



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS

CAMPUS CERRO LARGO

CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

IMPACTOS DA COLHEITA DE MILHO PARA SILAGEM SOBRE ATRIBUTOS DO SOLO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Christian Menuzzo Machado

CERRO LARGO – RS

2016

CHRISTIAN MENUZZO MACHADO

IMPACTOS DA COLHEITA DE MILHO PARA SILAGEM SOBRE ATRIBUTOS DO SOLO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal da Fronteira Sul, como parte das exigências do Curso de Graduação em Agronomia, para a aprovação na disciplina de TCC - II.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

Co-orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

Cerro Largo – RS

2016

CHRISTIAN MENUZZO MACHADO

**IMPACTOS DA COLHEITA DE MILHO PARA SILAGEM SOBRE
ATRIBUTOS DO SOLO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

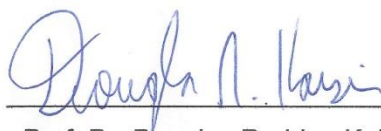
Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

Co-orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

10 / 11 / 2016

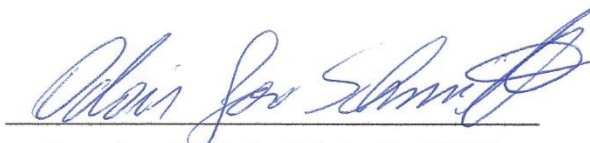
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira - UFFS



Eng. Agr. Odair José Schmitt - UFFS

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Machado, Christian Menuzzo

IMPACTOS DA COLHEITA DE MILHO PARA SILAGEM SOBRE ATRIBUTOS DO SOLO./ Christian Menuzzo Machado. -- 2016.
45 f.

Orientador: Douglas Rodrigo Kaiser.

Co-orientador: Renan Costa Beber Vieira.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Agronomia , Cerro Largo, RS, 2016.

1. Tráfego Agrícola. 2. Umidade do Solo . 3. Plantio Direto . 4. Cultivo Mínimo. 5. Compactação do Solo. I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Vieira, Renan Costa Beber, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente a Deus, pela vida e a chegada até esta etapa da Graduação em Agronomia.

A toda minha família, em especial ao pai Juvenal do Nascimento Machado e a mãe Elenir Menuzzo Machado, pelo esforço, acompanhamento e apoio durante a minha vida e na formação acadêmica.

A meu orientador professor doutor Douglas Rodrigo Kaiser pela confiança, dedicação, amizade e amplo aprendizado durante todas as atividades desenvolvidas na graduação, além de apoio nas demais atividades em que participei, e ao Co-orientador professor doutor Renan Costa Beber Vieira, meu Muito Obrigado!

Aos meus colegas Anderson S. Machado, Gabriel A. Adams, Josias E. S. Kotz e Rafael A. Leubet, pela amizade e auxílio na condução e nas avaliações do experimento e demais atividades que envolveram o TCC.

Enfim, a todos que de alguma forma prestaram seu apoio e incentivo para a realização e concretização deste trabalho.

RESUMO

Em áreas agrícolas com o uso de integração lavoura-pecuária, o manejo inadequado do solo pode causar problemas físicos, tais como a compactação do solo que pode resultar em reduções significativas na produtividade. Neste trabalho, o objetivo foi contribuir para a melhoria e sustentabilidade do manejo do solo em áreas de cultivo de milho destinadas a produção de culturas para fins de alimentação animal, em que se avaliou o efeito da colheita de milho para silagem sobre o solo durante a colheita de milho para silagem sob diferentes sistemas de preparo e teores de umidade do solo. Os tratamentos testados foram: D1 – Colheita de milho um dia após a chuva; D2 – Colheita de milho dois dias após a chuva; D3 – Colheita de milho três dias após a chuva; D4 – Colheita de milho quatro dias após a chuva e TEST - Testemunha sem colheita de milho. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. A umidade do solo foi decrescente ao longo dos dias, depois da chuva, mostrando baixa variabilidade entre os dias, onde permaneceu abaixo do limite de plasticidade do solo. A densidade do solo apresentou valores significativamente superiores na camada de 0 a 10 cm de profundidade, tanto no plantio direto como no cultivo mínimo em todos os tratamentos testados em relação à testemunha. Houve redução significativa na porosidade total e na macroporosidade do solo em todos os tratamentos testados em relação à testemunha na camada de 0 a 10 cm de profundidade tanto no plantio direto como no cultivo mínimo do solo. A pressão exercida ao solo pelo tráfego da colheita do conjunto de colheita aumentou a microporosidade do solo em todos os tratamentos testados em relação à testemunha na camada de 0 a 10 cm de profundidade, tanto no plantio direto como no cultivo mínimo. Em plantio direto, a resistência mecânica do solo a penetração foi afetada pelos tratamentos na camada de 1 a 24 cm de profundidade, onde ambos os tratamentos testados em relação à testemunha, sendo o tratamento D4 o que apresentou os maiores valores nos primeiros centímetros de profundidade. Já em cultivo mínimo a resistência mecânica do solo a penetração, foi afetada pelos tratamentos na camada de 6 a 21 cm de profundidade. A pressão exercida ao solo pelo tráfego da colheita do conjunto, nas condições avaliadas, não foi suficiente para alterar os atributos de densidade e porosidade nas camadas de 10 a 20 cm e 20 a 30 cm de profundidade em todos os tratamentos avaliados em ambos os manejos de solo evidenciando que a camada superficial do solo de 0 a 10 cm, neste caso, foi afetada pelos tratamentos os quais podem levar o solo a formar uma camada compactada.

Palavras-chave: Colheita de Milho. Umidade do Solo. Plantio Direto. Cultivo Mínimo. Compactação do Solo.

ABSTRACT

In agricultural areas with the use of crop-livestock integration, inadequate soil management can cause physical problems such as soil compaction which can result in significant reductions in productivity. In this work, the objective was to contribute to the improvement and sustainability of soil management in areas of maize cultivation to production of crops for animal feed, which evaluated the effect of the corn crop for silage on the ground during corn harvest for silage under different systems of tillage and soil moisture content. The treatments were: corn D1-harvesting for silage a day after the rain; Corn for silage harvest D2-two days after the rain; D3-harvesting corn for silage three days after the rain; Corn silage harvest-D4 four days later from the rain and Test- No harvest corn for silage. The experimental design used was the completely randomized design. Soil moisture was descending over the days after the rain, showing low variability between of the days, where he remained below the limit of plasticity of the soil. The density of the soil showed significantly higher values on 0 to 10 cm layer of depth, both in no-tillage as the minimum cultivation in all treatments tested in relation to the control. There was a significant reduction in total porosity and soil macroporosity in all treatments tested in relation the witness in layer 0 to 10 cm deep both in direct planting as the minimum cultivation of the soil. The pressure exerted on the ground by the traffic in this case it was efficient to increase the microporosity of soil in all treatments tested in relation the witness in layer 0 to 10 cm depth, both in no-tillage as the minimum cultivation. In no-tillage, the soil mechanical resistance to penetration was affected by treatments in the 1 cm layer to 24 cm deep, where both treatments tested in relation to the control and the treatment D4 what presented the highest values in the first cm of depth. Already in minimum cultivation, soil mechanical resistance to penetration, was affected by treatments in 6 to 21 cm layer of depth. The pressure exerted on the ground by the traffic of the whole, under the conditions evaluated, was not enough to change the attributes of density and porosity in the layers of 10 to 20 cm and 20 to 30 cm deep in all treatments evaluated in both soil management showing that the topsoil from 0 to 10 cm, in this case, was affected by treatments which can take the soil to form a compacted layer.

Keywords: Corn harvest. Soil Moisture. No-tillage. Minimum Cultivation. Soil Compaction

LISTA DE SIGLAS

g. cm ⁻³	Gramas por centímetro cúbico
MPa	Mega Pascal
KPa	Kilo Pascal
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
MO	Matéria Orgânica
CC	Capacidade de Campo
PMP	Ponto de Murcha Permanente
LP	Limite de Plasticidade
LL	Limite de Liquidez
Ds	Densidade do Solo
Mi	Microporosidade
Ma	Macroporosidade
PT	Porosidade Total
g	Gramas
Kg	Kilogramas
Ug	Umidade Gravimétrica
°C	Graus Celsius
m	Metros

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração do método de determinação do limite de liquidez do solo através do método de Casagrande.....	27
Figura 2: Limite de plasticidade e umidade do solo no momento da realização dos tráfegos	30
Figura 3: Resistência mecânica do solo a penetração em solo sob plantio direto ...	35
Figura 4: Resistência mecânica do solo a penetração em solo sob cultivo mínimo.	36
Figura 5: Umidade do solo no momento da avaliação de resistência mecânica do solo a penetração	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Densidade e distribuição de poros em solo sob plantio direto	32
Tabela 2: Densidade e distribuição de poros em solo sob cultivo mínimo	32

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1.	PRODUÇÃO LEITEIRA	13
2.2.	PRODUÇÃO DE MILHO PARA SILAGEM	14
2.3.	MANEJO DO SOLO EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE SILAGEM.....	15
2.4.	FATORES FÍSICOS DE CRESCIMENTO DAS PLANTAS.....	19
2.5.	INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO	20
2.5.1.	ESTRUTURA DO SOLO.....	20
2.5.2.	ARMAZENAMENTO E ÁGUA NO SOLO.	22
2.5.3.	DENSIDADE DO SOLO.....	22
2.5.4.	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO	23
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1.	LOCAL E CARACTERÍSTICAS	25
3.2.	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO.	26
3.3.	LIMITES DE CONSISTÊNCIA	26
3.4.	DENSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE POROS.	28
3.5.	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO	29
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.	CONCLUSÕES	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1. INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira no Brasil é uma das atividades mais tradicionais e de acordo com o censo agropecuário (IBGE, 2006) existem no Brasil cerca de 5,2 milhões de estabelecimentos rurais, dos quais aproximadamente 25% produzem leite, envolvendo cerca de cinco milhões de pessoas. Em 2013, por exemplo, o setor movimentou um valor bruto de R\$ 22,9 milhões, principalmente em cidades de pequeno e médio porte (MAPA, 2014).

A região noroeste do Rio Grande do Sul, segundo Sperotto & Souza (2005) caracteriza-se pela agricultura familiar, principalmente pela diversidade que se revela na situação econômica, nas formas de acesso às políticas públicas, na utilização de novas tecnologias, nos sistemas produtivos, na relação com o mercado e na composição demográfica das famílias, onde atividades de produção de grãos, subsistência e produção de leite predominam.

O uso intensivo de pastagens é a forma mais econômica de alimentar as vacas leiteiras. Existe, porém, marcante estacionalidade na produção dos pastos na maior parte do Brasil. Setenta a oitenta por cento da produção de forragem ocorre durante a época de temperatura e de umidade elevadas, e no caso da região Sul também no período de inverno, havendo o ápice do vazio forrageiro entre os meses de março/abril e outubro/novembro. Dessa forma, torna-se necessário fornecer alimento suplementar durante o período estacional de vazio forrageiro do ano, para manter uniformes, a lotação e a produção de leite na propriedade durante o ano (EMBRAPA, 2006).

Durante o período de menor produção das forrageiras, a silagem tem sido usada como instrumento auxiliar na manutenção e ampliação da produção animal. A estacionalidade de produção das forrageiras demanda o uso de práticas de conservação durante o período de oferta, a fim de serem utilizadas ao longo do período de escassez, minimizando os efeitos da disponibilidade estacional de alimentos (NEUMANN, 2006).

Entre as culturas utilizadas, o milho é uma alternativa de alimento volumoso fundamental na cadeia produtiva intensiva tanto de bovinos de corte como bovinos de leite, em função dos índices de produtividade da cultura, da estabilidade de produção, do valor nutritivo e da concentração de energia (NEUMANN, 2006).

Em anos de condição climática sob influência do fenômeno El Niño, em que períodos de chuvas passam a ser mais prolongado na região sul do Brasil, o momento de realização da colheita da cultura de milho para silagem muitas vezes acaba por não respeitar as condições ideais de trafegabilidade do solo, e em consequência podem acarretar em danos sérios as condições físicas do mesmo.

