

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

BARBARA ELIS SANTOS RUTHES

**INTENSIDADE DE PASTEJO E ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE
A QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

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

BARBARA ELIS SANTOS RUTHES

**INTENSIDADE DE PASTEJO E ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE
A QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

BARBARA ELIS SANTOS RUTHES

**INTENSIDADE DE PASTEJO E ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE
A QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Rachel Muylaert
Locks Guimarães

PATO BRANCO

2014

Ruthes, Barbara Elis Santos

Intensidade de pastejo e adubação nitrogenada sobre a qualidade física do solo em sistema de integração lavoura - pecuária / Barbara Elis Santos Ruthes.

Pato Branco. UTFPR, 2014

37 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Rachel Muylaert Locks Guimarães

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2014.

Bibliografia: f. xxx – xxy

1. Agronomia. 2. Compactação do solo. 3. Densidade do solo. 4. Sorgo forrageiro. 5. Aveia preta. I. Guimarães, Rachel Muylaert Locks, orient. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.

CDD: 630



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



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

**INTENSIDADE DE PASTEJO E ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE
A QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA**

por

BARBARA ELIS SANTOS RUTHES

Monografia apresentada às 14 horas 00 min. do dia 05 de novembro de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRA AGRÔNOMA, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus 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. Luiz César Cassol
UTFPR
Membro

Angela Bernardon
PPGAG - UTFPR
Membro

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

Visto da Coordenação:

**Prof^a. Dr^a. Marlene de Lurdes
Ferronato**
Coordenadora do TCC

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, Sidnei e Marciani, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos difíceis. Sem vocês nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as oportunidades.

A minha família, principalmente meus pais, Sidnei e Marciani por estarem sempre ao meu lado.

Ao meu namorado, pelo apoio nesta etapa da minha vida.

A minha orientadora Rachel Guimarães, pelo apoio quando precisei, e principalmente pelo ensinamento o qual levarei sempre comigo.

Aos meus colegas de graduação, que me ajudaram no decorrer deste projeto.

Aos meus professores durante toda a graduação, que me proporcionaram conhecimento: *“A palavra mestre nunca fará justiça aos professores dedicados, aos quais sem nominar terão meus eternos agradecimentos.”*

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para minha formação.

Obrigada.

“O segredo da vida é o solo, porque do solo dependem as plantas, a água, o clima e nossa vida. Tudo está interligado. Não existe ser humano sadio se o solo não for sadio.”

Ana Primavesi

RESUMO

RUTHES, Barbara Elis Santos. Intensidade de pastejo e adubação nitrogenada sobre a qualidade física do solo em sistema Integração Lavoura-Pecuária. 37Folhas f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

Nos últimos anos, a integração lavoura-pecuária tem sido muito utilizada no Brasil em virtude dos inúmeros benefícios que podem ser obtidos com a adoção deste sistema. Contudo, ainda há dúvidas sobre seus impactos na degradação dos solos, devido ao pisoteio excessivo dos animais. Assim o objetivo deste trabalho, foi avaliar os possíveis impactos do pisoteio animal na qualidade física do solo sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e intensidades de pastejo. O experimento foi realizado em uma propriedade rural, localizada no município de Abelardo Luz – SC, em um solo Latossolo Bruno Distrófico, onde foram utilizados 12 piquetes que constituíram as unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em dois fatores, o primeiro foi intensidade de pastejo, caracterizada por duas alturas de manejo de pastagem, onde para o sorgo foram utilizados 30 e 60 cm de altura, e para a aveia 15 e 30 cm (baixa e alta intensidade de pastejo respectivamente). O segundo fator foi constituído por dois níveis de adubação nitrogenada em cobertura (baixo e alto, 100 e 300 kg de N ha⁻¹, respectivamente). Cada contou com três repetições. A amostragem para avaliação da qualidade física do solo foi realizada após cada pastejo e colheita de grãos. As amostras foram coletadas em três pontos escolhidos ao acaso em cada unidade experimental, com o auxílio de anéis de 3 cm de altura e 6cm de diâmetro. Estas amostras foram coletadas nas camadas 0-5 cm, 5-10cm, 10-15cm e 15-20 cm. Os valores de densidade do solo não foram estatisticamente diferentes entre os tratamentos, sendo a densidade do solo um indicador menos sensível para a verificação da perda de qualidade física do solo, no entanto, observou-se um aumento da densidade em profundidade. Não foram encontradas diferenças estatísticas significativas para a macroporosidade. Os valores de microporosidade e de porosidade total apresentaram diferenças estatísticas após o pastejo da aveia preta, demonstrando maiores valores em baixa intensidade de pastejo com a aplicação de nitrogênio e alta intensidade de pastejo sem nitrogênio. Os atributos físicos após a colheita do milho não diferiram estatisticamente, mostrando-se adequados para o desenvolvimento da cultura.

Palavras-chave: Compactação do solo, Densidade do solo, Sorgo Forrageiro, Aveia Preta.

ABSTRACT

RUTHES, Barbara Elis Santos. Grazing intensity and nitrogen fertilizer on the soil physical quality in a system of crop-livestock. 37 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2014.

In recent years, the crop-livestock integration has been widely used in Brazil because of the numerous benefits that can be achieved with the adoption of this system. However, there are still doubts about its impacts on land degradation due to excessive trampling of animals. So the aim of this work was to evaluate the possible impacts of cattle trampling on the physical quality of the soil under different levels of nitrogen abundance and grazing intensities. The experiment was conducted in a rural property located in the municipality of Abelardo Luz – SC was selected, with a dystrophic Oxisol soil, where 12 paddocks were built as the experimental units. The treatments consisted of two factors, the first was grazing intensity, characterized by two grazing sward heights, for the sorghum two measures were used, 30 and 60 cm for grasslands and 15 to 30 cm for oats (low and high grazing intensity, respectively). The second factor consisted of two levels of nitrogen topdressing (low and high, 100 and 300 kg N ha⁻¹, respectively). Each of them had three replications. The sampling for assessment of soil physical quality was performed after each grazing and harvesting the grain. Samples were collected at three randomly selected points in each experimental unit, with the use of 3 cm and 6 cm diameter rings. These samples were collected at layers of 0-5 cm, 5-10cm, 10-15cm and 15-20 cm. The values of soil density were not statistically different during the treatments, and the soil density became a less sensitive indicator for checking the loss of soil physical quality, however, an increased density at depth was observed. No statistically significant differences were found for the macroporosity. The microporosity values and total porosity statistical differences after grazing in oats, showing higher values at low grazing intensity with the application of nitrogen and high intensity without nitrogen grazing. The physical attributes after the corn harvest did not differ statistically, being suitable for the development of culture.

