

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

Carlos Zandoná Rupollo

**AVALIAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO  
EM PASTAGEM DE JIGGS MANEJADA SOB DIFERENTES  
INTENSIDADES DE PASTEJO**

PPGCS/UFSM, RS RUPOLLO, Carlos Zandoná Mestre 2016

Santa Maria, RS  
2016

**Carlos Zandoná Rupollo**

**AVALIAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO EM  
PASTAGEM DE JIGGS MANEJADA SOB DIFERENTES INTENSIDADES DE  
PASTEJO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de concentração em Processos Físicos e Morfológicos do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo**.

**Orientador: Prof. Dr. Dalvan José Reinert**

Santa Maria, RS  
2016

ZANDONÁ RUPOLLO, CARLOS  
AVALIAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO EM  
PASTAGEM DE JIGGS MANEJADA SOB DIFERENTES INTENSIDADES  
DE PASTEJO / CARLOS ZANDONÁ RUPOLLO.-2016.  
77 f.; 30cm

Orientadora: DALVAN JOSÉ REINERT  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-  
Graduação em Ciência do Solo, RS, 2016

1. Produção de forragem 2. Densidade e comprimento de  
raiz 3. Atributos Físico-hídricos do solo 4. Química do  
solo I. REINERT, DALVAN JOSÉ II. Título.

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo autor.

---

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Carlos Zandoná Rupollo. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte. Endereço: Universidade Federal de Santa Maria/Centro de Ciências Rurais/Departamento de Solos/Av. Roraima, n. 1000, Cidade Universitária, Camobi, Santa Maria, RS, 97105-900 Fone/Fax (055) 3220-8108; E-mail: carlosrupollo@hotmail.com.

**Carlos Zandoná Rupollo**

**AVALIAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO EM  
PASTAGEM DE JIGGS MANEJADA SOB DIFERENTES INTENSIDADES DE  
PASTEJO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de concentração em Processos Físicos e Morfológicos do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo**.

**Aprovado em 19 de fevereiro de 2016:**

---

**Dalvan José Reinert, Dr. (UFSM)**  
(Orientador)

---

**Jackson Ernani Fiorin, Dr. (UNICRUZ)**

---

**Sandra Beatriz Vicenci Fernandes, Dra. (UNIJUI)**

Santa Maria, RS  
2016

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, exemplo de luta e amor, que sempre me apoiaram incondicionalmente na busca pela realização dos meus sonhos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Solos e, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS), pela oportunidade de cursar o Mestrado.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa .

Agradeço ao professor-orientador Dalvan José Reinert pelo apoio e orientação passados ao longo do Mestrado, e aos demais professores do PPGCS pelos ensinamentos transmitidos através das disciplinas.

Agradeço a banca examinadora desta dissertação pela colaboração para melhoria do trabalho, em particular a professora Sandra Beatriz Vicenci Fernandes que me permitiu ministrar a docência orientada na UNIJUÍ.

Agradeço meu pai Ademir Antônio Rupollo, minha mãe Evani Salete Zandoná, e a minha irmã Cristiane Zandoná Rupollo pelo apoio e compreensão que serviram como base para que eu buscasse meus sonhos.

Agradeço a toda equipe do Laboratório de Física do Solo pela convivência e amizade também a equipe do CESNORS de Frederico Westphalen - RS que sempre estiveram dispostos para ajudar no trabalho de campo, não importando a dificuldade da tarefa.

Agradeço em particular ao colega Ezequiel Koppe pela amizade, parceria, paciência e ensinamentos na condução da dissertação e também a Rosemar de Queiroz pelo auxílio incondicional nos trabalhos de campo.

Á todos vocês meu sincero muito obrigado.

“Se enxerguei mais longe, foi por estar em pé sobre ombro de gigantes, se fiz descobertas valiosas, foi mais por ter paciência do que qualquer outro talento.”

(Isaac Newton)

## RESUMO

### AVALIAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO EM PASTAGEM DE JIGGS MANEJADA SOB DIFERENTES INTENSIDADES DE PASTEJO