A cultura do milho dentre outros benefícios, interfere positivamente nas propriedades físicas do solo, principalmente pela adição massiva de material orgânico sobre sua superfície, dentre as propriedades destacam-se a estabilidade dos agregados, manutenção do espaço poroso e conseqüentemente manutenção de um valor de densidade do solo não prejudicial às culturas, taxas de infiltração de água e maior retenção de água (EMBRAPA, 2009).

Outro benefício da massiva adição de material vegetal sobre o solo é a proteção do mesmo, pois ameniza o impacto direto das gotas de chuva que causam desagregação das partículas evitando por exemplo a ocorrência de erosão no solo. Proteção essa que aliada, ao barramento físico da água superficial e a manutenção da qualidade das propriedades físicas do solo, garantem que a estrutura desse solo seja preservada e conseqüentemente a conservação do solo dentro do sistema de produção esteja assegurada (EMBRAPA,2009).

No entanto, na produção de milho com destinação para silagem, a adição de material orgânico ao solo é debilitada, fazendo com que praticamente toda a parte aérea da cultura seja removida do sistema, prejudicando a garantia da qualidade das propriedades físicas do solo, acarretando sérios problemas ao meio, onde as taxas de infiltração de água e a amenização do impacto das gotas da chuva são afetadas negativamente, potencializando o processo erosivo do solo (SANTOS, 2000).

Nesse contexto, a umidade do solo é um dos principais fatores controladores da compactação (DIAS JUNIOR & PIERCE, 1996), a fim de evitá-la, o preparo do solo e os demais manejos que venham a serem realizados sobre o mesmo, devem ser efetuados sob condições de umidade adequadas para trafegabilidade, na qual este apresenta baixa resistência ao preparo e alta a moderada capacidade de suporte de carga e resistência à compressão (REZENDE, 1997).

Este trabalho tem o objetivo de contribuir para a melhoria e sustentabilidade do manejo do solo em áreas de cultivo de milho para a silagem que visam produção agrícola para fins de alimentação animal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PRODUÇÃO LEITEIRA

A pecuária leiteira é de fundamental importância para o setor agropecuário brasileiro, tendo em vista que a atividade de produção leiteira participa fundamentalmente na formação da renda de grande número de produtores, além de ser responsável pelo elevado índice de geração de emprego no meio rural, tanto de forma contratada ou familiar, proporcionando maior garantia de pessoas no campo (CAMPOS; PIACENTI, 2007).

De acordo com o censo agropecuário (IBGE, 2006) existem no Brasil cerca de 5,2 milhões de estabelecimentos rurais, dos quais aproximadamente 25% produzem leite, envolvendo cerca de cinco milhões de pessoas. Em 2013, por exemplo, o setor movimentou um valor bruto de R\$ 22,9 milhões, principalmente em cidades de pequeno e médio porte (MAPA, 2014).

Porém a pecuária leiteira ainda vem enfrentando dificuldades atribuídas ao baixo nível tecnológico de pequenos produtores que são a maioria, às baixas produções e produtividades dos rebanhos, a falta de políticas no setor, e principalmente devido aos altos custos de produção, onde nesse fator a alimentação representa a maior fatia dos custos (CAMPOS; PIACENTI, 2007).

A alimentação na pecuária leiteira representa cerca de 60% dos custos totais os quais são diluídos em forrageiras, suplementos, leite para bezerros, minerais, grãos, farelos e silagens (ARÊDES, 2006). Como forma de redução dos altos custos com a alimentação na pecuária leiteira, procura-se intensificar essa alimentação com alimentos volumosos na forma de forragens (pastagens), porém a mesma apresenta considerável sazonalidade na sua obtenção com longos períodos de vazio forrageiro (NEUMANN, 2006).

Portanto, o sistema mais viável economicamente para a alimentação de animais de interesse zootécnico é a utilização direta de pastagem, entretanto, em todo território brasileiro, a produção de forragem em forma de pastagens, possui significativas sazonalidades causadas pelas características do clima tropical, que causa considerável escassez de alimentos e conseqüentemente, queda na produção dos animais, tanto de carne como leite, que dependem apenas das pastagens.

Para compensar a deficiência na disponibilidade de forragem das pastagens, o produtor busca alternativas visando fornecer alimentos volumosos de forma

suplementar, para que os índices produtivos de seu rebanho, não sejam fortemente prejudicados. Dentre as alternativas disponíveis, a mais usual é a silagem de planta inteira de milho, que consiste em colher, picar, armazenar e conservar (LANES, et. al, 2006).

2.2. PRODUÇÃO DE MILHO PARA SILAGEM

Para o estabelecimento, desde os tratos culturais até o corte da cultura, o preparo do solo envolve um conjunto de práticas indispensáveis e que dependem de muitos fatores que requerem decisões técnicas apropriadas a cada situação, como: tipo de maquinário disponível e sua respectiva regulagem, a cultivar a ser estabelecida, infestação de plantas daninhas, resíduos vegetais existentes na superfície do solo, topografia, incorporação de corretivos, fertilizantes, defensivos. Também a questão física do solo, como: tipo de solo, existência de camada compactada, riscos de erosão e faixa de umidade do solo a ser respeitada para o mesmo ser trafegado (LANES, et. al, 2006).

Um das principais práticas a serem realizadas dentro de um sistema de produção agrícola, é o ato da semeadura, a mesma afeta diretamente o potencial produtivo da cultura estabelecida. Na cultura do milho, vários são os aspectos que devem ser considerados; fatores químicos do solo, genética do material implantado e fatores relacionados à mecanização como, a velocidade de semeadura, profundidade de deposição das sementes e fertilizantes. Porém, para realizar tais funções de maneira adequada, há uma série de fatores que são exercidos sobre o solo, como revolvimento da linha de semeadura no caso da semeadura direta na palha, revolvimento do solo em caso de preparo convencional (MELLO MACHADO, 2006).

No decorrer do ciclo da cultura, tratos culturais devem ser realizados para garantir proteção do potencial produtivo das plantas, como manejo de pragas, doenças e plantas daninhas, aplicação de fertilizantes via cobertura e via foliar chegando até o processo da colheita, tanto na finalidade da cultura para grãos tanto para silagem (COSTA, 2011).

No entanto, para que essas práticas possam ser realizadas, haverá tráfego intenso ocasionado pelas máquinas agrícolas exercendo fortes pressões sobre o solo, as quais poderão afetar suas propriedades físicas, químicas e biológicas (COSTA, 2011).

2.3. MANEJO DO SOLO EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE SILAGEM

O manejo do solo baseia-se de práticas simples, mas indispensáveis ao bom desenvolvimento das culturas e compreende um conjunto de técnicas que, quando utilizadas racionalmente, proporcionam altas produtividades, mas quando não realizadas ou realizadas da maneira incorreta, acabam por potencializar o processo de degradação (MELLO MACHADO, 2006).

Objetivando explorar ao máximo o potencial produtivo da cultivar escolhida tanto na produção de milho para grãos ou para silagem, deve-se considerar significativamente o manejo da área desde sua escolha até o processo da colheita. Geralmente dentro do sistema de produção, a área que se destina para produção de silagem é relativamente baixa, fator que contribui para que o manejo a ser realizado se aproxime ao máximo das condições ideais para o cultivo, sendo vários os fatores que influenciarão no rendimento produtivo ao final do ciclo de produção, os quais se podem citar, o uso de plantas de cobertura, adubação e fatores relativos a semeadura como densidade populacional, época, profundidade e espaçamento entre plantas (EMBRAPA, [2016?]).

A retirada de praticamente toda a massa vegetal da área é um agravante sério que resulta em problemas ao solo, comprometendo a ciclagem de nutrientes devido à baixa disponibilidade de material no processo de decomposição reduzindo a atividade biológica do meio e comprometendo a biodiversidade. A massa vegetal decomposta é um dos principais fatores que contribuem para a estruturação do solo, a qual está relacionada na agregação das partículas, também afeta a infiltração de água no solo devido à baixa incorporação de material orgânico no solo, aumentando o potencial erosivo das chuvas em detrimento da baixa proteção solo do impacto das gotas e do maior volume de água propicio para o escoamento superficial (MMA, [2016?]).

O uso de plantas de cobertura, principalmente antecedendo a cultura do milho, apresenta inúmeros benefícios ao sistema. Sendo o milho uma cultura altamente exigente em nitrogênio, o uso de plantas de cobertura fixadoras ou eficiente cicladoras de nutrientes, torna-se imprescindível antecedendo o seu cultivo (CARVALHO, 2013). Dentre outros benefícios o uso de plantas de cobertura colabora também na intensificação da atividade biológica, protege o solo contra o impacto das gotas da chuva, favorece a agregação e a porosidade do solo, e auxilia

a reduzir camadas compactadas do solo através do sistema radicular (EMBRAPA, [2016?]).

Em relação à quantidade e tipo de fertilizante a ser utilizado deve-se sempre ser definidos pela análise química do solo e pela produtividade que se deseja alcançar. Devem-se seguir as recomendações técnicas para se obter uma correta uniformidade e incorporação no solo. A maioria dos solos brasileiros apresenta deficiência em fósforo, porém, em solos com produção de silagem, os elementos minerais mais extraídos são o nitrogênio e o potássio resultante à retirada de praticamente todo o dossel vegetativo das plantas, aumentando a necessidade de se ter um cuidado especial com esses nutrientes (MIRANDA; RESENDE; VALENTE, 2002).

Na produção de milho um aspecto importante é a densidade de semeadura, sendo de modo geral um fator que quando há um baixo número de plantas por hectare apresenta significativamente baixo rendimento tanto de grãos como forragem, podendo afetar também a qualidade da forragem a ser obtida, devido à proporção entre as partes da planta. Agronomicamente as plantas devem estar dispostas de forma equidistantes, com isso, a redução do espaçamento entre as linhas de semeadura tem promovido o aumento da produtividade de grãos, melhora a qualidade da silagem aumenta a porcentagem de nutrientes digestíveis totais (NDT) e reduz as fibras na matéria seca, devido à melhor interceptação da luz solar (EMBRAPA, [2016?]).

Portanto, vários são os aspectos a serem considerados em sistema de produção com cultivo de milho para silagem. No entanto, vários desses aspectos são ignorados, os quais apresentam problemas principalmente ao solo. Como na produção de silagem há a retirada toda a massa de forragem, deve-se ter o cuidado de fazer o uso, pré e/ou pós a silagem, de plantas que irão adicionar ao solo uma grande quantidade de massa, a fim de amenizar o impacto causado pela retirada do material para a fabricação de silagem (MIRANDA; RESENDE; VALENTE, 2002).

Outro fator ignorado é a repetição do cultivo de milho para silagem em uma mesma área, havendo assim precária reposição de matéria orgânica (MO), problemas na reciclagem de nutrientes e problemas na conservação do solo acarretando na ausência da adoção de um sistema de rotação de culturas o qual

dentro de um sistema de produção agrícola é indispensável (MIRANDA; RESENDE; VALENTE, 2002).

As culturas que virão em sucessão nas áreas de produção de silagem enfrentarão vários problemas, dificultando um desenvolvimento adequado e expressando rendimentos inferiores de produtividade. Haverá baixa atividade biológica devido à retirada da massa vegetal das plantas, atividade essa que contribui na ciclagem de nutrientes, principalmente de fósforo e nitrogênio (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O tráfego intenso de máquinas agrícolas nas áreas de produção de silagem, é um fator ignorado em muitos dos casos. No entanto, em condições de manejo do solo, principalmente solos argilosos, que envolva o seu revolvimento o mesmo apresenta menor resistência a se tornar compactado quando trafegado em condições de umidade acima do limite de friabilidade, sendo o fator manejo e o fator umidade, os principais fatores reguladores da compactação do solo (SILVA, REINERT; REICHERT, 2002).

A condição de umidade do solo é fator determinante da capacidade do mesmo em manter suas características originais de capacidade de carga, quando seco, o solo é altamente coeso e apresenta grande capacidade de resistência à compactação, porém, à medida que a umidade do mesmo aumenta, ocorre à formação de um filme de água entre os agregados, facilitando o deslocamento e o reposicionamento das partículas, diminuindo a resistência à compactação (HILLEL, 1980 in: SILVA, REINERT; REICHERT, 2002).