Keywords: Soil compaction, Soil density, Sorghum, Oats Black.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Croqui da área utilizada para experimento de ILP. Pato Branco – PR, 2014.....	23
--	----

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Densidade, Porosidade Total, Microporosidade e Macroporosidade de um Latossolo Bruno Distrófico anteriormente ao desenvolvimento do experimento. UTFPR-Pato Branco, 2014. 24
- Tabela 2 Densidade, Porosidade total, Microporosidade e Macroporosidade de um Latossolo Bruno Distrófico submetido ao pastejo de sorgo forrageiro (BIP SN – baixa intensidade de pastejo sem nitrogênio; AIP SN – alta intensidade de pastejo sem nitrogênio; BIP CN – baixa intensidade de pastejo com nitrogênio; AIP CN – alta intensidade de pastejo com nitrogênio). UTFPR-Pato Branco, 2014.....26
- Tabela 3 Densidade, Porosidade total, Microporosidade e Macroporosidade de um Latossolo Bruno Distrófico submetido ao pastejo de aveia preta (BIP SN – baixa intensidade de pastejo sem nitrogênio; AIP SN – alta intensidade de pastejo sem nitrogênio; BIP CN – baixa intensidade de pastejo com nitrogênio; AIP CN – alta intensidade de pastejo com nitrogênio). UTFPR-Pato Branco, 2014.....27
- Tabela 4 Teste de Tukey de comparação de médias para a variável porosidade total um Latossolo Bruno Distrófico submetido ao pastejo de aveia preta (BIP – baixa intensidade de pastejo; AIP – alta intensidade de pastejo; SN- sem nitrogênio; CN - com nitrogênio). UTFPR-Pato Branco, 2014..... 27
- Tabela 5 Teste de Tukey de comparação de médias para a variável microporidade de um Latossolo Bruno Distrófico submetido ao pastejo de aveia preta (BIP – baixa intensidade de pastejo; AIP – alta intensidade de pastejo; SN- sem nitrogênio; CN - com nitrogênio). UTFPR-Pato Branco, 2014..... 27
- Tabela 6 Densidade, Porosidade total, Microporosidade e Macroporosidade de um Latossolo Bruno Distrófico após a cultura do milho (BIP SN – baixa intensidade de pastejo sem nitrogênio; AIP SN – alta intensidade de pastejo sem nitrogênio; BIP CN – baixa intensidade de pastejo com nitrogênio; AIP CN – alta intensidade de pastejo com nitrogênio). UTFPR-Pato Branco, 2014..... 29

LISTA DE ABREVIATURAS

ILP	Integração Lavoura-Pecuária
BIP SN	Baixa intensidade de pastejo sem nitrogênio
BIP CN	Baixa intensidade de pastejo com nitrogênio
AIP CN	Alta intensidade de pastejo com nitrogênio
AIP SN	Alta intensidade de pastejo sem nitrogênio
DAS	Dias após a semeadura
NPK	Nitrogênio- Fósforo- Potássio
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cfb	Clima temperado úmido com verão temperado

LISTA DE SÍMBOLOS

ha	Hectare
cm	Centímetro
mm	Milimetro
cm ³	Centímetro cúbico
g	Gramma
Kg	Quilograma
°C	Graus celsius
%	Porcentagem
hPa	Hectopascal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA: BENEFÍCIOS.....	16
3.2 QUALIDADE FÍSICA DO SOLO.....	17
3.3 NITROGÊNIO E QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM ILP.....	19
3.4 COMPACTAÇÃO DO SOLO EM SISTEMA ILP.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
6 CONCLUSÕES.....	30
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

Desde que a pecuária e a agricultura começaram a ser exploradas, essas tiveram suas atividades produtivas realizadas em um mesmo período, caracterizando atividades da Integração Lavoura- Pecuária. Com passar do tempo, esta atividade se perdeu e as atividades de pecuária e produção de grãos começaram a ter suas atividades produtivas realizadas separadamente.

Com o aumento populacional e a diminuição das áreas agrícolas, o produtor passou a resgatar técnicas do sistema de Integração Lavoura- Pecuária, utilizando em um mesmo ano agrícola a área tanto para a produção animal, quanto para a produção de grãos. Contudo o uso incorreto da lotação animal e a utilização intensiva de máquinas agrícolas, houve favorecimento da degradação do solo. Assim, a partir da introdução dos animais em áreas de cultivo de grãos, despertou-se a preocupação quanto aos possíveis impactos na estrutura física do solo, pois o pisoteio animal poderia levar a aumento da densidade do solo (CORREA & REICHARDT, 1995).

Diversos manejos foram criados para aumentar a produtividade em sistema de integração lavoura-pecuária, dentre eles o controle da intensidade de pastejo aliada à utilização de fertilizantes nitrogenados são as mais utilizadas, pois quando o local do pastejo é bem manejado, com a utilização de fertilizantes e com taxa de lotação adequada, há um aumento do crescimento radicular e da parte aérea da forrageira, reduzindo o risco de compactação do solo, devido ao aumento da quantidade de macroporos e dos teores de matéria orgânica, ocasionando maior estabilidade dos agregados. Entretanto, quando a pastagem não é bem manejada, excluindo-se a utilização de adubação e com taxa de lotação excessiva no ambiente pastoril, pode ocorrer a compactação do solo (SILVEIRA et. al. 2012).

