunha, escarificação e rebrota não apresentam diferença estatística. De acordo com estudos realizados por Beutler *et al.* (2007), valores de densidade do solo a partir de $1,29 \text{ g cm}^{-3}$ ocasionam redução na produtividade de soja, devido a compactação excessiva.

Na porosidade total, ocorre significância apenas na profundidade de 0,02 – 0,07 m ($P < 0,05$), enquanto na profundidade de 0,10 – 0,15 m os dados não foram significativos entre os tratamentos ($P > 0,05$). Assim, na menor profundidade, percebe-se que a testemunha, o escarificado e a rebrota obtiveram os maiores valores de porosidade e não diferem entre si, contudo, o pousio e a rebrota não diferem uma da outra. No sistema de plantio direto ocorre acomodamento natural do solo devido ao não revolvimento, o que resulta em maior densidade quando comparado com plantio convencional onde o solo é revolvido com objetivo de aumentar a porosidade (FALLEIRO *et al.*, 2003).

Os dados de microporosidade foram significativos apenas na profundidade de 0,10 – 0,15 m ($P < 0,05$). Nessa profundidade a escarificação foi o único tratamento que diferiu dos demais. Os valores encontrados neste trabalho foram inferiores aos encontrados por Paulino (2013), o qual obteve médias entre 0,45 e 0,56 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ em cinco tratamentos, sendo eles floresta nativa, pastagem perene, plantio direto, eucalipto e integração lavoura pecuária.

Analisando a variável macroporosidade percebe-se significância dos dados obtidos nas duas profundidades ($P < 0,05$). Os tratamentos testemunha, pousio e rebrota não diferiram entre si, bem como não ocorreu com os tratamentos testemunha e escarificado, na profundidade de 0,02 – 0,07 m. Na profundidade de 0,10 – 0,15 m a escarificação foi o tratamento que obteve média maior e que diferiu dos demais, visto que a testemunha, a rebrota e o pousio não apresentaram diferença.

Valores de macroporosidade abaixo de 0,10 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, são considerados limitantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas segundo Tormena *et al.* (2002), assim ocorre influencia negativa no fluxo de gases e na movimentação de água no solo já que esses fatores estão diretamente associados a macroporosidade, ou seja, a oxigenação e a capacidade de infiltração de água no perfil do solo dependem do volume de macroporos (SILVA *et al.*, 2005).

Na tabela 4 são apresentados os dados referentes a avaliação visual da estrutura do solo (VESS), realizada 5 meses após a implantação dos tratamentos, ou seja, em março de 2019.

Tabela 4 – Médias da variável VESS em um experimento conduzido em DIC, com 4 tratamentos. UTFPR, Pato Branco, PR, 2019.

Tratamentos	VESS	Média	P-valor	CV(%)
Testemunha	2,69 b			
Pousio	3,21 a			
Rebrota	2,93 ab	2,76	0,003*	11,40
Escarificado	2,20 c			

Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade de erro ($P < 0,05$). P-valor * significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

O tratamento escarificação apresentou o melhor resultado diferindo dos demais tratamentos. A nota observada na testemunha remete a um solo com boa qualidade estrutural, porém o pousio, apesar de não diferir da rebrota demonstra a

necessidade de alteração no manejo. Apesar da escarificação e rebrota diferirem estatisticamente, ambos estão dentro da faixa ótima de qualidade do solo, podendo-se nesse caso, mais uma vez indicar o manejo rebrota após a ensilagem.

Os valores encontrados neste trabalho foram inferiores aos encontrados por Mazon *et al.* (2015), que avaliaram em um Latossolo Vermelho os tratamentos feno + lavoura e integração lavoura pecuária, onde obtiveram notas de Qe 3,75 e Qe 3,67, respectivamente comparados com a mata Qe 1,9. Notas acima de 3 requerem alteração no manejo do solo.

A produtividade da soja neste experimento foi obtida de forma não experimental, e é apresentada somente para título de informação: a testemunha apresentou rendimento de 73,5 sacas/ha; a rebrota de 75,6 sacas/ha; o pousio de 66,9 sacas/ha; e o escarificado de 71,2 sacas/ha.