Quando altas pressões exercidas pelas máquinas agrícolas ao solo combinadas com condições de umidade do solo acima dos limites de plasticidade do mesmo, podem levar a formação de camadas compactadas geralmente entre 8 a 15 cm de profundidade (STRECK et al, 2004), se tornando uma considerável barreira física ao crescimento radicular das plantas, para infiltração e disponibilização de água.

A compactação solo é oriunda da ação de forças externas que tendem a deformá-lo levando a redução do espaço poroso, em solos de áreas de produção agropecuária, tais forças podem ser originadas através do pisoteio animal e do tráfego de máquinas agrícolas (SILVA, REINERT; REICHERT, 2002). Na agropecuária, a compactação do solo é um dos principais problemas físicos

existente, prejudicando o desenvolvimento de plantas e levando o solo a degradação (WADT, 2003).

O efeito da compactação nas plantas tem início na restrição do sistema radicular ao crescimento levando a consequências para a parte aérea, mesmo o solo apresentando boas condições químicas, quando o solo se apresenta compactado, as plantas não conseguem se beneficiar adequadamente dos nutrientes disponíveis na solução do solo, uma vez que o desenvolvimento radicular é debilitado, impedido que o mesmo alcance camadas mais profundas do perfil do solo havendo restrição a disponibilidade de alguns nutrientes (REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007).

Nas áreas de produção de silagem, cerca de 60 a 70% da área é trafegada (DUTTMANN et. al, 2014), aumentando o potencial do solo em se compactar, quando os fatores controladores que propiciam a mesma não se encontram nas condições ideais. Geralmente em pequenas propriedades rurais, os equipamentos utilizados para o processo de ensilagem, contribuem ainda mais para a possível compactação do solo, pois em muitos casos se faz o uso de ensiladoras que realizam o corte da forragem de linha em linha, ou seja, uma linha que a cultura está disposta na área é cortada por vez fazendo com que assim praticamente toda a área seja trafegada (CRUZ, [2016?]).

Sendo estas práticas inadequadas ao sistema e realizadas de forma repetitivas, onde principalmente as condições de umidade do solo acabam por não serem respeitadas, muitas vezes pela a necessidade da rápida retirada da forragem do campo (LANES, et. al, 2006). Com isso, pode-se formar uma camada compactada no solo causado pelo intenso tráfego de máquinas agrícolas sobre ele, acarretando assim em uma série problemas físicos, entre eles: baixa infiltração de água, menor desenvolvimento do sistema radicular das plantas, aumento da densidade, provocando menor agregação das partículas, reduzindo o espaço poroso e conseqüentemente menor retenção de água (MELLO MACHADO, 2006).

Como alternativa a escarificação mecânica é um processo eficiente para reduzir a densidade do solo, pois aumenta consideravelmente a macroporosidade do solo através da desestruturação dos agregados, no entanto, é um processo com efeito curto, onde cerca de um ano após o processo, seu efeito está praticamente anulado (NICOLOSO, et al, 2008). Com o aumento da macroporosidade do solo causada pela escarificação mecânica, a infiltração da água aumenta, porém, a

capacidade de retenção acaba sendo menor, pois a mesma também diminui a microporosidade a qual é a responsável pela retenção dessa água. A escarificação mecânica, só é recomendada em casos extremos, pois destrói a estrutura existente do solo, propicia baixos índices de retenção da água, além de aumentar a susceptibilidade deste solo à erosão hídrica (NICOLOSO, et al, 2008).

2.4. FATORES FÍSICOS DE CRESCIMENTO DAS PLANTAS

As variáveis físicas do solo que afetam o crescimento das plantas de ação direta são as propriedades relacionadas principalmente ao fornecimento de água, de oxigênio as plantas e com a resistência a penetração das raízes, esses fatores físicos estão estreitamente relacionados à condição estrutural e ao conteúdo de água no solo e, portanto sujeitos a modificações positivas ou negativas em relação à produtividade das culturas, as quais variam em relação às práticas de manejo adotadas no sistema (TORMENA, 2009).

As condições físicas do solo, favoráveis para o adequado desenvolvimento das plantas, tem sido associadas a uma porosidade de aeração mínima de 10% para a adequada difusão do oxigênio no solo, com um limite da resistência a penetração de 2 MPa e com uma ampla disponibilidade de água no solo entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), sendo a disponibilidade de água o fator mais diretamente ligado com a qualidade do solo para o crescimento das plantas (TORMENA, 2009).

Os efeitos dos fatores físicos sobre o crescimento das plantas ocorrem por meio de ação simultânea e de várias interações envolvendo a resistência a penetração, aeração e disponibilidade água, sendo a umidade do solo capaz de promover modificações na aeração e na resistência a penetração das raízes no solo, porém em um solo com estrutura muito degradada a reduzida aeração ou a excessiva resistência a penetração podem apresentar impedimentos ao crescimento das plantas independentemente da disponibilidade hídrica adequada (MAZURANA et. al, 2013).

As propriedades físicas do solo relacionadas com a produtividade das culturas podem ser divididas em duas categorias (LETEY, 1985):

a) Diretamente relacionadas com o desenvolvimento das plantas, são as que determinam o fornecimento de água, de oxigênio, de temperatura e resistência mecânica para a emergência das plântulas e crescimento das raízes, tais fatores

determinam a taxa dos processos fisiológicos, ligados com o crescimento das raízes, com a fotossíntese e com o crescimento foliar.

b) Indiretamente relacionados como desenvolvimento das plantas, tais como granulometria do solo, densidade do solo, agregação e porosidade, sendo estes os fatores relacionados nas avaliações dos impactos dos sistemas de manejo sobre a estrutura do solo.

2.5. INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

Algumas práticas de manejo do solo e também das culturas provocam alterações nos atributos do solo, e como consequência tem crescido o interesse da comunidade científica em avaliar a qualidade do solo submetido a diferentes processos de cultivo. A compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo na qualidade dos solos são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas (NIERO, 2009).

Para Doran & Parkin (1994) a qualidade do solo envolve sua capacidade de funcionar dentro dos limites de um ecossistema, sustentando a produtividade biológica, mantendo a qualidade do ambiente e promovendo o desenvolvimento adequado das plantas e dos animais. A qualidade do solo pode ser avaliada por meio de atributos relacionados à sua capacidade de suprir nutrientes para as plantas, em suportar o crescimento e desenvolvimento de raízes, proporcionarem uma adequada atividade biológica e em propiciar uma adequada estabilidade estrutural para resistir à erosão e para reter água para as plantas.

Do ponto de vista das atividades agrícolas, os indicadores físicos assumem importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como taxas de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Possuem também função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo. Entre os principais indicadores físicos de qualidade de solo sob o ponto de vista agrícola, está a textura, estrutura, densidade, resistência à penetração, profundidade de enraizamento, capacidade de armazenamento de água (GOMES; FILIZOLA, 2006).

2.5.1. ESTRUTURA DO SOLO

Segundo Brewer & Sleeman (1960, citado por KLEIN, 2012), definem a estrutura do solo, sendo a condição física do material do solo caracterizada pela

dimensão, forma e arranjo das partículas sólidas e do espaço gasoso formado pelos poros a elas associados, incluindo partículas primárias e também as partículas originadas pela união delas.

A estrutura, diferente da textura, pode ser afetada e modificada pelo manejo agrícola, podendo ser melhorada ou degradada, Reichardt (1987, citado por Klein, 2012). A presença de uma rede, considerada ideal, de poros, com amplas variações de tamanhos, é um fator chave na fertilidade do solo, pois afeta as relações de drenagem, teor de água disponível para as plantas, absorção de nutrientes, crescimento das raízes, aeração e temperatura, ambas afetando diretamente a produtividade agrícola (Rezende, 1997).

A estrutura do solo é representada por poros e agregados, os quais propiciam as condições para que as plantas possam se sustentar, tanto hídrica, nutricional e fisicamente. Mesmo sem haver agregados, ou baixa agregação, as partículas do solo produzirão determinado arranjo que propiciará definido ambiente físico ao solo, sendo assim, poros e estrutura constituem-se em atributos do solo de natureza dinâmica (FERREIRA, 2010).

Quando bem estruturado, o solo apresenta inúmeras condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas e a dinâmica da água. O solo bem estruturado possibilita uma boa e rápida infiltração da água da chuva, evitando acúmulo superficial que favorece o escoamento e a erosão, que a água alcance camadas mais profundas do solo ficando armazenada mais profundamente e disponível para as raízes no caso de estiagens mais prolongadas, também possibilita maior espaço poroso, para facilitar as trocas gasosas do sistema radicular presente no solo (CAPECHE, 2008).

Um solo bem estruturado possui ainda maior atividade biológica de macro e microorganismos, bem como o crescimento do sistema radicular das plantas é beneficiada. Apresenta maior resistência a erosão, pois as partículas e agregados sofrem menos com a ação do impacto das gotas da chuva e o escoamento superficial da água e do mesmo modo apresenta maior resistência a compactação (TORMENA, 2009).

Do ponto de vista químico, um solo bem estruturado possui maior eficiência na ação dos corretivos e do aproveitamento dos fertilizantes, devido às condições de aeração, umidade, crescimento radicular e atividade biológica. Tem maior rapidez na

decomposição dos resíduos orgânicos e conseqüentemente maior ciclagem dos nutrientes (CAPECHE, 2008).

2.5.2. ARMAZENAMENTO E ÁGUA NO SOLO

A disponibilidade de água às culturas é variável de acordo com as características do solo, as condições climáticas e a necessidade da planta, além disso, o aumento ou a redução da disponibilidade hídrica está relacionado ao manejo adotado no solo. A água é o principal fator responsável pelas variações de produtividade das culturas, especialmente em áreas sem fornecimento artificial de água (irrigação), e em regiões que apresentam períodos de déficit hídrico, afetando em conseqüência a resposta econômica do sistema de produção (MICHELON, 2010).

A água é retida no solo, devido à capilaridade e adsorção. A capilaridade está ligada a afinidade entre as partículas sólidas e a água, tendo obrigatoriamente haver a presença de interfaces água-ar para ocorrer. As interfaces água-ar são chamadas de meniscos e a curvatura destes varia dependendo do tamanho do poro, quanto menor o poro, mais retida se encontrará a água. Possuindo o solo uma grande variedade de formas dos poros, aplicando-se determinadas tensões primeiramente os maiores poros se esvaziam e em seqüência os poros menores. Enquanto que na adsorção dependem basicamente da espessura do filme de água que recobre as partículas, a qual varia de acordo com a superfície específica, sendo maior a retenção em solos argilosos e com teor de matéria orgânica mais elevada (MICHELON, 2010).

As propriedades físicas do solo como textura, distribuição e tamanho dos poros e a estrutura influenciam diretamente na variação da quantidade de água armazenada no solo (PETRY, 2007). O tipo de solo e a qualidade das partículas de argila são responsáveis pela afinidade que se estabelece entre a água e as partículas sólidas, resultando na energia de retenção de água no solo (REICHARDT; TIMM, 2004).

2.5.3. DENSIDADE DO SOLO

O aumento na densidade do solo, pelo excesso de trabalho mecânico como o preparo do solo e plantio, ou tráfego intenso de máquinas pesadas, e pisoteio animal nas áreas de integração lavoura pecuária, em períodos de umidade alta do solo

podem levar o mesmo a compactação. Nos solos compactados há uma resistência do mesmo à penetração do sistema radicular, que encontra dificuldades para se desenvolver e o processo de respiração das raízes é dificultado (VIANA, 2008).

Em solos agrícolas os valores de densidade variam em torno de 0,9 a 1,8 g cm⁻³, valores estes que dependem da textura e do teor de matéria orgânica destes solos. Solos com teores maiores de argila e também maiores teores de matéria orgânica apresentam naturalmente valores de densidade mais baixos (KLEIN, 2012).

Em Latossolo vermelho, mesmo plantas com sistema radicular com potencial de crescimento mais agressivo, apresentaram restrições ao desenvolvimento com valores de densidade de 1,50 g cm⁻³ (BEUTLER et al, 2005). Já em Argissolo vermelhos as plantas apresentaram restrições ao desenvolvimento com valores de densidade próximos a 1,85 g cm⁻³ (REINERT et al, 2008), mesmo sendo a escarificação biológica eficiente, nesses casos é necessária intervenção mecânica no solo para diminuição dos valores de densidade.