Contudo, estudos, como o de Vilela et al. (2003) evidenciam que as áreas onde se integra o sistema ILP bem manejado, tem-se tornado ideal para recuperação de áreas degradadas, aumentando a produtividade e reduzindo os riscos de degradação do ambiente, resultando em melhorias físicas, químicas e biológicas para o solo.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar as propriedades físicas de um solo cultivado sob sistema de integração lavoura-pecuária, manejado em diferentes intensidades de pastejo e adubação nitrogenada.

2.2 ESPECÍFICOS

Avaliar a densidade do solo em diferentes profundidades do solo (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm)

Mensurar macroporosidade e microporosidade nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm

Avaliar a porosidade total do solo nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA: BENEFÍCIOS

No passado, a integração da pecuária com a produção de grãos limitava-se a poucas opções, hoje, entretanto, existem inúmeras opções aplicáveis a qualquer realidade agrícola. Atualmente os objetivos vão desde a recuperação de pastagens degradadas até a manutenção de altas produtividades, seja de gado de corte ou leite, até a produção de grãos. Com a crescente demanda de alimentos devido ao aumento populacional, faz-se necessário o uso intensivo da terra, de maneira com que se mantenha a sustentabilidade e aumente a renda final do produtor. Para atender essa necessidade a ILP surge como principal recurso permitindo a diversificação de diferentes tipos de manejo em uma mesma área.

Nos últimos anos, a ILP tem sido muito utilizada no Brasil em virtude dos inúmeros benefícios que podem ser obtidos com a adoção deste sistema. Contudo, ainda há dúvidas sobre seus impactos tanto na regeneração de pastagens quanto na possível degradação dos solos, devido ao pisoteio excessivo dos animais, uma vez que as causas da compactação do solo em sistema ILP são relacionadas com a lotação animal e a pressão de pastejo (BERTOL et al. 2000).

Várias pesquisas têm sido realizadas sobre avaliação do impacto do pisoteio animal sobre o solo. Segundo Trein et al. (1991) após a aplicação de uma elevada lotação animal em um curto período de tempo houve aumento da resistência do solo a penetração, combinado com diminuição de macroporosidade. Já Flores (2004), não encontrou diferença significativa entre a densidade e a porosidade de um solo submetido a pastejo de inverno em pastagem composta por aveia e azevém. Desta maneira, o ajuste da carga animal é necessário, sendo esta em função da produção da pastagem e da necessidade da produção contínua de forragem sob o solo.

Outros estudos, também demonstram as vantagens do uso do ILP, onde a integração tem ação positiva na atividade dos microorganismos, auxilia na agregação do solo, reduz a erosão e favorece a infiltração de água no perfil do solo, além de reduzir a presença de elementos tóxicos, como Al^{3+} e aumentar a

capacidade catiônica do mesmo (KLUTHOCOUSKI, 2003). Ainda Spain et al. (1996) e Broch et al. (1997), relatam outros benefícios da ILP, dentre eles destacam-se o rápido retorno do capital investido, a recuperação da pastagem e economia na implantação de outras culturas, redução de inoculo de doenças, quebra do ciclo de plantas daninhas, rápida recuperação física, química e biológica do solo.

Assim graças à abundância e agressividade das raízes das forrageiras, há também o melhoramento da estrutura do solo devido à grande presença de matéria orgânica, maior armazenamento de água no solo, além de proporcionar maior cobertura do solo. Desta maneira em sistemas conservacionistas utiliza-se o SPD para a passagem de produção animal para a produção de culturas de lavoura (MARCHÃO, 2009).

Na região sul do Brasil as forrageiras de clima temperado são de grande relevância para o sistema ILP, principalmente durante os meses de inverno. Dentre as gramíneas que se consolidaram como alternativas forrageiras usadas nos sistemas de produção do ILP, estão aveia-preta (*Avena strigosa Schreb.*), o azevém (*Lolium multiflorum Lam.*), e o sorgo forrageiro (*Sorghum vulgare Pers.*), gramíneas que promovem a melhoria do solo, devido ao maior conteúdo de lignina, favorecendo o aumento de ácidos húmicos nos substratos, auxiliando a estruturação e a estabilidade dos agregados do solo, tornando-o menos passível a compactação (PRIMAVESI, 1982). Silva & Mielniczuk (1997) também ressaltam que as gramíneas têm efeitos benéficos na estabilização dos agregados, devido ao grande volume de raízes, que aproximam os agregados do solo e favorecem a atividade microbiana do mesmo, cujos produtos atuam na estabilização dos agregados.

3.2 QUALIDADE FÍSICA DO SOLO

Para conservar um solo por longo tempo é necessário desenvolver sistemas de cultivos que permitam no mínimo manter a estrutura do solo, para que as plantas encontrem o local ideal para o seu desenvolvimento, onde ocorra obtenção de água e nutrientes em um dado espaço poroso. Quando o solo encontra-se compactado, as modificações na estrutura limitam a absorção destes elementos necessários ao desenvolvimento das plantas (LIMA, 2002)

Em consequência da grande complexidade do tema, vários métodos têm surgido para avaliar a qualidade física do solo. Quando se fala em qualidade física do solo, refere-se àquele solo que têm a capacidade de sustentar plantas, mais particularmente aquele solo que permite a infiltração e disponibilização de água, responde ao manejo, resiste à degradação e permite as trocas de gases com a atmosfera (REICHERT & BRAIDA, 2003).

A qualidade do solo pode ser determinada pelas suas potencialidades e limitações de uso, resultado dependente dos fatores de formação do solo. Segundo Doran & Parkin (1996), os indicadores de qualidade do solo devem envolver os processos ocorrentes no ecossistema, integrar os processos físicos, químicos e biológicos do solo, ser aplicável em campo e respeitar as variações de manejo, de modo que se respeite o tempo necessário para que o manejo adotado provoque alterações quantificáveis.