AUTOR: Carlos Zandoná Rupollo  
ORIENTADOR: Dalvan José Reinert

As pastagens perenes de verão surgem como uma excelente opção de forrageira para alimentação do gado, fato esse que tem impulsionado a produção de leite no Rio Grande do Sul. Todavia, a falta de controle da carga animal aliada a intensidades de pastejo elevada tem contribuído com a degradação das pastagens e perda da qualidade do solo. O estudo foi desenvolvido numa propriedade rural no norte gaúcho, sendo que a forrageira utilizada foi o Jiggs (*Cynodon dactylon*) e o método de manejo adotado foi o pastejo rotacionado, contemplando um ciclo de produção de 268 dias. Os tratamentos foram compostos de distintas intensidades de pastejo em blocos ao acaso e contaram com quatro repetições as quais constituíram os seguintes tratamentos: T1= intensidade de 0%, T2= 30%, T3= 50% e T4= 70%. A área experimental estava disposta dentro de uma área total de 1.760 m<sup>2</sup>, onde foram distribuídos 16 piquetes (4 tratamentos x 4 repetições) com dimensões iguais a 100 m<sup>2</sup> cada (10 x 10 m). A produção da forrageira Jiggs não apresentou diferença estatística com relação aos tratamentos, sendo que a produção decresce com o fim do ciclo produtivo, em contrapartida, a maior concentração de folhas foi encontrada no fim do ciclo de pastejo influenciada pela altura das plantas. Ocorreu redução com relação ao comprimento e densidade de raiz com aumento da profundidade sendo que a intensidade de pastejo igual a zero, apresentou a menor densidade média com relação as demais intensidades. A permeabilidade do solo ao ar (Kar) equilibrado à tensões de 6 e 100 kPa não obteve diferença estatística entre as intensidades de pastejo e a profundidade nos períodos de Pré Pastejo e no Pós Pastejo 1. A camada de solo de 0-5 e 5-10 cm foi a única que sofreu influencia dos tratamentos na Ksat e Kar à tesões de 6 e 100 kPa, ocorrendo redução do fluxo de ar e água nos períodos de pastejo Pós 3 e 5. A intensidade de pastejo altera significativamente a densidade de solo bem como a macroporosidade e porosidade total nas camadas de 0-5 e de 5-10 cm. a intensidade de 0% obteve valores médios crescentes de densidade conforme o aumento da profundidade, no entanto, o tratamento 4 obteve valores médios decrescentes no decorrer das profundidades, onde a camada de 0-5 cm apresentou densidade de 1,49 g cm<sup>-3</sup>. No decorrer do ciclo de pastejo, observou-se de modo geral que a microporosidade manteve-se praticamente constante. Em síntese, a produção de forragem não apresentou diferença estatística com relação às intensidades de pastejo, as raízes se concentram na camada de 0-5 cm e o pisoteio animal influencia na densidade de raiz. De modo geral, os períodos de pastejo influenciaram a Kar, Ksat e densidade do solo nas camadas superficiais do solo e a micro, macro e porosidade total foram influenciadas principalmente pelos períodos de pastejo Pós 3 e 5.

**Palavras-chave:** *Cynodon dactylon*. Densidade do solo. Condutividade hidráulica. Permeabilidade ao ar. Porosidade do solo. Densidade de raiz. Comprimento de raiz.



## ABSTRACT

### EVALUATION PHYSICAL AND WATER OF A TYPIC IN PASTURE JIGGS MANAGED UNDER GRAZING INTENSITIES DIFFERENT

AUTHOR: Carlos Zandoná Rupollo

ADVISOR: Dalvan José Reinert

Perennial summer pastures are an excellent forage option for livestock feed, a fact that has boosted milk production in Rio Grande do Sul. However, the lack of animal load control coupled with high grazing intensities have contributed to the degradation of pastures and loss of soil quality. The study was conducted on a farm in northern Rio Grande do Sul, and the forage used was Jiggs (*Cynodon dactylon*) and management method adopted was the rotational grazing, covering a 268 days production cycle. The treatments consisted of different grazing intensities in a randomized block design with four replications which the following treatments were: T1 = intensity of 0%, T2 = 30%, T3 and T4 = 50% = 70%. The experimental area was disposed within a total area of 1,760 m<sup>2</sup>, which were distributed pickets 16 (4 treatments x 4 replicates) with dimensions equal to 100 m<sup>2</sup> each (10 x 10 m). The production of forage Jiggs had no statistical difference among treatments and the production decreases with the end of the production cycle, however, the highest concentration of leaves was found at the end of the grazing cycle influenced by plant height. There is a reduction with respect to the length and root density with increasing soil depth and the treatment one where grazing intensity was zero, had the lowest average density with respect to other treatments. The air permeability of the soil (Kar) equilibrated to tensions of 6 and 100 kPa did not reach statistical difference between treatments and the depth in the periods pre and post grazing 1. The soil layer of 0-5 and 5-10 cm was that the only influenced by the treatments in Ksat, Kar and 6 and 100 kPa, leading to a reduction in the flow of air and water in the grazing periods post 3 is 5. The grazing intensity significantly alter the soil density and macroporosity and total porosity in the 0-5 and 5-10 cm. The T1 had increasing density mean values with increasing depth, however, the treatment had decreasing average values obtained in the course of depths, where the 0-5 cm layer obtained density 1.49 g cm<sup>-3</sup>. During the grazing cycle was observed generally that the microporosity remained virtually constant. The forage production showed no statistical difference in relation to grazing intensity, the roots are concentrated in the 0-5 cm layer and cattle trampling influenced root density. In general, the grazing periods influenced Kar, Ksat and bulk density in the surface layers of the soil and the micro, macro and total porosity were mainly influenced by grazing period post 3 and post 5.