Outra característica peculiar da densidade do solo, é que a mesma apresenta um coeficiente de variação inferior a 10%, por esse fato, permite-se a avaliação deste atributo com um número relativo baixo de amostras. No entanto é imprescindível que durante a determinação da densidade, a amostra do solo seja retirada cuidadosamente, visando manter o máximo possível preservada a sua respectiva estrutura (KLEIN, 2012).

2.5.4. RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO

Outro fator que pode ser limitante é a resistência mecânica do solo a penetração que segundo Letey (1985, citado por KLEIN, 2012), que é uma das propriedades físicas do solo que influenciam diretamente no crescimento das raízes e da parte aérea das plantas, onde a mesma é utilizada para avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular.

A resistência a penetração que o solo exerce está diretamente relacionada com o manejo realizado, variando a partir da densidade, onde a partir dessa variável a capacidade de armazenamento de água também varia consideravelmente. Por isso, como a sua mensuração está relacionada com a umidade do solo, recomenda-se realizar esta avaliação em faixas de umidade ideais para a mecanização, ou seja, dentro da faixa de friabilidade do solo, pois essa avaliação pode ser fortemente afetada devido à alta variabilidade espacial da umidade do solo (KLEIN, 2012).

O estabelecimento de um valor crítico da resistência do solo à penetração para o crescimento radicular depende do tipo de solo e da espécie cultivada. Valores de resistência a penetração próximos de 2,0 MPa é impeditivo ao desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas agrícolas (TAYLOR et al, 1966; TORMENA et al, 1999 in: SILVA et al, 2012). No entanto há indicações de culturas que se desenvolvem normalmente até valores superiores a 3,0 MPa (BEUTHER & CENTURION, 2003).

O uso intensivo dos solos agrícolas pode provocar consideráveis alterações na resistência do solo à penetração, sendo modificado de forma negativa quando ocorre a degradação de sua estrutura, desta forma solos cultivados ou pastejados em geral, tendem em apresentar maior resistência à penetração quando comparado com solos com vegetação nativa ou em sistemas conservacionistas (AQUIAR, 2008).

Dessa forma, o aumento da resistência a penetração pode ser indesejável por ter o potencial de causar problemas ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das culturas, apresentando forte correlação com suas respectivas produtividades (SILVA et al, 2012).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. LOCAL E CARACTERÍSTICAS

Realizou-se um experimento na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, RS. O solo da área experimental pertence à Unidade de Mapeamento Santo Ângelo, classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006).

Para realização do estudo, necessitava-se que o solo se encontrasse com teores de umidade elevada, sendo necessária para a aplicação dos tratamentos, a ocorrência de uma precipitação pluviométrica considerável, onde entre os dias 24/03/2016 e 28/03/2016 choveu 61,3 mm conforme monitoramento realizado na área com auxílio de pluviômetro, precipitação essa equivalente para elevar a umidade do solo. Após a ocorrência da chuva realizou-se aferições da umidade do solo com o auxílio do aparelho Time Domain Reflectometer (TDR), o qual permite realizar tais aferições da umidade do solo em tempo real.

No primeiro dia após a precipitação foi iniciado a colheita do milho para silagem com o maquinário agrícola composto de trator agrícola New Holland modelo TL 75 equipado com concha frontal marca Stara modelo PAD 500, ensiladora de forragem marca Netz modelo Brava 300 e carreta agrícola marca Kohler modelo KLR CA 5.5 com capacidade de carga de 5500 kg.

No momento do tráfego foi usada dentro da carreta agrícola uma massa adicional de 2250 kg que resulta em 50% da capacidade de carga, para que a mesma possa realizar uma pressão constante no solo durante o tráfego. As linhas de semeadura estavam dispostas num espaçamento de 0,5 metros, sendo necessário o corte de sete linhas de forragem em cada tratamento para que os rodados do conjunto percorressem no mesmo local por duas vezes, assemelhando-se a condições reais de trafegabilidade encontradas em áreas de produção silageira.

Por se tratar de uma área homogênea o delineamento experimental utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), as médias obtidas foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, através do programa estatístico SAS. Os tratamentos aplicados para a avaliação dos atributos físicos do solo consistiram em um arranjo bifatorial, com cinco tratamentos: Fator A - plantio direto, fator D - cultivo mínimo, sendo os tratamentos: D1 = Colheita de milho para silagem um dia após a chuva; D2

= Colheita de milho para silagem dois dias após a chuva; D3 = Colheita de milho para silagem três dias após a chuva; D4 = Colheita de milho para silagem quatro dias após a chuva e TEST = Testemunha sem colheita de milho para silagem.

3.2. DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

No momento de cada colheita realizada para aplicação dos tratamentos, realizaram-se coletas de amostras deformadas de solo nas camadas de 0,00-0,10m; 0,10 – 0,20m e 0,20 - 0,30m para determinação da umidade gravimétrica (U_g) em que o solo se encontrava, com o objetivo após a determinação dos limites de consistência do sol, relacionar ambos os parâmetros e se obter a informação do estado de mobilidade das partículas do solo.

Para a determinação da umidade gravimétrica, as amostras foram pesadas e depois secadas em estufa a 105°C durante 48 horas. Para o cálculo da umidade gravimétrica foi utilizada a fórmula abaixo:

$$U_g(\%) = \frac{\text{Massa do solo úmido} - \text{Massa do solo seco}}{\text{Massa do solo seco}}$$

3.3. LIMITES DE CONSISTÊNCIA

O Limite de Liquidez (LL) é definido como a umidade abaixo da qual o solo se comporta como material plástico; é a umidade de transição entre os estados líquido e plástico do solo. De forma experimental corresponde ao teor de umidade com que o solo fecha certa ranhura sob o impacto de 25 golpes do aparelho de Casagrande (EMBRAPA, 2011).

O método consiste em acondicionar cerca de 30g de solo umedecido sobre a cápsula do aparelho de Casagrande, realizar uma ranhura na massa de solo de 2 mm na camada inferior e 10 mm na camada superior e contabilizar o número de golpes necessários para fechar tal ranhura (**Figura 1**).

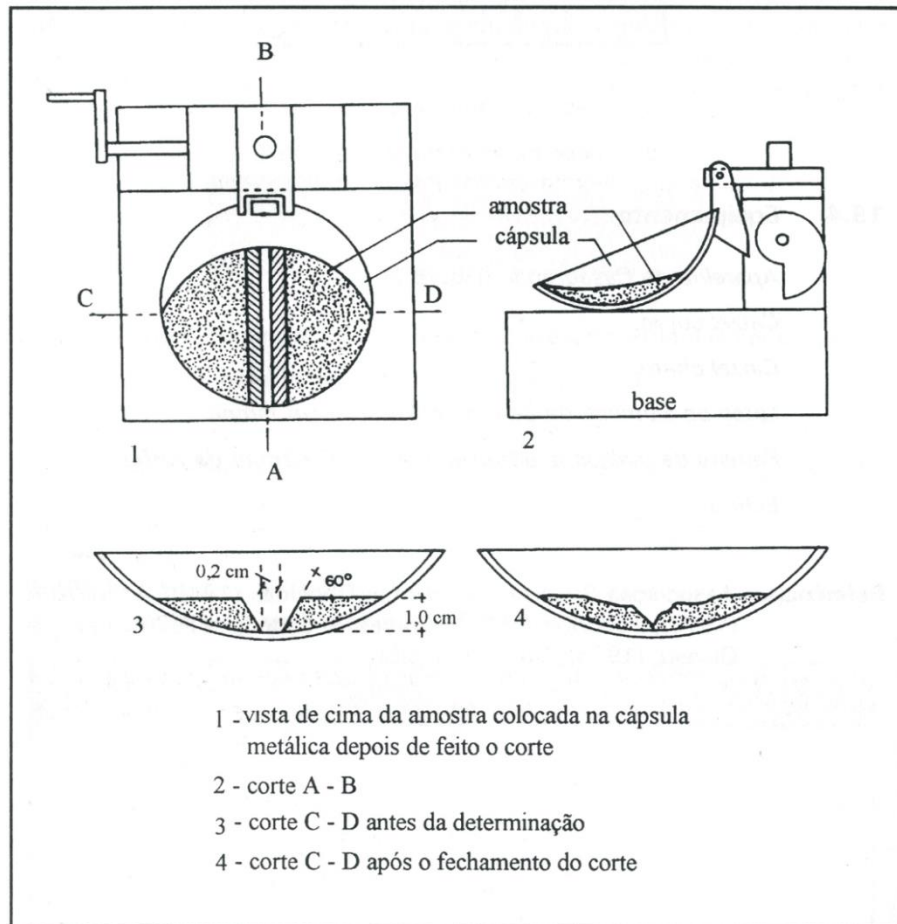


Figura 1: Ilustração do método de determinação do limite de liquidez do solo através do método de Casagrande.

No momento que há o fechamento da ranhura, coleta-se uma pequena amostra de solo, de preferência do local próximo a ranhura para secagem em estufa a 105°C por 48 horas para determinação da umidade pelo método gravimétrico. São necessários 25 golpes para considerar o limite de liquidez, porém são aceitas leituras entre 18 e 32 golpes onde é aplicado um fator de correção:

$$LL = W_N \cdot \left(\frac{N}{25}\right)^{0,12}$$

Onde:

LL = limite de liquidez

W_N = porcentagem de umidade correspondente a N pancadas

N = o número de pancadas da determinação.

O Limite de Plasticidade (LP) é tido como o teor de umidade em que o solo deixa de ser plástico, tornando-se quebradiço; é a umidade de transição entre os

estados plástico e friável do solo. Em laboratório o LP é obtido determinando-se o teor de umidade no qual um cilindro de um solo com 3 mm de diâmetro apresenta-se fissuras.

A partir da determinação do limite de liquidez manuseia-se a amostra obtida para ocorrer a diminuição do teor de umidade formando um cilindro de solo com cerca de 3 mm de espessura até o momento em que o cilindro ao ser flexionado se torne quebradiço, neste momento tem-se então o limite de plasticidade. Coleta-se a amostra do solo, de preferência do local próximo a rachadura para secagem em estufa a 105°C por 48 horas para determinação da umidade pelo método gravimétrico.

3.4. DENSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE POROS

Para determinações de densidade (D_s), porosidade total (PT), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi), foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada através do auxílio de um anel metálico com volume aproximado de 100,00 cm³ em três camadas de solo, sendo elas 0,00 – 0,10m; 0,10 – 0,20m; 0,20 – 0,30m. As amostras foram saturadas, pesadas e submetidas às tensões de 6 kPa em coluna de areia, conforme descrito por Reinert e Reichert, 2006 para determinações de PT, Ma e Mi.

Para a determinação da densidade do solo, as amostras foram pesadas depois de serem secas em estufa a 105°C durante 48 horas. Para o cálculo da densidade será utilizada a fórmula abaixo:

$$D_s(\text{g. cm}^{-3}) = \frac{\text{Massa do solo seco}}{\text{volume do anel}}$$

Para a determinação da porosidade total do solo, foi determinada a densidade de partículas conforme a Embrapa (1997) para o solo estudado. Para o cálculo da PT utilizou-se a fórmula abaixo:

$$PT(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}) = 1 - \left(\frac{\text{Densidade do solo}}{\text{Densidade de partículas}} \right)$$

Para as determinações de microporosidade e macroporosidade, as amostras foram saturadas com água e depois colocadas na mesa de tensão, para cálculo da microporosidade do solo foi utilizada a fórmula:

$$Mic(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}) = \frac{(\text{Massa do solo a 6 kpa} - \text{massa do solo seco})}{\text{volume do anel}}$$

A macroporosidade do solo foi calculada através da fórmula:

$$\text{Mac}(m^3 \cdot m^{-3}) = \text{Porosidade Total} - \text{Microporosidade}$$

3.5. RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO

Para a realização das leituras de resistência mecânica a penetração do solo, utilizou-se um penetromêtro automático portátil da marca Falker modelo Solo Track com cone de penetração número 2, com um índice de cone máximo de 6.800 kPa. As leituras foram realizadas em 5 pontos por tratamento e 5 leituras por ponto chegando a um total de 250 leituras na camada de 0,0-0,6m de profundidade.