Os indicadores de qualidade do solo podem ser divididos em quatro grupos distintos, sendo eles: visuais, físicos, químicos e biológicos. Os indicadores visuais podem ser obtidos a partir de fotos aéreas ou de observações diretas com a exposição do perfil do solo. Os padrões químicos são analisados através do índice pH, salinidade, CTC e quantidade de macro e micronutrientes. Dentre os indicadores biológicos estão a diversidade das espécies da microbiota do solo, nível de respiração do solo e a matéria orgânica. No que diz respeito a fatores físicos do solo, estão relacionados o arranjo de partículas, densidade, porosidade, estabilidade de agregados, textura, condutividade hidráulica e capacidade de armazenamento de água, aonde os parâmetros utilizados na literatura para avaliar a compactação do solo em sistema ILP são: densidades, porosidade e resistência à penetração.

Segundo Raghava et al. (1990) a compactação do solo é condicionada segundo os fatores internos e externos ao qual o solo é exposto. Os fatores externos são determinados pelo tipo, intensidade e frequência da pressão exercida sobre o solo, e os fatores designados de internos são regidos pelas propriedades físicas do solo. Em sistemas onde se utiliza o ILP, a qualidade física do solo é baseada nas propriedades que afetam direta ou indiretamente o crescimento das pastagens. De acordo com Luz & Herling (2004) as alterações nas qualidades físicas do solo

podem ocorrer com maior ou menor intensidade, devido ao pisoteio animal, que depende da frequência e intensidade do pastejo, que por sua vez, podem ser superiores às aquelas aplicadas por máquinas agrícolas. Além destes aspectos, a característica da planta forrageira, a textura da camada superficial do solo e a umidade no momento do pastejo podem condicionar a degradação dos atributos físicos do solo (MACIEL, 2008).

3.3 NITROGÊNIO E QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM ILP

Para as plantas expressarem o seu potencial produtivo e manter um bom desenvolvimento, a nutrição é de extrema importância. Dentre os nutrientes essenciais a planta está o nitrogênio, que exerce grande significância, constituindo os aminoácidos, proteínas e outros componentes das células vegetais (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Em muitas situações, o solo não é capaz de suprir todo o requerimento de nitrogênio necessário às plantas, o que obriga o produtor a utilizar fertilizantes comerciais para obter respostas positivas das culturas. Assim os adubos nitrogenados propiciam condições para a pastagem produzir maior biomassa, maior produção de perfilhos, maior atividade radicular e melhora a qualidade nutricional da pastagem aumentando a porcentagem de folhas em relação aos colmos (CASSOL et al. 2011).

Cerca de 50% do nitrogênio total absorvido é exportado para os órgãos reprodutores das plantas, enquanto o restante permanece no solo na forma de resíduos culturais, onde pode ser mineralizado e liberado para ser reaproveitado pelas plantas (DIAS et al. 2014). Ao longo das reações do nitrogênio que faz parte do solo, o nutriente encontra-se numa concentração que expressa equilíbrio entre as reações da microbiota do solo e das condições ambientais. Vários são os fatores que atuam na disponibilidade do nitrogênio, sendo os principais: clima, tipo de vegetação, organismos do solo, topografia, características químicas e físicas do solo; e o teor de matéria orgânica (DIAS et al. 2014), tendo efeito também na capacidade do solo suprir os nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente o nitrogênio. Este nutriente pode ser retido ou liberado pela

matéria orgânica por meio de processos biológicos que podem reter ou liberar N, visto que o nutriente faz parte das unidades estruturais da matéria orgânica (CHIEZA et al. 2013)

Assim a matéria orgânica, pode estimular crescimento radicular, aumentando a absorção de macro e micronutrientes, aumentando a permeabilidade do solo, devido à formação de agregados, gerando estabilidade dos agregados estruturais, diminuindo a densidade do solo, aumentando a infiltração e retenção de água no solo, aumentando a porosidade e a aeração e aumentando a resistência do solo à erosão (STONE et al. 2006).

Desta forma, em áreas onde se emprega o sistema de ILP com adubação nitrogenada, há maior crescimento da forrageira, reduzindo o risco de compactação do solo, devido ao aumento da quantidade de macroporos e dos teores de matéria orgânica, ocasionando maior estabilidade dos agregados.

3.4 COMPACTAÇÃO DO SOLO EM SISTEMA ILP

A possibilidade de compactação do solo devido ao pisoteio animal é motivo de preocupação para os pecuaristas, pois já é comprovado que este processo ocorre principalmente na camada de 0 a 10 centímetros do solo, através do adensamento e selamento superficial do solo (MELLO, 2002). Segundo Raper (2005), a pressão exercida sob o solo é proporcional à área de contato com o solo e inversamente proporcional à resistência do solo, assim pressões exercidas por equipamentos agrícolas expressam-se mais profundamente no perfil do solo, enquanto pressões exercidas pelo pisoteio animal não são esperadas abaixo de 10 cm de profundidade.

Quando ocorre compactação do solo devido ao pisoteio animal, a magnitude deste é pequena, pois estes impactos na estrutura física do solo podem ser revertidos pelos processos naturais que ocorrem no solo, como a alternância de secagem e umedecimento do solo ou por operações na semeadura (CONTE et al. 2011).

Contudo, sabe-se que o grau de compactação imposto ao solo é dependente da espécie e categoria do animal, frequência, intensidade de pastejo e

principalmente da carga animal em uma determinada área. Segundo Bragagnolo et al. (2014), em altas lotações combinadas com baixa disponibilidade de forragem, o animal caminha mais a procura de alimento, causando um impacto na estrutura física do solo de três a cinco vezes maior, quando se compara a manejos com alta disponibilidade de forragem. Ao contrário em intensidade de pastejo moderada, os animais caminham menos e ingerem mais alimento, tendo um desempenho individual maior e causando menor compactação ao solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para desenvolver o experimento selecionou-se uma propriedade rural, localizada no município de Abelardo Luz – SC. O local possui uma altitude de aproximadamente 850 metros, latitude 26°33'53"S e longitude 52°19'42"W. O solo é um Latossolo Bruno Distrófico (EMBRAPA, 1999), sendo formado basicamente por rochas vulcânicas basálticas, onde há predominância de um relevo forte ondulado. O clima é do tipo Cfb segundo a classificação de Köppen, de clima temperado, com temperatura no mês mais frio abaixo de 18°C e no mês mais quente abaixo de 22°C. A precipitação anual é de aproximadamente 1.930mm.