6 CONCLUSÕES

Tanto a rebrota quanto a escarificação melhoraram a qualidade do solo, trazendo a qualidade para valores adequados para o desenvolvimento radicular.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados neste trabalho permitem a melhor visualização dos efeitos causados pela compactação do solo e uma avaliação sobre os manejos de solo e sua relação com a recuperação do solo. Contudo é importante realizar um estudo que verifique a longo prazo as mudanças causadas no solo pelos tratamentos escarificação, rebrota e pousio.

É interessante realizar avaliações de recuperação do solo com outros tipos de manejo, em diferentes solos e com diferentes espécies cultivadas para avaliar outras possibilidades de práticas que no fim beneficiem a qualidade física do solo.

REFERÊNCIAS

AGROPECUÁRIA, Revista. **Pecuária no Brasil: Por que a atividade é tão importante?** São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.revistaagropecuaria.com.br/2019/03/27/pecuaria-no-brasil-por-que-a-atividade-e-tao-importante/>. Acesso em: 20 maio 2019.

ALMEIDA, C. C. **Caracterização técnica do sistema de produção pecuário da Microrregião do Cariri da Paraíba**. 128 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2004.

ALVES, Marlene Cristina; SUZUKI, Luis Gustavo Akihiro Sanches; SUZUKI, Luiz Eduardo Akiyoshi Sanches. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um latossolo vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 617–625, 2007.

AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. **Física do solo: conceitos e aplicações**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2008.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 857–865, 2000.

ARGENTON, J. *et al.* Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 425–435, 2005.

BAVOSO, Marina Araújo *et al.* Resiliência física de dois latossolos vermelhos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1892–1904, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000600023. Acesso em: 08 abr. 2018.

BEUTLER, A. N. *et al.* Intervalo hídrico ótimo no monitoramento da compactação e da qualidade física de um latossolo vermelho cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1223–1232, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832010000100025&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 08 maio 2019.

BEVILAQUA, L. J. **Avaliação visual da saúde de solos sob diferentes usos**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/9603>. Acesso em: 08 maio 2019.

BRANCALIÃO, Sandro Roberto; MORAES, Maria Helena. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um nitossolo vermelho na sucessão milheto soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 393–404, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832008000100037&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 09 abr. 2018.

CAMARA, Rodrigo Kurylo; KLEIN, Vilson Antonio. Propriedades físico hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 813–819, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n4/a10v35n4.pdf>. Acesso em: 28 maio 2019.

CARVALHO, P. C. F. Plantas forrageiras. In: FONSECA, D. M. F.; MARTUSCELLO, J. A. **Forrageiras De Clima Temperado**. Viçosa: UFV, 2013. cap. 16, p. 537.

COELHO, R. D.; MIRANDA, J. H. de; DUARTE, S. N. Infiltração da água no solo: acúmulo de água sobre a superfície do terreno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 142–145, 2000.

COSTA, André da *et al.* Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 235–244, 2009. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/1802/180214232001.pdf>. Acesso em: 28 maio 2019.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>. Acesso em: 30 set. 2018.

FALLEIRO, M. *et al.* Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1097–1104, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n6/19204.pdf>. Acesso em: 29 maio 2019.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S. Forrageiras para integração lavoura pecuária floresta no sul do brasil. In: FONTANELI, R. S. AND FONTANELI, R. S. AND SANTOS, H. P. **Ensilagem**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. cap. 13, p. 351–366.

FONTANELI, R. S. *et al.* Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2116–2120, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v38n11/a07v3811.pdf>. Acesso em: 28 maio 2018.

GRABLE, A. R.; SIEMER, E. G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Science Society of America Journal**, v. 32, n. 2, p. 180–186, 1968. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/32/2/SS0320020180?access=0&view=pdf>. Acesso em: 11 jun. 2019.

GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C.; TORMENA, C. A. Improvements in the visual evaluation of soil structure. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 3, p. 395–403, 2011.

HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: Departamento de Solos, 1970. 231 p.