Em cada ponto, foram realizadas cinco leituras de resistência mecânica do solo a penetração, sendo uma leitura na linha de semeadura da cultura do milho, duas leituras a 0,10m de cada lado da linha de semeadura e outras duas leituras a 0,20m de cada lado da linha de semeadura.

No momento de realização das leituras de resistência mecânica do solo a penetração, por ser juntamente com a densidade um dos principais fatores que influenciam na avaliação, foi realizada coletas deformadas de solo nas camadas de 0,00 – 0,10m; 0,10-0,20m e 0,20 – 0,30m de profundidade para determinação do teor de umidade do solo através do método gravimétrico, onde as amostras foram submetidas à secagem em estufa a 105°C por 48 horas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No momento da aplicação dos tratamentos a campo, a umidade do solo apresentou baixa variação entre os dias de avaliação, permanecendo em todos os dias avaliados abaixo do limite de plasticidade do solo (**Figura 2**). Tanto sob plantio direto quanto em cultivo mínimo, a umidade do solo foi maior no primeiro dia após chuva demonstrando posteriormente valores decrescentes no decorrer do tempo até o quarto dia após a chuva.

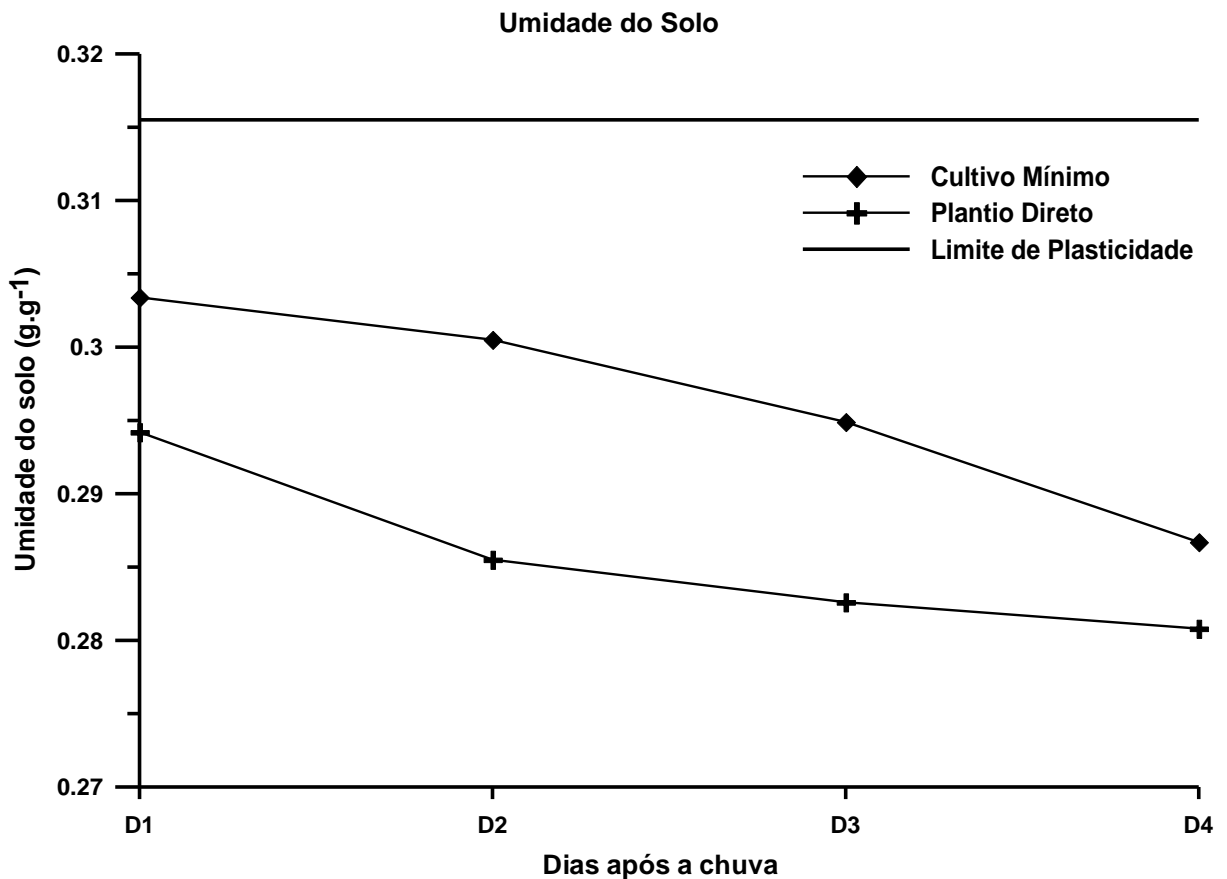


Figura 2: Limite de plasticidade e umidade do solo no momento da realização da colheita de milho para silagem. D1 = Colheita de milho para silagem um dia após a chuva, D2 = Colheita de milho para silagem dois dias após a chuva, D3 = Colheita de milho para silagem três dias após a chuva, D4 = Colheita de milho para silagem quatro dias após a chuva.

A umidade do solo, geralmente é maior em solo sob manejo de plantio direto em relação à umidade do solo sob cultivo mínimo, pois o solo sob plantio direto apresenta maior quantidade de microporos, os quais são responsáveis pela retenção de água no solo, (COLLARES et al, 2008).

A umidade do solo no cultivo mínimo apresentou-se superior quando comparada a umidade do solo no plantio direto em ambos os dias após a chuva,

porém com o passar do tempo a umidade do solo no cultivo mínimo tende a apresentar um decréscimo mais acentuado, enquanto que a umidade do solo no plantio direto apresenta um decréscimo com comportamento discreto.

A partir dos teores obtidos na avaliação da umidade do solo, constatou-se que o mesmo apresentou condições favoráveis a trafegabilidade, ou seja, no momento de realização dos tráfegos do conjunto durante a colheita de milho para silagem, o solo não apresentava teores de umidade favoráveis ao processo de compactação, pois permaneceu abaixo do limite de plasticidade (COLLARES et al, 2008), apresentando assim uma maior resistência para que ocorresse a formação de camadas compactadas.

Os tratamentos interferiram nos valores de densidade do solo em plantio direto na camada de 0-10 cm de profundidade, onde em todos os tratamentos, os valores foram superiores e diferentes estatisticamente em relação à testemunha onde não houve a colheita de milho para silagem (**Tabela 1**). Mesmo a umidade do solo não apresentando teores dentro de faixas ótimas para tal, o tráfego da colheita foi capaz de aumentar a densidade do solo.

A porosidade total do solo (PT) no plantio direto foi influenciada pelos tratamentos utilizados na camada de 0 a 10 cm de profundidade onde em todos os tratamentos utilizados, os valores de PT foram menores quando comparados ao valor obtido na testemunha onde não houve o tráfego do conjunto agrícola. Apresentando comportamento semelhante ao parâmetro de PT, a macroporosidade (Mac) também foi afetada somente na camada de 0 a 10 cm de profundidade onde também apresentou valores menores quando comparados a testemunha. Do mesmo modo, a microporosidade (Mic) foi influenciada apenas na camada de 0 a 10 cm de profundidade, porém com comportamento distinto, onde em todos os tratamentos utilizados os valores obtidos foram maiores quando comparados a testemunha.

Com o tráfego da colheita realizado com o trator sobre o solo, houve a redução dos macroporos, isto devido à pressão exercida pelos rodados do trator na camada superficial do solo fazendo com que ocorresse um aumento na quantidade de microporos presentes no solo (STRECK et al, 2004).

Nos atributos de densidade, porosidade total, macro e microporosidade não houve diferença significativa entre os dias de realização das colheitas, porém houve diferença de todos estes em relação à testemunha na camada superficial de 0 a 10

cm de profundidade, pois a umidade do solo como fator variável mesmo não se encontrando de dentro de faixas ótimas foi capaz de influenciar nos respectivos valores obtidos.

Tabela 1: Densidade e distribuição de poros em solo sob plantio direto.

Camada (m)	TEST	D1	D2	D3	D4	CV(%)
Densidade do Solo (Mg.m⁻³)						
0,00-0,10	1,28 b	1,42 a	1,44 a	1,40 a	1,43 a	4,65
0,10-0,20	1,41 a	1,44 a	1,45 a	1,44 a	1,45 a	1,91
0,20-0,30	1,36 a	1,40 a	1,44 a	1,44 a	1,42 a	3,31
Porosidade Total (m³.m⁻³)						
0,00-0,10	0,54 a	0,49 ab	0,48 b	0,50 ab	0,48 b	4,52
0,10-0,20	0,49 a	0,48 a	0,48 a	0,48 a	0,48 a	2,12
0,20-0,30	0,51 a	0,49 a	0,48 a	0,48 a	0,49 a	3,70
Microporosidade (m³.m⁻³)						
0,00-0,10	0,40 b	0,45 a	0,45 a	0,46 a	0,44 a	4,85
0,10-0,20	0,43 a	0,42 a	0,43 a	0,41 a	0,42 a	2,47
0,20-0,30	0,43 a	0,45 a	0,43 a	0,43 a	0,44 a	2,34
Macroporosidade (m³.m⁻³)						
0,00-0,10	0,13 a	0,03 b	0,03 b	0,03 b	0,04 b	58,10
0,10-0,20	0,06 a	0,05 a	0,05 a	0,07 a	0,06 a	22,75
0,20-0,30	0,07 a	0,04 a	0,04 a	0,05 a	0,05 a	36,85

*Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. D1 = Colheita de milho para silagem um dia após a chuva, D2 = Colheita de milho para silagem dois dias após a chuva, D3 = Colheita de milho para silagem três dias após a chuva, D4 = Colheita de milho para silagem quatro dias após a chuva e TEST = Testemunha sem colheita de milho para silagem.

Nos valores obtidos nas avaliações realizadas em solo sob cultivo mínimo (**Tabela 2**) o atributo de densidade do solo em todos os tratamentos testados no estudo apresentou valores distintos quando comparados a testemunha na camada de 0 a 10 cm de profundidade, evidenciando que os mesmos foram capazes de influenciar tal atributo mesmo em condições de umidade do solo não favoráveis para o aumento da densidade.

O atributo de densidade do solo sofreu influência dos tratamentos testados, apresentando valores semelhantes aos encontrados no plantio direto, mostrando que o tráfego da colheita agrícola no cultivo mínimo elevou os valores próximos aos valores de densidade do solo encontrados no outro sistema de manejo do solo. Esta situação é possível, pois o solo encontrando-se com sua respectiva estrutura fragilizada, como é o caso do solo sob cultivo mínimo, ao receber pressões em

condições de umidade mais elevadas, o mesmo possui alto potencial para que sua respectiva densidade apresente valores mais elevados, como encontrados por Castro (1995) onde, estudando os efeitos dos sistemas de manejo com mobilização do solo por períodos prolongados, encontrou valores de densidade do solo semelhantes aos valores encontrados em plantio direto.

A porosidade total do solo (**Tabela 2**) apresentou reduções em todos os tratamentos testados na camada de 0 a 10 cm de profundidade, onde ambos diferiram da testemunha onde não houve o tráfego da colheita pelo conjunto. Seguindo comportamento semelhante ao encontrado na porosidade total, a microporosidade do solo apresentou considerável redução em ambos os tratamentos testados na camada de 0 a 10 cm de profundidade em comparação a testemunha.

Tabela 2: Densidade e distribuição de poros em solo sob cultivo mínimo.