**Keywords:** *Cynodon dactylon*. Soil density. Hydraulic conductivity. Air permeability. Soil porosity. Root density. Root length.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de leite nas regiões brasileiras, 2000 a 2010. Valores expressos em bilhões de litros.....	17
Figura 2 - Área de concentração de produção de leite na Região Sul do Brasil, 2010.....	19
Figura 3 - Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens cultivadas em suas diferentes etapas no tempo.....	21
Figura 4 - Localização da área experimental no município de Palmeira das Missões – RS, 2014.....	26
Figura 5 - Implantação da forrageira Jiggs, 2014.....	28
Figura 6 - Cálculos da Intensidade de Pastejo, utilizando Microsoft Excel.....	30
Figura 7 - Permeâmetro de carga decrescente, Laboratório de Física do Solo (UFSM), 2015.....	32
Figura 8 - Permeâmetro de carga constante, Laboratório de Física do Solo (UFSM).....	34
Figura 9 - Placa com pregos (A), Trincheira para coleta (B), Monólito identificado (C), lavagem com peneira de 1 mm (D), tingimento com corante violeta (E) e fotografia para avaliação do comprimento de raiz (F).....	36
Figura 10 - Produção acumulada de Matéria Seca Total e Matéria Seca Foliar em durante o ciclo de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	41
Figura 11 - Umidade Gravimétrica ( $g^1 g^{-1}$ ) em distintas profundidades e períodos de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Períodos de avaliação dos parâmetros físicos-hídrico do solo e produção de forragem, 2014 a 2015.....	31
Tabela 2 -	Períodos e ciclo de produção da Forrageira Jiggs, 2014 a 2015, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	37
Tabela 3 -	Altura, Percentual de folha, Matéria Seca Total e Matéria Seca Foliar, da forrageira Jiggs sobre diferentes intensidades de pastejo, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	39
Tabela 4 -	Comprimento e Densidade de raízes da forrageira Jiggs em função das intensidades de pastejo e profundidades, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	43
Tabela 5 -	Resultados das análises de solo referentes à forrageira Jiggs. Laboratório de Análises de Solo, (UFSM) , Palmeira das Missões - RS, 2015.....	44
Tabela 6 -	Relação da Permeabilidade do solo ao ar (Kar) equilibrada a 6 kPa em solo submetido a pressões de pastejo entre tratamento e profundidade dentro de cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	46
Tabela 7 -	Relação da Permeabilidade do solo ao ar (Kar) equilibrada a 100 kPa em solo submetido a pressões de pastejo entre tratamento e profundidade dentro de cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	47
Tabela 8 -	Relação da Condutividade Hidráulica (Ksat) entre tratamento e profundidade em de cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015..	49
Tabela 9 -	Relação da Densidade do Solo (Ds) nas diferentes pressões de pastejo entre tratamento e profundidade considerando cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	51
Tabela 10 -	Relação da Microporosidade do Solo entre tratamento e profundidade em cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	52
Tabela 11 -	Relação da Macroporosidade do Solo em diferentes intensidades de pastejo e profundidade do solo em cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	54
Tabela 12 -	Relação da Porosidade Total em diferentes pressões de pastejo do solo entre tratamento e profundidade em cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	56
Tabela 13 -	Permeabilidade do solo ao ar (Kar) equilibrada a 6 kPa em solo submetido a pressões de pastejo entre época de pastejo dentro de cada profundidade da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	57
Tabela 14 -	Permeabilidade do solo ao ar (Kar) equilibrada a 100 kPa em solo submetido a pressões de pastejo entre época de pastejo dentro de cada profundidade em pastagem da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	59
Tabela 15 -	Relação da Condutividade Hidráulica (Ksat) entre tratamento e época de pastejo dentro de cada profundidade da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	60
Tabela 16 -	Densidade do Solo (Ds) nas diferentes intensidades de pastejo entre época de pastejo considerando cada profundidade da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	62
Tabela 17 -	Microporosidade do Solo em distintas intensidades de pastejo em cada camada de solo entre época de pastejo dentro de cada profundidade da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	63