Foram utilizados 12 piquetes que constituíram as unidades experimentais (Figura 1). A área do experimento contou com 14 ha, onde já havia sido utilizado o sistema ILP com a utilização de grade para a incorporação das sementes no plantio da forragem.

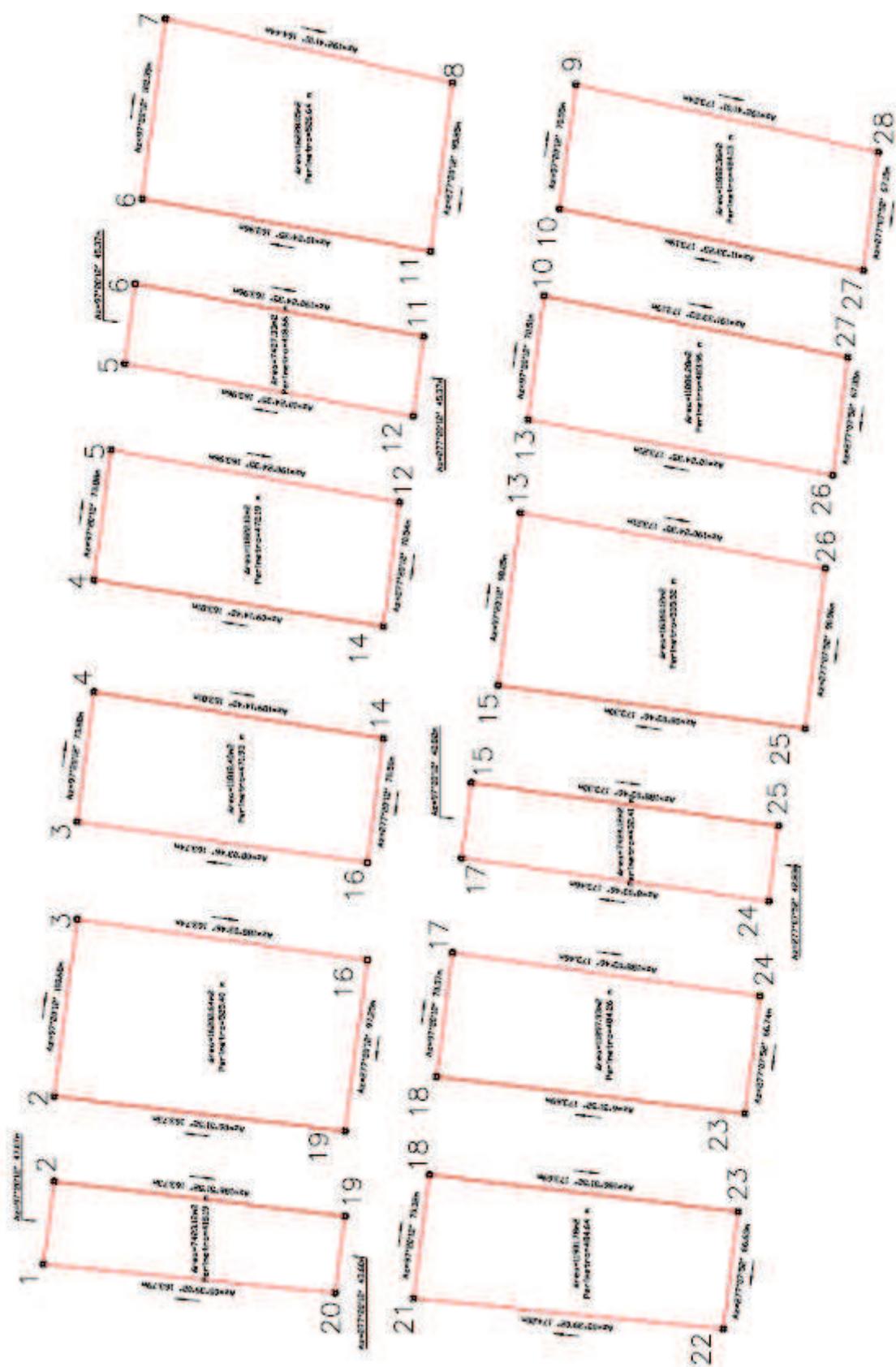


Figura 1 – Croqui da área utilizada para experimento de ILP. Pato Branco – PR, 2014.

As culturas anteriores foram milho e o consórcio de aveia e azevém. No início do experimento foram coletadas amostras indeformadas de solo para caracterização física da área experimental (Tabela 1).

Tabela 1 Densidade, Porosidade Total, Microporosidade e Macroporosidade de um Latossolo Bruno Distrófico anteriormente ao desenvolvimento do experimento. UTFPR-Pato Branco, 2014.

Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)
0-5	0.98	0.66	0.46	0.20
5-10	1.09	0.63	0.50	0.13
10-15	1.19	0.62	0.53	0.09
15-20	1.18	0.63	0.53	0.10

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial (2x2), com três repetições. Os tratamentos consistiram em dois fatores, onde o primeiro foi intensidade de pastejo, caracterizada por duas alturas de manejo de pastagem, onde para o sorgo foram utilizados 30 e 60 cm de altura pastagem, e para a aveia 15 e 30 cm (alta e baixa intensidade de pastejo respectivamente). O segundo fator foi constituído por dois níveis de adubação nitrogenada em cobertura (baixo e alto, 100 e 300 kg de N ha⁻¹, respectivamente), totalizando em quatro tratamentos: alta intensidade de pastejo com nitrogênio (AIP - CN), baixa intensidade de pastejo com nitrogênio (BIP - CN) alta intensidade de pastejo sem nitrogênio (AIP - SN) e baixa intensidade de pastejo sem nitrogênio (BIP - SN).