Camada (m)	TEST	D1	D2	D3	D4	CV(%)
Densidade do Solo (Mg.m⁻³)						
0,00-0,10	1,21 b	1,44 a	1,36 a	1,45 a	1,39 a	4,63
0,10-0,20	1,39 a	1,46 a	1,42 a	1,41 a	0,44 a	3,11
0,20-0,30	1,38 a	1,44 a	1,35 a	1,39 a	1,43 a	3,82
Porosidade Total (m³.m⁻³)						
0,00-0,10	0,56 a	0,48 b	0,51 b	0,48 b	0,50 b	4,55
0,10-0,20	0,50 a	0,47 a	0,49 a	0,49 a	0,48 a	3,04
0,20-0,30	0,50 a	0,48 a	0,51 a	0,50 a	0,49 a	3,95
Microporosidade (m³.m⁻³)						
0,00-0,10	0,39 c	0,45 b	0,48 a	0,45 ab	0,44 b	2,69
0,10-0,20	0,44 a	0,44 a	0,44 a	0,43 a	0,43 a	3,04
0,20-0,30	0,44 a	0,44 a	0,44 a	0,44 a	0,43 a	3,95
Macroporosidade (m³.m⁻³)						
0,00-0,10	0,17 a	0,02 c	0,03 ab	0,02 c	0,06 b	27,77
0,10-0,20	0,06 a	0,03 a	0,04 a	0,05 a	0,04 a	42,28
0,20-0,30	0,06 a	0,04 a	0,07 a	0,05 a	0,05 a	42,87

*Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. D1 = Colheita de milho para silagem um dia após a chuva, D2 = Colheita de milho para silagem dois dias após a chuva, D3 = Colheita de milho para silagem três dias após a chuva, D4 = Colheita de milho para silagem quatro dias após a chuva e TEST = Testemunha sem colheita de milho para silagem.

De modo inverso aos atributos de porosidade total e macroporosidade do solo, a microporosidade elevou-se na camada de 0 a 10 cm de profundidade em todos os tratamentos avaliados em relação à testemunha. Nessas condições observadas na distribuição dos poros, fica evidente um considerável aumento no

potencial deste solo em apresentar problemas na infiltração de água e também de se tornar altamente susceptível a erosão hídrica.

A partir dos resultados obtidos, é visível que os atributos de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade foram afetados pelos tratamentos realizados somente a primeira camada avaliada, evidenciando que o tráfego da colheita do conjunto nesse caso interferiu tais atributos na camada de 0 a 10 cm de profundidade, assemelhando-se a resultados obtidos por Cavalieri et al (2009) estudando os efeitos da pressão exercida pelo tráfego da colheita em propriedades físicas do solo.

A resistência mecânica do solo a penetração (RP) no plantio direto (**Figura 3**) foi influenciada pelos tratamentos na camada de 1 a 24 cm de profundidade do solo, nos primeiros centímetros o tratamento quatro dias após a chuva (D4), apresentou maiores valores quando comparados aos demais, porém à medida que a profundidade aumenta até os 24 cm todos os demais tratamentos passaram a expressar valores semelhantes ao D4, onde a partir de então, todos os tratamentos testados foram influenciados pelo tráfego da colheita diferenciando-se da testemunha onde não houve tráfego da colheita.

A partir dos 25 cm de profundidade do solo, o tráfego da colheita do conjunto não foi capaz de influenciar na resistência a penetração, pois a partir desta profundidade os tratamentos não apresentaram diferenças significativas em relação a testemunha. A partir do momento em que a profundidade aumenta a pressão exercida pelos rodados do conjunto acaba se dissipando pelo perfil passando a exercer pressões insuficientes para aumentar a resistência a penetração (SUZUKI, 2005), tal efeito também foi visível na densidade e distribuição dos poros, não influenciando já a partir dos 10 cm.

Sendo a umidade do solo uma das variáveis da resistência mecânica do solo a penetração (KLEIN, 2012), porém esta não apresentando variação considerável (**Figura 5**), indica-se que a variável densidade do solo pode ter atuado como fator para a obtenção dos respectivos valores de RP, pois é visível certa relação de aumento da densidade do solo com aumento da resistência mecânica a penetração nos tratamentos avaliados.

Tais valores encontrados assemelham-se a resultados obtidos por Benedetti (2010), avaliando a resistência a penetração de um latossolo sob diferentes usos e

em diferentes teores de umidade do solo em que a resistência a penetração mostrou-se altamente relacionada com o teor de água, apresentando valores menores a partir que a umidade aumenta no solo, e também relacionadas com a densidade do solo onde a partir do aumento desse atributo a resistência a penetração retratou maiores valores.

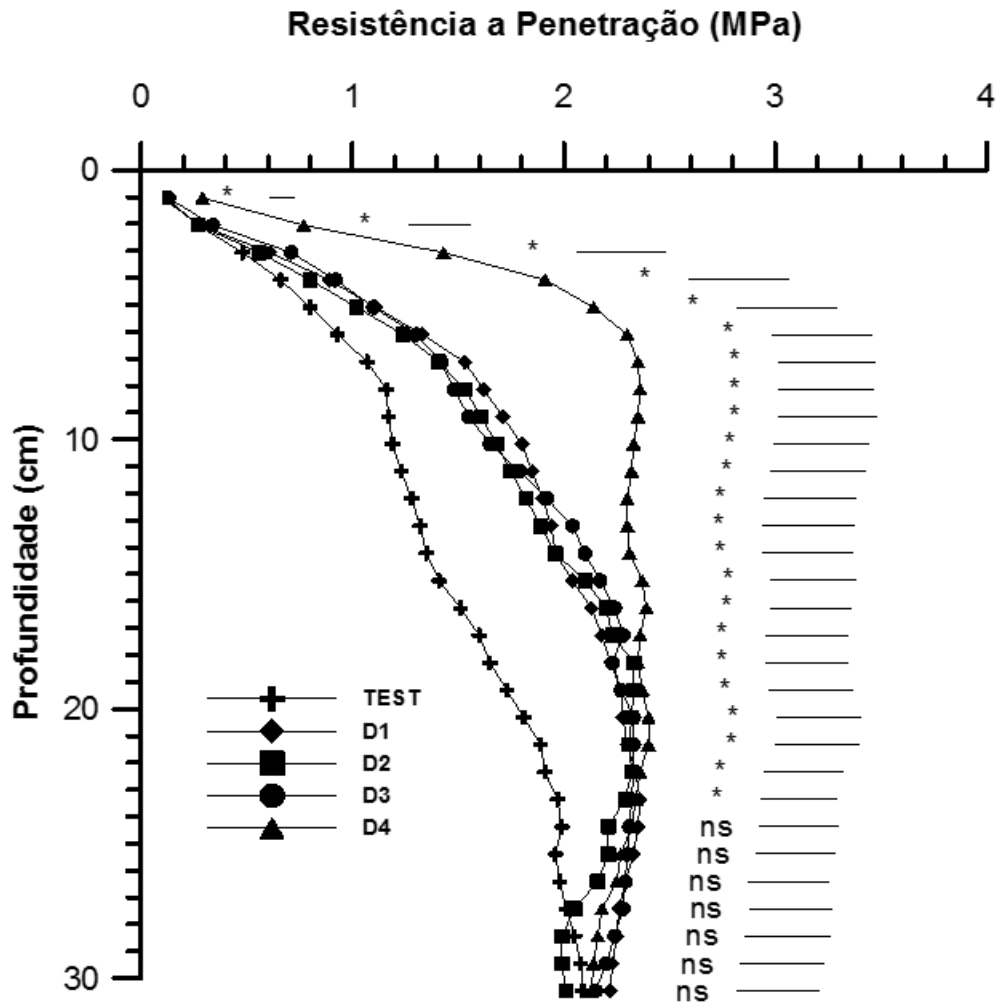


Figura 3: Resistência mecânica do solo a penetração em solo sob plantio direto, onde: ns = diferença não significativa, * = diferença significativa. D1 = Colheita de milho de silagem um dia após a chuva, D2 = Colheita de milho de silagem dois dias após a chuva, D3 = Colheita de milho de silagem três dias após a chuva, D4 = Colheita de milho de silagem quatro dias após a chuva e TEST = Testemunha sem colheita de milho de silagem.

A resistência a penetração (RP) em cultivo mínimo (**Figura 4**), não foi afetada pelo tráfego da colheita do conjunto em ambos os tratamentos utilizados até os primeiros 5 cm de profundidade pois a RP apresentou valores semelhantes aos valores encontrados na testemunha onde não houve o tráfego da colheita, este

resultado se deve ao fato de ser esta, a camada mais afetada pela mobilização do solo ocasionada pelo preparo do solo com escarificador (ROSA et al, 2008).

A partir dos 6 cm até os 21 cm de profundidade, nas condições avaliadas, a pressão exercida ao solo pelo tráfego da colheita do conjunto foi suficiente para que ocorresse aumento significativo da resistência mecânica do solo a penetração, visualizando os resultados obtidos no tratamento onde houve o tráfego da colheita do conjunto, nota-se que os resultados demonstraram resultados significativamente menores em relação aos demais tratamentos.

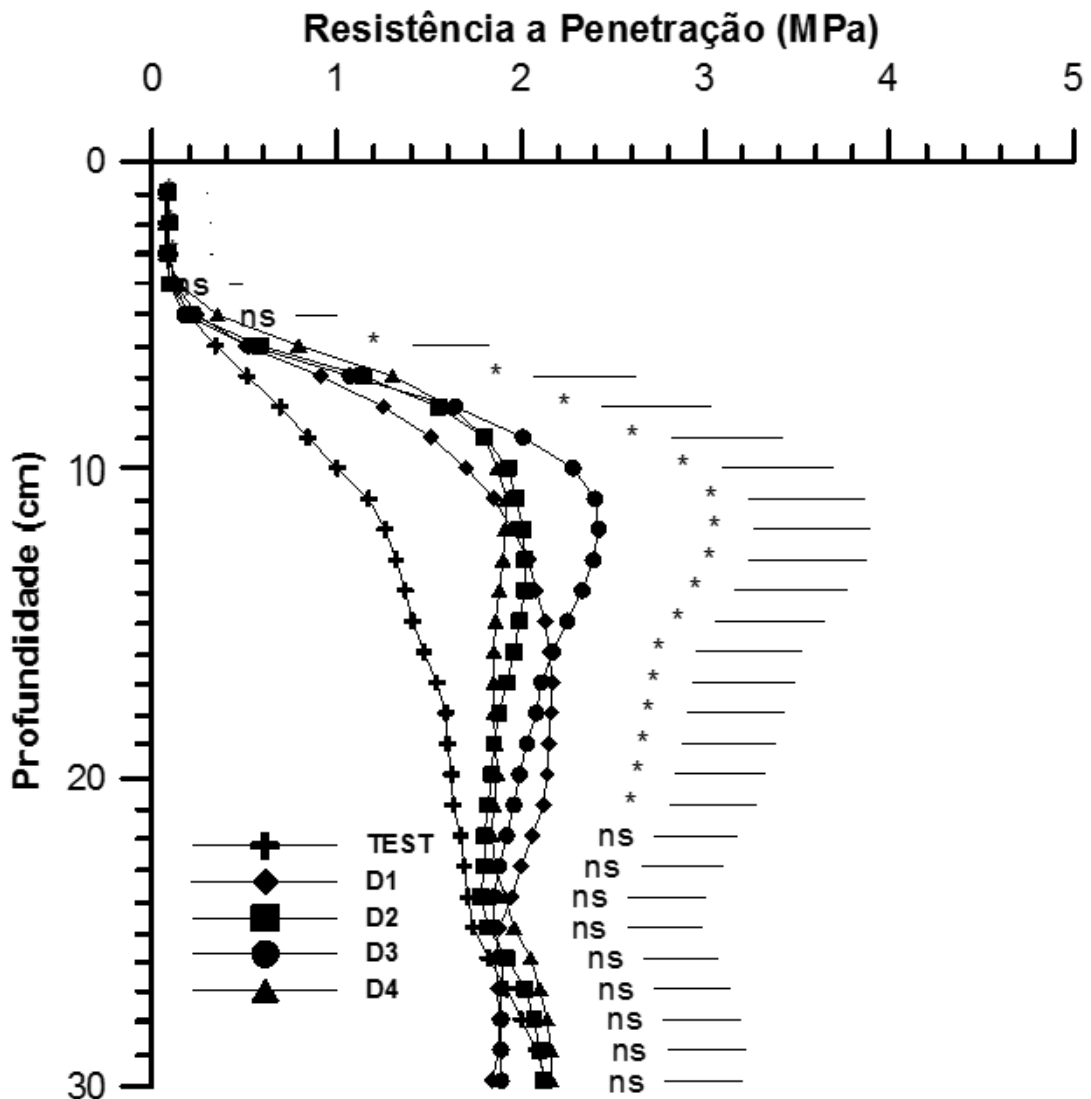


Figura 4: Resistência mecânica do solo a penetração em solo sob cultivo mínimo, onde: ns = diferença não significativa, * = diferença significativa. D1 = Colheita de milho de silagem um dia após a chuva, D2 = Colheita de milho de silagem dois dias após a chuva, D3 = Colheita de milho de silagem três dias após a chuva, D4 = Colheita de milho de silagem quatro dias após a chuva e TEST = Testemunha sem colheita de milho de silagem.