IAPAR, Instituto Agronômico do Paraná. **Clima**. 2011. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1648>. Acesso em: 29 set. 2018.

BERTOL, Ildgardis; *et al.* Sedimentos transportados pela enxurrada em eventos de erosão hídrica em um nitossolo háplico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 245–252, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000100025. Acesso em: 08 abr. 2018.

LEHMEN, I. L. *et al.* Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Ciência Rural**, v. 44, n. 7, p. 1180–1185, 2014.

LEÃO, G. F. M. **Estratégias de manejo de cereais de inverno para produção de forragem verde e silagem**. 99 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149–163, 2010.

MAZON, S. *et al.* Potencial da avaliação visual da estrutura do solo (VESS) sob diferentes usos e manejos. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, XXXV. Natal, 2015. Disponível em: <https://www.sbcs.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1141.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2019.

MUNARETTO, Rafael Luis. **Milho em sucessão à plantas de cobertura de solo cultivadas em diferentes sistemas de manejo de solo**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

NOVAK, Leandro R. *et al.* Efeito do tráfego de trator e da pressão de contato pneu/solo na compactação de um latossolo vermelho-escuro Álico, em dois níveis de umidade. *pesquisa agropecuária brasileira, Brasília*, v.27, p.1587-1595, 1992. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 12, p. 1587–1595, 1992.

PAULINO, Patrícia da Silva. **Atributos físicos como indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no estado de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado) — Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013. Disponível em:

http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/832/dissertacao_patricia_paulino_final_26_09_2013_trres_partes.pdf. Acesso em: 29 maio 2019.

POLITOSKI, F.; MEINERZ, G. R.; JOHNE, J. Avaliação de cultivares de aveia branca para produção de silagem. *In*: VI JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTIFICA E TECNOLÓGICA, [s.n.]. Chapecó, 2016.

PREVEDELLO, Juliana *et al.* Efeito do manejo do solo nas propriedades físicas e no desenvolvimento inicial de eucalyptus grandis. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31. Gramado, 2007. Disponível em:

http://www.fiscadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Producao_Resumos/XXXICBCS_7.pdf. Acesso em: 28 maio 2019.

ESALQ, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. **Indicadores de soja e milho**. Piracicaba: [s.n.], 2019. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/milho.aspx>. Acesso em: 04 jun. 2019.

ROSA, D. P. da *et al.* Esforços e mobilização provocada pela haste sulcadora de semeadora, em latossolo escarificado em diferentes épocas. **Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 396–400, 2008. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/28/213>. Acesso em: 16 abr. 2018.

SANTI, A. L.; FLORA, L. P. D. Monitoramento da compactação do solo em áreas de lavoura através do mapeamento da resistência à penetração. **Revista Plantio Direto**, v. 1, n. 96, p. 1–6, 2006. Disponível em: http://www.falker.com.br/artigos/Cbcs_monitoramento.pdf. Acesso em: 08 jun. 2019.

SCHLESINGER, Sergio. **Onde pastar? O gado bovino no Brasil**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://fase.org.br/wp-content/uploads/2010/06/Onde-pastar.pdf>. Acesso em: 20 maio 2019.

SEYBOLD, C. A.; HERRICK, J. E.; BREJDA, J. J. Soil resilience: A fundamental component of soil quality. **Soil Sci**, v. 164, n. 2, p. 224–234, 1999. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000208&pid=S0100-0683201200060002300047&lng=en. Acesso em: 06 jun. 2019.

SILVA, M. A. S. *et al.* Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um argissolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 544–552, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782005000300009&script=sci_abstract. Acesso em: 29 maio 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TOIGO, Sonia *et al.* Porosidade total, macroporosidade e microporosidade de um nitossolo influenciadas pela escarificação e compactação adicional. *In*: UTFPR. Dois Vizinhos, 2010.

TORMENA, C. A. *et al.* Densidade, porosidade e resistência a penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 795–801, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162002000400026&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 29 maio 2019.

WOHLENBERG, E. V. *et al.* Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 891–900, 2004.