O sistema utilizado para semeadura durante o estudo foi o sistema plantio direto. As culturas escolhidas para pastejo foram sorgo forrageiro para o primeiro ciclo e o consórcio de aveia para o segundo ciclo, enquanto a cultura produtora de grão foi o milho.

A semeadura do sorgo forrageiro foi realizada no dia 7/11/12, onde a adubação durante a semeadura foi de 530 kg de NPK (08-20-20) e adubação nitrogenada de cobertura com 300 kg de N ha⁻¹. O pastejo utilizado foi de lotação contínua durante o período de 43 dias, com taxa de lotação variável média de 1666 e 2528 kg ha⁻¹ de peso vivo entre os tratamentos.

A cultura da aveia preta iniciou com o plantio no dia 22/05/13, não havendo aplicação de adubação na semeadura, sendo parceladas as adubações de cobertura entre 22 e 41 DAS, recebendo respectivamente 60 kg de N ha⁻¹ e 140 kg

de N ha⁻¹. O pastejo utilizado foi de lotação contínua durante 57 dias com taxa lotação variável entre os tratamentos de 581 e 1944 kg ha⁻¹ de peso vivo. Salienta-se que devido a uma forte geada durante o pastejo da aveia preta, os animais foram retirados dos piquetes e a forrageira foi adubada com 100 kg/ha de N, nas parcelas que haviam sido adubadas com 200 kg de N, totalizando assim 300 kg/ha de N na pastagem.

Para o estabelecimento da cultura produtora de grãos utilizou-se a inversão de adubação nitrogenada das unidades experimentais, ou seja, nos piquetes que durante o pastejo receberam adubação com nitrogênio, durante a cultura do milho, não houve adubação de cobertura (0 kg/ha de N), e nas parcelas que não receberam adubação nitrogenada durante o pastejo, durante a cultura do milho foram adubadas com 200 kg/ha de N em cobertura.

A amostragem para avaliação da qualidade física do solo foi realizada após cada pastejo e colheita de grãos. As amostras foram coletadas em três pontos escolhidos ao acaso em cada unidade experimental, com o auxílio de anéis de 3 cm de altura e 6cm de diâmetro. Estas amostras foram coletadas nas camadas 0-5 cm, 5-10cm, 10-15cm e 15-20 cm de profundidade.

As amostras foram preservadas em papel alumínio e refrigeração até as avaliações em laboratório, e posteriormente saturadas por 48 horas em bandejas com uma lâmina de água até dois terços de altura dos anéis. Após a saturação, as amostras foram equilibradas em mesa de tensão equivalente conforme Reihardt (1988) com potencial de -100hPa equivalente a capacidade de campo, por 48 horas para a obtenção da porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo. Para a obtenção da densidade do solo as amostras foram secas em estufa a 105°C por 48 horas.

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors, à análise de variância e ao teste de médias pelo teste de Tukey a 5% no Aplicativo Computacional em Estatística Aplicada à Genética (GENES).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de densidade do solo, porosidade do solo, macroporosidade e microporosidade, para o pastejo do sorgo forrageiro, aveia preta e milho estão apresentados nas Tabelas 2, 3 e 6.

Os valores de densidade, porosidade total, microporosidade e macroporosidade do solo durante o pastejo do sorgo (Tabela 2) não foram estatisticamente diferentes entre si, indicando que se o produtor rural realizasse o tratamento mais restritivo com menor custo não ocasionaria danos ao solo.

Tabela 2 Densidade, Porosidade total, Microporosidade e Macroporosidade de um Latossolo Bruno Distrófico submetido ao pastejo de sorgo forrageiro (BIP SN – baixa intensidade de pastejo sem nitrogênio; AIP SN – alta intensidade de pastejo sem nitrogênio; BIP CN – baixa intensidade de pastejo com nitrogênio; AIP CN – alta intensidade de pastejo com nitrogênio). UTFPR-Pato Branco, 2014.

BIP SN					AIP SN				
Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)	Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)
0-5	1.15	0.62	0.52	0.10	0-5	1.08	0.66	0.50	0.12
5-10	1.14	0.61	0.52	0.09	5-10	1.15	0.61	0.51	0.10
10-15	1.15	0.62	0.51	0.10	10-15	1.16	0.61	0.50	0.11
15-20	1.18	0.61	0.51	0.09	15-20	1.16	0.61	0.51	0.11
BIP CN					AIP CN				
Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)	Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)
0-5	1.13	0.61	0.52	0.09	0-5	1.15	0.62	0.52	0.10
5-10	1.13	0.62	0.53	0.10	5-10	1.17	0.63	0.52	0.11
10-15	1.17	0.62	0.52	0.10	10-15	1.18	0.61	0.53	0.09
15-20	1.12	0.62	0.52	0.10	15-20	1.15	0.63	0.53	0.10

Durante o pastejo da aveia, uma forte geada causou diminuição da oferta de forragem, contudo esta intempérie não alterou negativamente os atributos físicos do solo (Tabela 3). Assim após o pastejo da aveia preta, não houveram diferenças estatísticas nos valores de densidade e macroporosidade, que se manteve acima ou próximo do limite de 0.10 m³ m⁻³ estabelecido por Silva et al. (1994), demonstrando assim, que o solo não foi compactado pela falta de cobertura do solo, uma vez que quando há a compactação do solo, espera-se um aumento da densidade e diminuição da quantidade dos macroporos.

Tabela 3 Densidade, Porosidade total, Microporosidade e Macro porosidade de um Latossolo Bruno Distrófico submetido ao pastejo de aveia preta (BIP SN – baixa intensidade de pastejo sem nitrogênio; AIP SN – alta intensidade de pastejo sem nitrogênio; BIP CN – baixa intensidade de pastejo com nitrogênio; AIP CN – alta intensidade de pastejo com nitrogênio). UTFPR-Pato Branco, 2014.