A partir dos 22 cm até os 30 cm de profundidade, a pressão exercida sobre solo pelo tráfego da colheita do conjunto, não foi suficiente para que houvesse elevação nos valores de resistência a penetração, assemelhando aos resultados obtidos nas avaliações desse parâmetro no plantio direto.

Assim como no plantio direto, não havendo variações significativas da umidade do solo (**Figura 5**), a resistência mecânica do solo a penetração obteve relação direta com a densidade do solo, apresentando maiores valores em tratamentos com densidades relativamente maiores.

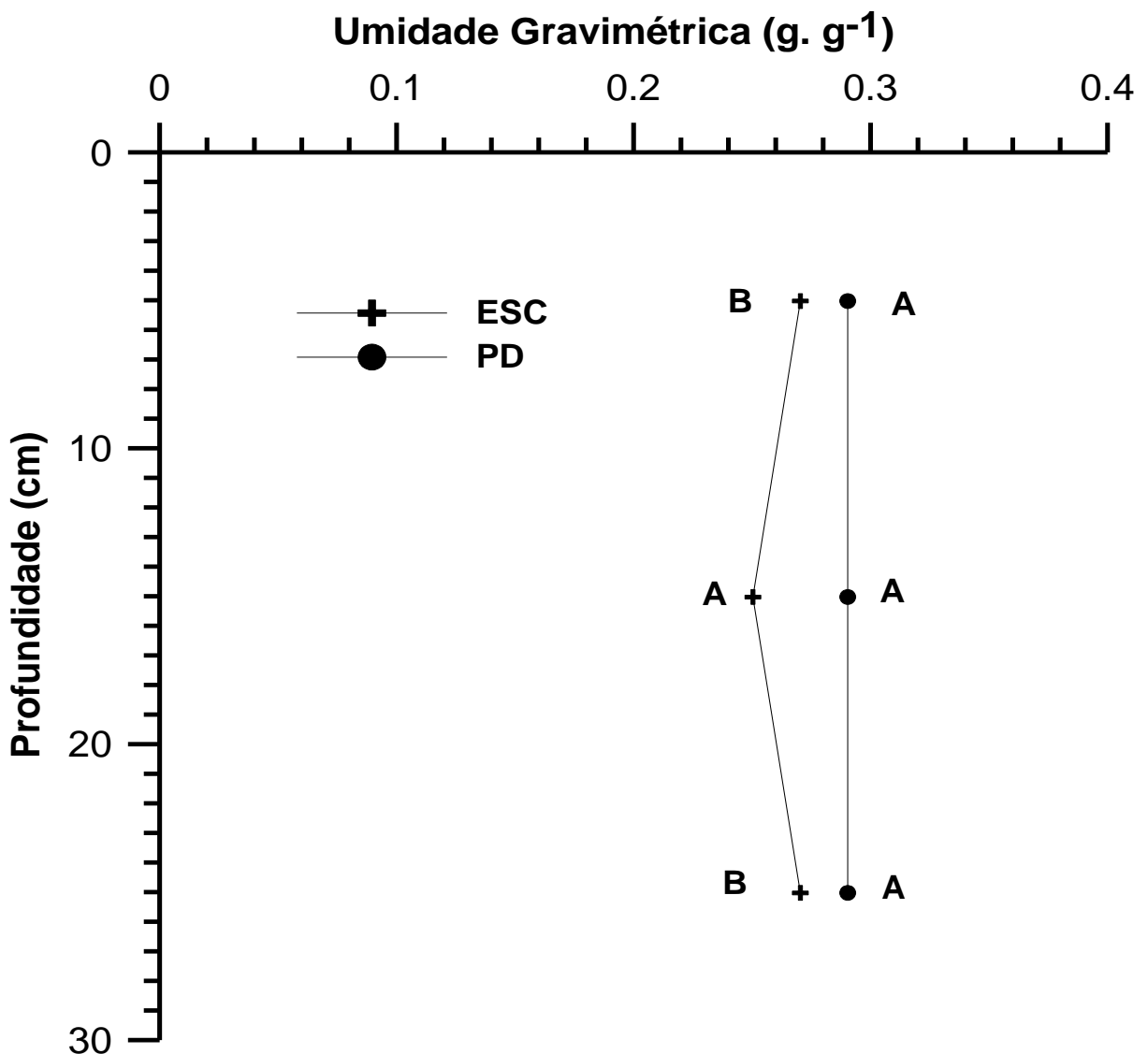


Figura 5: Umidade do solo no momento da avaliação de resistência mecânica do solo a penetração, PD = Plantio Direto, ESC = Cultivo Mínimo.

Nos resultados obtidos em ambos os atributos físicos do solo avaliados no estudo, nota-se que as camadas superficiais do solo foram significativamente

afetadas em ambos os tratamentos testados e ambos as condições de manejo do solo, concentrando-se em camadas de 0 a 10 cm de profundidade para os atributos de densidade, porosidade total, macro e microporosidade do solo e em camadas em torno de 5 a 20 de profundidade para o atributo de resistência a penetração.

Resultados semelhantes aos obtidos no estudo, foram encontrados por Novak et al. (1992), avaliando a densidade do solo como atributo quantificador da compactação do solo, onde os maiores valores deste atributos foram obtidas nas camadas de 0 a 10 cm de profundidade quando testado diferentes pressões exercidas pelos rodados de tratores em diferentes condições de umidade do solo.

5. CONCLUSÕES

A umidade do solo foi decrescente no decorrer dos dias após a chuva, apresentando baixa variabilidade entre os dias. Em ambos os dias de realização dos tráfegos das colheitas com o trator, a umidade do solo apresentou valores abaixo do limite de plasticidade do solo.

A densidade do solo apresentou valores significativamente superiores na camada de 0 a 10 cm de profundidade, tanto no plantio direto como no cultivo mínimo em todos os tratamentos testados em que houve tráfego da colheita do conjunto em relação aos tratamentos que não houve tráfego da colheita, indiferente do teor de umidade que o solo se encontrava.

Houve redução significativa na porosidade total e na macroporosidade do solo em todos os tratamentos que houve o tráfego da colheita do conjunto, tanto no plantio direto como no cultivo mínimo em relação aos tratamentos que não houve realização do tráfego da colheita do conjunto na camada de 0 a 10 cm de profundidade. A pressão exercida ao solo pelo tráfego da colheita do conjunto, nesse caso foi eficiente para aumentar a microporosidade do solo em todos os tratamentos que houve o tráfego da colheita do conjunto na camada de 0 a 10 cm de profundidade, tanto no plantio direto como no cultivo mínimo, não alterando nas camadas de 10 a 20 cm e 20 a 30 cm de profundidade

Em plantio direto, a resistência mecânica do solo a penetração foi afetada pelos tratamentos na camada de 1 a 24 cm de profundidade, onde ambos os tratamentos diferiram significativamente dos tratamentos onde não houve tráfego da colheita do conjunto, sendo o tratamento D4 o que apresentou os maiores valores nos primeiros centímetros de profundidade. Já em cultivo mínimo a resistência mecânica do solo a penetração, foi afetada pelos tratamentos na camada de 6 a 21 cm de profundidade, onde todos os tratamentos em que houve o tráfego da colheita do conjunto distinguiram-se significativamente em relação ao tratamento sem a realização do tráfego da colheita do conjunto.

A partir dos resultados obtidos, fica claro que a realização da colheita de milho para silagem neste caso até quatro dias após a chuva é capaz de impactar negativamente os atributos do solo relacionados à sua compactação, podendo acarretar em sérios problemas a produtividade das culturas subsequentes e prejudicando a garantia da sustentabilidade do sistema de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M., I., de. **QUALIDADE Física Do Solo Em Sistemas Agroflorestais**. 2008, 89 p. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: UFV, 2008. Disponível em: <http://www.sifloresta.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2730/150646_c.pdf?sequence=2&isAllowed=y> acesso em:2,Abr,2016.

ARÊDES, A; SILVEIRA, S. DE F. R; LIMA, A. A. T. DE FREITAS DE CARVALHO; ARÊDES, A. F; PIRES, S. V. **Análise De Custos Na Pecuária Leiteira: Um Estudo De Caso Das Propriedades Assistidas Pelo Programa De Desenvolvimento Da Pecuária Leiteira Da Região De Viçosa- Custos e @gronegocioonline** - v. 2, n. 1 - Jan/Jun – 2006. Disponível em: <www.custoseagronegocioonline.com.br > acesso em:12,Abr,2016.

BENEDETTI, M.,M.; DUARTE, I.,N.; MELO JUNIOR, H., B.; BORGES, E., N.; Resistência do Solo à Penetração em um Latossolo Vermelho Distrófico Típico sob Diferentes Usos; **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer** - vol.6, N.11; pag- 1:9 - Goiânia, 2010. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/resistencia%20do%20solo.pdf>> Acesso em: 18,out,2016.

BEUTLER, A., N.; CENTURION, J., F.; Efeito Do Conteúdo De Água E Da Compactação Do Solo Na Produção De Soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.38, p.849-856, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n7/18207.pdf> > acesso em:2,Abr,2016.

BREWER, R.; SLEEMAN, J. R. Soil structure: attempts at its quantitative characterization, 1960. In: KLEIN, Wilson Antonio. - **FÍSICA DO SOLO**. 2 ed. – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2012. 240p.: il.; 23 cm.

CAMPOS, K., C.; PIACENTI, C., A.; Agronegócio Do Leite: Cenário Atual E Perspectivas. **XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. 22 a 25 de julho de 2007, Universidade Estadual de Londrina – UEL – Londrina – PR,2007. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/6/1152.pdf> > acesso em:10,Abr,2016.

CASTRO,O., M.; Cultivo Mínimo e Propriedades Físicas do Solo;**Anais do 1º Seminário sobre Cultivo Mínimo do Solo em Florestas**, pág – 34:42 -Curitiba - PR, 1995. Disponível em: http://www.ipef.br/publicacoes/seminario_cultivo_minimo/cap04.pdf> Acesso em: 18,out, 2016.

CAPECHE, C., L.; Noções Sobre Tipos De Estrutura Do Solo E Sua Importância Para O Manejo Conservacionista. **Comunicado Técnico – Embrapa Solos** –Rio de Janeiro – Dezembro, 2008. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/comtec51_2008_nocoas_estrutura_solo_000g3h86s8u02wx5ok0r2ma0ndtwqqga.pdf > acesso em:5,Abr,2016.

CARVALHO, W., P., de; CARVALHO, G., J., de; ABBADE NETO D., O.; TEIXEIRA, Luíz G., V.; Desempenho Agronômico De Plantas De Cobertura Usadas Na Proteção Do Solo No Período De Pousio - **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.48, n.2, p.157-166, fev. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v48n2/48n02a05.pdf> > acesso em:2,Abr,2016.

COLLARES, G.,L.; REINERT, D., J.; REICHERT, J., M.; KAISER, D.,R.; Compactação de um Latossolo Induzida Pelo Tráfego de Máquinas e sua Relação com o Crescimento e Produtividade de Feijão e Trigo; **Revista Brasileira de Ciência do Solo** – p. 933-942 – 2008.

CAVALIERI,K., M., V.; SILVA,Á., P.; ARVIDSSON,J.; TORMENA,C., A.;Influência da Carga Mecânica de Máquina sobre Propriedades Físicas de um Cambissolo Háplico; R. Bras. Ci. Solo, 33:477-485, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n3/v33n3a01.pdf>> acesso em: 18, out, 2016.