BIP SN					AIP SN				
Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)	Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)
0-5	1.13	0.60	0.49	0.11	0-5	1.18	0.62	0.52	0.11
5-10	1.17	0.62*	0.52*	0.10	5-10	1.18	0.64*	0.54*	0.11
10-15	1.16	0.61	0.51	0.09	10-15	1.19	0.60	0.51	0.09
15-20	1.18	0.61	0.52	0.10	15-20	1.2	0.61	0.51	0.10
BIP CN					AIP CN				
Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)	Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)
0-5	1.14	0.62	0.50	0.11	0-5	1.17	0.61	0.51	0.10
5-10	1.18	0.66*	0.57*	0.09	5-10	1.15	0.59*	0.50*	0.09
10-15	1.2	0.61	0.52	0.10	10-15	1.19	0.60	0.51	0.09
15-20	1.2	0.61	0.52	0.09	15-20	1.16	0.61	0.51	0.09

* Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

No entanto, em comparação aos tratamentos, houveram diferenças significativas estatisticamente na quantidade de microporos e porosidade total (Tabela 4 e 5), que tiveram maiores valores nos tratamentos BIP-CN e AIP- SN.

Tabela 4 Teste de Tukey de comparação de médias para a variável porosidade total um Latossolo Bruno Distrófico submetido ao pastejo de aveia preta (BIP – baixa intensidade de pastejo; AIP – alta intensidade de pastejo; SN- sem nitrogênio; CN - com nitrogênio). UTFPR-Pato Branco, 2014

	S/N	C/N
BIP	0.62 Bb	0.66 Aa
AIP	0.64 Aa	0.59 Bb

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL não diferem estatisticamente entre si. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 5 Teste de Tukey de comparação de médias para a variável microporosidade de um Latossolo Bruno Distrófico submetido ao pastejo de aveia preta (BIP – baixa intensidade de pastejo; AIP – alta intensidade de pastejo; SN- sem nitrogênio; CN - com nitrogênio). UTFPR-Pato Branco, 2014

	S/N	C/N
BIP	0.52 Ba	0.57 Aa
AIP	0.54 Aa	0.50 Bb

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL não diferem estatisticamente entre si. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

Contudo no ponto de vista de qualidade física do solo, estes valores se mostram ínfimos, não demonstrando perdas significativas na qualidade física do solo.

Os atributos físicos do solo, pós – milho não demonstraram diferenças estatísticas. Os valores de densidade variaram entre 1,07 e 1,16 g cm³, valores abaixo dos limites que indicariam compactação, conforme visualizado por Bowen (1981), onde estabeleceu um limite de 1,55 g cm³, para os valores de densidade em solos argilosos. Observou-se também um aumento em relação à quantidade de poros do solo, ocasionado pelo sistema radicular fasciculado da gramínea que penetra facilmente nas camadas do solo, e facilita a movimentação da água e ar no interior do solo.

A Tabela 6 apresenta os valores das propriedades físicas amostradas após a colheita. Os valores de porosidade total decresceram em profundidade, demonstrando uma forma lógica com os valores de densidade, que aumentaram em profundidade, denotando que isto tenha ocorrido devido a grande concentração de raízes da cultura na camada superficial do solo e menor aeração nas profundidades seguintes. Os valores de porosidade total mantiveram-se acima dos limites estabelecidos por Baver et al. (1973) e Kiehl (1979), onde para solo agrícola ser ideal, os valores de Pt devem estar acima 35%.

Tabela 6 Densidade, Porosidade total, Microporosidade e Macro porosidade de um Latossolo Bruno Distrófico após a cultura do milho (BIP SN – baixa intensidade de pastejo sem nitrogênio; AIP SN – alta intensidade de pastejo sem nitrogênio; BIP CN – baixa intensidade de pastejo com nitrogênio; AIP CN – alta intensidade de pastejo com nitrogênio). UTFPR-Pato Branco, 2014.

BIP SN					AIP SN				
Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)	Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)
0-5	1.07	0.70	0.57	0.13	0-5	1.04	0.68	0.54	0.13
5-10	1.13	0.67	0.57	0.10	5-10	1.10	0.66	0.57	0.83
10-15	1.15	0.67	0.56	0.10	10-15	1.13	0.67	0.56	0.11
15-20	1.15	0.66	0.55	0.11	15-20	1.15	0.68	0.57	0.10
BIP CN					AIP CN				
Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)	Profundidade (cm)	Ds (Mg cm ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)	Micro (m ³ m ⁻³)	Macro (m ³ m ⁻³)
0-5	1.07	0.67	0.56	0.11	0-5	1.07	0.69	0.56	0.13
5-10	1.10	0.68	0.56	0.12	5-10	1.11	0.70	0.55	0.15
10-15	1.16	0.65	0.55	0.10	10-15	1.12	0.67	0.57	0.93
15-20	1.13	0.68	0.57	0.11	15-20	1.15	0.67	0.54	0.13

Os valores de macro porosidade nas camadas superficiais do solo (0-5 cm) foram ligeiramente maiores quando comparados às demais camadas, devido à ação do sistema radicular da planta, que produz maior massa de raízes por volume de solo.

Para a microporosidade, em comparação aos tratamentos, não foram observadas diferenças estatísticas para as camadas avaliadas, pois segundo Araujo et. al, (2004) este parâmetro físico é pouco afetado pela elevação da densidade, seja pelo tráfego de máquinas agrícolas ou pelo pisoteio animal.

6 CONCLUSÕES

Não há evidência de que o pisoteio animal tenha interferido negativamente nos atributos físicos do solo.

Não há diferenças significativas nos atributos físicos do solo após o pastejo do sorgo e após a cultura do milho.

A diminuição da oferta de forragem, devido a geadas na época de pastejo da aveia não alterou negativamente os atributos físicos do solo, entretanto observou-se diferenças significativas nas variáveis microporosidade e porosidade total, onde os maiores valores foram encontrados nos tratamentos de baixa intensidade de pastejo aliado com aplicação de nitrogênio e alta intensidade de pastejo sem nitrogênio.

Não foram observados valores limitantes para o desenvolvimento das culturas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para um próximo trabalho sugere-se um maior período de avaliação da qualidade física do solo sob pastejo, para que os valores representem com mais confiança as variações do ambiente.

A inclusão de demais variáveis como, a resistência a penetração e estabilidade de agregados devem ser incluídas, pois aumentam o poder de explicação das variáveis estudadas.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, A. M.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 337-345, 2004.

BOWEN, H.D. Alleviating mechanical impedance. In: ARKIN, G.F. & TAYLOR, H.M., eds. *Modifying the root environment to reduce crop stress*. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1981. p.18-57. (ASAE Monograph, 4)

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. *Física del suelos*. México, Hispano-Americana, 1973. 529p.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J.A.; ALMEIDA, E.X. & KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de Capim-elefante-anão cv. Mott. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:1047-1054, 2000

BRAGAGNOLO, J.; LANZANOVA, M.E.; LOVATO, T. ELTZ, F.L.F.; GIRARDELO, V.C. Compactação do solo induzido por pisoteio bovino em sistemas de integração lavoura-pecuária sob o plantio direto. UFSM, 2014

BROCH, D. L.; PITOL, C.; BORGES, E. P. Integração agricultura-pecuária: plantio direto da soja sobre pastagem na integração agropecuária. Maracaju: Fundação MS, 1997. Não paginado. (Fundação MS. Informativo técnico, 1).

CASSOL, L. C.; PIVA, J. T.; SOARES, A. B.; et al.. Produtividade e composição estrutural de aveia e azevém submetidos a épocas de corte e adubação nitrogenada. *Revista Ceres*, v.58, n. p.438-443, 2011.

CORREA, J.C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30,p.107-114, 1995.

CONTE, O.; FLORES. C.P.J.; CASSOL, L.C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, F. C. P.; LEVIEN, R.; WESP, L. C. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, nº10, p 1301-1309; Brasília, 2011.

CARVALHO, P. C. F.; ROCHA, L. M. da; BAGGIO, C.; et al. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação contínua. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.1857-1865, 2009.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Eds.). *Methods for assessing soil quality*. Wisconsin, USA: Soil Science Society American, p.25-37. (Special Publication, 49), 1996.

DIAS, L.E.; BARROS, N.F.; FRANCO, A.A. *Fertilidade do solo: Nitrogênio*. Adaptado: Apostila Nitrogênio – ABEAS. UFV- Viçosa, 2014.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2 ed. Rio de Janeiro, 1999. 212p.

FLORES, J.P.C. *Atributos de solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo em plantio direto com aplicação de calcário em superfície*. Tese de Mestrado; Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.74; 2004.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.. *FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). *Integração lavoura-pecuária*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, p.145-170.

KLEIN, A. V. *Física do solo*. Universidade de Passo Fundo, Editora UPF. p.28-60. 2008.

KIEHL, E.J. *Manual de Edafologia; relação solo-planta*. São Paulo: Ceres, 1979. 263p.

LIMA, M. A. *Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios*. *Cadernos de Ciência e tecnologia*, Brasília, v. 19, p. 451-472, 2002.

LIMA, V. H.; SILVA, P.A.; IMHOFF, S.; JUNIOR, N.F.A. *Alternative method for volumetric core removal in hardsetting soils*. *Sci. Agric.; Piracicaba- BR*; v. 44; n°5; 2005

LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R. *Impactos do pastejo sobre as propriedades físicas do solo*. In: *SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM*, 2. 2004, Viçosa: UFV, 2004. p.209-250.

MACIEL, G.A. *Integração Lavoura – Pecuária e a qualidade física do solo na região do cerrado*. Tese de doutorado. UFLA. Minas Gerais, 2008.

MARCHÃO, L. R.; VILELA, L.; PALUDO, L. A.; JUNIOR, G. R. Impacto do pisoteio animal na compactação do solo sob integração lavoura-pecuária no oeste baiano. Comunicado Técnico, n ° 163. Planaltina- DF. Março, 2009

MELLO, N. A. Degradação física dos solos sob Integração Lavoura Pecuária. In: Anais do I Encontro de Integração Lavoura Pecuária no Sul do Brasil. Pato Branco, 14 a 16 de agosto 2002, p 43-60.

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S.J.; CARVALHO, P.C.F.; CASSOL, L.C. Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. In: MELLO, N.A., ASSMANN, T.S. (Eds.). I Encontro de integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. p.3-42; 2002.

PRIMAVESI, A. O manejo ecológico do solo. 4 ed. São Paulo: Nobel, 1982. P.541.

RAGHAVA, G. S. V.; ALVO, P.; MCKYES, E. Soil compaction in agriculture: a view toward managing the problem. *Advances in Soil Science*, v. 11, p. 1-35, 1990.

REICHERT, M.J.; REINERT, J. D.; BRAIDA, A. J. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Dezembro, 2003

REICHARDT, K. Capacidade de campo. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.12, n.3, p. 211-216, 1988

RAPER, R.L. Agricultural traffic impacts on soil. *Journal of Terramechanics*, v.42, p.259-280, 2005.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, v.28, n. 3, p. 533-542, jun. 2004.

SILVA, M.A.S.; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A; ROSA, J.D.; BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.30, p.329-337, 2006.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, n.1, p. 113-117. 1997.

SILVEIRA, E.R.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; PIAZZETTA, L.H.; LANG, C.R.; CARVALHO, P.C.F. Intensidade de pastejo e adubação nitrogenada na massa seca de aveia e produtividade do milho na integração lavoura-pecuária. *Ciências Agrárias*, v. 33, n. 4. p. 1323-1332. 2012.

SPAIN, J.M.; AYARZA, M.A.; VILELA, L. Crop pasture rotations in the Brazilian Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados. Anais... Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. p. 39-45.

STONE, F.L.; SILVEIRA, M.P.; MOREIRA, A.A.J. Atributos físicos-hídricos do solo sob plantio direto. Embrapa: Documentos 191. Santo Antônio de Goiás. Nov. 2006

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722p. Cap.5: Nutrição mineral. p.96-101.

TREIN, C.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia + trevo/milho, após pastejo intensivo. R. Bras. Ci. Solo, 15:105-111, 1991.

VILELA, L.; MACEDO, M.C.M.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.145-170, 2003