COSTA, M., S. S. de M.; PIVETTA, L., A.; COSTA, L., A. de M.; PIVETTA, L., G.; CASTOLDI, G.; STEINER, F.; Atributos Físicos Do Solo E Produtividade Do Milho Sob Sistemas De Manejo E Adubações. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Ago 2011, vol.15, no.8, p.810-815. ISSN 1415-4366 - Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011000800007 > acesso em:10,Abr,2016.

CRUZ, J., C.; FILHO, I., A., P.; NETO, M., M., G.; Milho Para Silagem- **Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Parque Estação Biológica** – Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pv04k3j537ooi.html> > acesso em:2,Abr,2016.

DIAS JUNIOR, M.S. & PIERCE, F.J. O Processo De Compactação Do Solo E A Sua Modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 20:175-182, 1996.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining And Assessing Soil Quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdick, D.F.; Stewart, B.A. (Eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America. **American Society of Agronomy**, p.3-21, 1994. (SSSA SpecialPublication, 35)

DUTTMAN, R.; SCHWANEBECK, M.; NOLDEM, M.; HORN, R., F.; Predicting Soil Compaction Risks Related To Field Traffic During Silage Maize Harvest - **Soil Science Society of America Journal** - March 2014. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/261994865> > acesso em:5,Abr,2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Manejo Agroecológico Do Solo : Os Benefícios Da Adubação Verde / Edvaldo Sagrilo ... [et al.]. - Teresina :**Embrapa Meio-Norte**, 2009. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80695/1/documento-193.pdf>> acesso em:2,Abr,2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/ EMBRAPA SOLOS; Manual De Métodos De Análise De Solo/ organizadores, Guilherme Kangussú

Donagema... [et al.]. — **Dados eletrônicos**. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. 230 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 132)

FERREIRA, M., M. capítulo 1, pg 1-28. In: Quirijn de Jong van Lier -Física Do Solo. – Viçosa – MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2010.

GOMES, M., A., F.; FILIZOLA, H., F. - Indicadores Físicos E Químicos De Qualidade De Solo De Interesse Agrícola– **Embrapa Meio Ambiente** - Marco Antônio Ferreira Gomes e Heloisa Ferreira Filizola - Jaguariúna, 2006. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Gomes_Filizola_indicadoresID-u1keja1HAN.pdf> acesso em:2,Abr,2016.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K. Rendimento de soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho distrófico típico sob plantio direto escarificado. 2007 In: KLEIN, V. A. - **Física Do Solo**. 2 ed. – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2012. 240p. : il. ; 23 cm.

KLEIN, V., A. - **Física Do Solo**. 2 ed. – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2012. 240p. : il. ; 23 cm.

LANES, E., C., de M.; OLIVEIRA, J., S.; LOPES, F., C., F.; VILLANI, Ecila M. A. Silagem De Milho Como Alimento Para O Período Da Estiagem: Como Produzir E Garantir Boa Qualidade. **CES Revista** – p. 97-111. - Juiz de Fora – MG, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/270592225_Silagem_de_Milho_Como_Alimento_Para_o_Periodo_da_Estiagem_como_produzir_e_garantir_qualidade> acesso em:5,Abr,2016.

LETEY, J. Relationship Between Soil Physical Properties And Crop Production. **ADV. SOIL SCI.**, 1:277-294, 1985. Disponível em: <http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2014/1000/pdf/Thesis_JRTueche_06_08_2014_for_print_final_good2.pdf> acesso em:2,Abr,2016.

LIBARDI, P., L., -Água No Solo. capítulo 3, pg 103-152. In: Quirijn de Jong van Lier - Física Do Solo. – Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

MAZURANA, M.; FINK, J., R.; SILVEIRA, V., H., da; LEVIEN, R.; ZULPO, L.; BREZOLIN, D.; Propriedades Físicas Do Solo E Crescimento De Raízes De Milho Em Um Argissolo Vermelho Sob Tráfego Controlado De Máquinas – **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37: 1185 – 1195, 2013 - Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v37n5/08.pdf>> acesso em:12,Abr,2016.

MELLO MACHADO, M., A., de, capítulo 10 – Atributos Físicos Do Solo Relacionados Ao Manejo E Conservação Dos Solos, pg 233-254. In: LIMA. Marcelo Ricardo Diagnóstico e recomendações de manejo do solo : aspectos teóricos e metodológicos/ Marcelo Ricardo de Lima (editor). de, Diagnóstico e recomendações de manejo do solo : aspectos teóricos e metodológicos/ Marcelo Ricardo de Lima (editor); Ângelo Evaristo Sirtoli [et al.]. – Curitiba: **UFPR/Setor de Ciências Agrárias**, 2006. Disponível em: <<http://www.soloplan.agrarias.ufpr.br/livrosolo planta.pdf>> acesso em:5,Abr,2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Plano Mais Pecuária / **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica.** – 1ª edição. 32 p. Brasília: MAPA/ACS, 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/Publicacao_v2.pdf> acesso em:2,Abr,2016.

MIRANDA, J., E., C.; RESENDE, H.; VALENTE, J., de O. Plantio De Milho Para Silagem – **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Comunicado Técnico** – Juiz de Gora, MG – Dezembro, 2002. Disponível em: <http://www.cnpqgl.embrapa.br/totem/conteudo/Alimentacao_e_manejo_animal/Comunicado_Tecnico/COT27_Plantio_de_milho_para_silagem.pdf> acesso em:2,Abr,2016.

MMA; Manual De Impactos Ambientais: Orientações Básicas Sobre Aspectos Ambientais De Atividade Produtivas – **Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/manual_bnb.pdf> acesso em:12,Abr,2016.

MONTEIRO NOVO, A., L.; SCHIFFLER, Eli Antônio – Princípios Básicos Para A Produção Econômica De Leite. – **Embrapa Pecuária Sudeste** – André Luiz Monteiro Novo e Eli Antônio Schiffler – São Carlos - SP, 2006. Disponível em: <http://www.cooquali.com.br/doctos_pdf/Documentos49.pdf> acesso em:12,Abr,2016.

MOREIRA, F., M., de S.; SIQUEIRA, J., O.; Microbiologia E Bioquímica Do Solo - 2ª Ed.atual. e ampl. – Lavras: **Editora UFLA**, 2006 Disponível em: <<http://www.prrpg.ufla.br/solos/wpcontent/uploads/2012/09/MoreiraSiqueira2006.pdf>> acesso em:10,Abr,2016.

NEUMANN, M. Efeito Do Tamanho De Partícula E Da Altura De Colheita Das Plantas De Milho (Zea Mays L.) Sobre Perdas, Valor Nutritivo De Silagens E Desempenho De Novilhos Confinados. 2006, 203p. **Tese (Doutorado em Zootecnia)** – Curso de Pós graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7687/000553825.pdf?sequence=1>> acesso em:2,Abr,2016

NICOLOSO, R., da S.; AMADO, T., J., A.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M., E.; GIRARDELLO,V., C.; BRAGAGNOLO, J., - Eficiência Da Escarificação Mecânica E Biológica Na Melhoria Dos Atributos Físicos De Um Latossolo Muito Argiloso E No Incremento Do Rendimento De Soja. – **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1723-1734, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000400037> acesso em:5,Abr,2016.

NIERO, L., A., C., - Avaliações Visuais Do Solo Como Índice De Qualidade De Um Latossolo Vermelho Em Oito Usos E Manejos E Sua Validação Por Análises Físicas E Químicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Campinas, 2009. 111 f.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000400025> acesso em:10,Abr,2016.

NOVAK, L., R.; MANTOVANI, E., C.; MARTYN, P., J.; FERNADES, B.; 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, 27 (121587-1595, dez, 1992. Disponível em:)<<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/viewFile/3808/1099>> acesso em: 20, out, 2016.

PETRY, M. T. et al. Disponibilidade De Água Do Solo Ao Milho Cultivado Sob Sistemas De Semeadura Direta E Preparo Convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31 n. 3, p. 531-539, 2007. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/images/Teses/CLEUDSON-JOSE-MICHELON-TESE.pdf>> acesso em:10,Abr,2016.

REICHARDT, K.; TIMM, L., C. **Solo, Planta E Atmosfera: Conceito, Processo E Aplicações**. 2ª ed. Abril, 2012.

REICHERT, J., M.; SUZUKI, L.,E., A.; REINERT, D., J.; - Compactação Do Solo Em Sistemas Agropecuários E Florestais: Identificação, Efeitos, Limites Críticos E Mitigação – **Tópicos em Ciência do Solo**,vol 5, pag 49-134, 2007. Disponível em: <http://fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/2007_Topic os.pdf> acesso em:2,Abr,2016

RESENDE, J.O. - Compactação E Adensamento Do Solo: Metodologias Para Avaliação E Práticas Agrícolas Recomendadas (1997). In: KLEIN, V. A. - **Física Do Solo**. 2 ed. – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2012. 240p.: il.; 23 cm.

ROSA, D., P.; REICHERT, J., M.; SATTTLER, A.; REINERT, D., J.; MENTGS, M., I.; VIEIRA, D., A.; Relação entre Solo e Haste Sulcadora de Semeadora em Latossolo Escarificado em Diferentes Épocas; **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, pag.395-400, mar. 2008.

SANTOS, C., A., G.; SUZUKI, K.; WATANABE, M.; SRINIVASAN, V., S. - Influência Do Tipo Da Cobertura Vegetal Sobre A Erosão No Semi-Árido Paraibano- **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.92-96, DEAg/UFPB-Campina Grande, PB, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v4n1/v4n1a17.pdf>> acesso em:2,Abr,2016

SILVA, A., R., da; SILVA, L., L., da; FRAZÃO, J., J.; SALGADO, F., H., M.; SILVA, M., C., da; CORRECHEL, V.; Resistência Mecânica À Penetração Do Solo Com Diferentes Coberturas Vegetais Sob Sistema. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 22, n. 2 , dezembro, 2012. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/Nb2uU3anVDgkTF_2013-5-20-12-33-39.pdf> acesso em:2,Abr,2016

SILVA, V., R.; REINERT, D.,J.; REICHERT, J., M.; Fatores Controladores Da Compressibilidade De Um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Arênico E De Um

Latossolo Vermelho Distrófico Típico. li - Grau De Saturação Em Água – **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol 26; pag 9-15, 2002 - Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v26n1/02.pdf>> acesso em:5,Abr,2016.

SPEROTTO, L., T.; SOUZA, N., de J., de - O Desenvolvimento Econômico Da Região Noroeste Colonial Do Rio Grande Do Sul, 1900/2000 - Santa Cruz do Sul. **UNISC, Estudos do CEPE**, v. 22, jul./dez. 2005, p.107-130. Disponível em: <http://www.nalijosouza.web.br.com/downloads/outros-textos/economia-rio-grande-do-sul/Art_Sperotto_NJS.pdf> acesso em:2,Abr,2016

STRECK. C., A.; REINERT, D., J.; REICHERT. J., M.; KAISER, D., R. -Modificações Em Propriedades Físicas Com A Compactação Do Solo Causada Pelo Tráfego Induzido De Um Trator Em Plantio Direto - **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.755-760, mai-jun, 2004. Disponível em: < 0103-8478.<http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n3/a16v34n3.pdf> > acesso em:5,Abr,2016.

SUZUKI, L.E.A.S. Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas; (**Dissertação de Mestrado**). 149p. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgcs/images/Dissertacoes/L.E.A.S.SUZUKI.pdf> acesso em: 18,out,2016

TORMENA, C., A.; Atributos Físicos E Qualidade Física Do Solo Que Afetam A Produtividade Da Cultura Do Milho Safrinha – **X Seminário Nacional do Milho Safrinha** – Rio Verde- GO, 2009. Disponível em: <<http://www.abms.org.br/milhosufrinha/palestras/palestra02.pdf>> acesso em:2,Abr,2016.

VIANA, J., H., M.; – Determinação Da Densidade De Solos E De Horizontes Cascalhentos – **Comunicado Técnico – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** – Sete Lagoas - MG, dezembro, 2008. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2008/comunicado/Com_154.pdf > acesso em: 5,Abr,2016.

WADT, P., G., S.; Práticas De Conservação Do Solo E Recuperação De Áreas Degradadas – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Acre** – 2003. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/498802/1/doc90.pdf>> acesso em: 2,Abr,2016.