Tabela 18 - Macroporosidade do Solo em distintas intensidades de pastejo em cada camada de solo entre época de pastejo dentro de cada profundidade da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	64
Tabela 19 - Porosidade Total em distintas intensidades de pastejo em cada camada de solo entre época de pastejo dentro de cada profundidade da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.....	66

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
2.1	DESEMPENHOS DA PRODUÇÃO LEITEIRA.....	16
<b>2.1.1</b>	<b>A nível mundial.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2</b>	<b>A nível nacional.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.....</b>	<b>18</b>
2.2	FORRAGEIRA DE ESTAÇÃO QUENTE, GÊNERO <i>CYNODON</i> .....	19
2.3	DEGRADAÇÕES DAS PASTAGENS.....	21
2.4	CONDIÇÕES FÍSICO-HÍDRICAS E QUÍMICAS DO SOLO EM CONDIÇÃO DE PASTAGENS.....	22
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
3.1	PREPARO DO SOLO E ADUBAÇÃO.....	27
3.2	IMPLANTAÇÃO E MANEJO DA FORRAGEIRA.....	27
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	33
3.4	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	31
<b>3.4.1</b>	<b>Avaliação Físico-Hídrica.....</b>	<b>31</b>
3.4.1.1	Condutividade hidráulica de solo saturado (Ksat).....	32
3.4.1.2	Permeabilidade ao ar (Kar).....	33
3.4.1.3	Porosidade e densidade do solo.....	35
3.4.1.4	Química do solo.....	35
3.4.2	Avaliação Físico-hídrica do solo a campo.....	35
3.4.2.1	Densidade e massa de raiz.....	36
<b>3.4.3</b>	<b>Produção da forrageira.....</b>	<b>37</b>
3.5	ESTATÍSTICA.....	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
4.1	PRODUÇÃO E SISTEMA RADICULAR DA FORRAGEIRA JIGGS.....	39
4.2	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	43
4.3	ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO: RELAÇÃO ENTRE INTENSIDADE DE PASTEJO E PROFUNDIDADE DO SOLO.....	45
4.4	ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO: RELAÇÃO ENTRE TRATAMENTOS E PERÍODO DE PASTEJO.....	56
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>68</b>
	<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>76</b>
	<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção leiteira tem exercido grande influência na economia da região norte do estado do Rio Grande do Sul, demonstrando um grande potencial de exploração e desenvolvimento, em função das condições climáticas, características dos sistemas produtivos, disponibilidade de área e mercado. Os sistemas de produção leiteira são de pequena escala e a mão de obra é basicamente familiar, determinando o sistema de produção com base forrageira a pasto, com vistas à redução do custo de produção.

O sistema de pastejo adotado na maioria das propriedades leiteiras gaúchas é o rotativo, que permite um melhor aproveitamento da forrageira além de disponibilizar cotidianamente forragem de boa qualidade aos animais, todavia requer maiores cuidados com o manejo, evitando prejuízos com relação ao desenvolvimento das pastagens.

Neste sentido, a intensidade de pastejo, ou seja, quantidade de desfolha do dossel forrageiro pelos animais é a forma mais adequada para estimar a carga animal onde níveis intensos de pastejo podem provocar um super pastejo o que leva a uma possível redução na persistência da pastagem e aumento nos períodos entre os pastejos além da degradação físico-mecânica do solo. Ao contrário do super pastejo, se o sub pastejo ocorrer em condições de baixa intensidade de desfolha, neste caso, ocorre à sobra de pasto o que prejudica a qualidade da forragem remanescente além da falta de aproveitamento da mesma causando prejuízo ao produtor.

As áreas destinadas à pastagem no verão são reduzidas em função da prioridade à produção de grãos, essa limitação amplia a necessidade de cultivo de uma pastagem que apresente alta produção por unidade de área, boa capacidade de suprir as exigências nutricionais dos animais somadas à capacidade de suportar o efeito do pisoteio animal, arranquio, longo período de produção, condições de solos com baixa fertilidade e compactação, além da resistência a condições climáticas adversas, e ainda e não menos importante, que apresente baixo custo de produção.

A redução da área destinada à pastagem no verão promove uma maior concentração de animais por unidade de área, o que acaba implicando muitas vezes na compactação do solo e redução da capacidade de infiltração de água no mesmo. Essa intensificação no pastejo somado ao mau manejo da pastagem, muitas vezes, acarreta em prejuízos no seu desenvolvimento, tanto de forma direta com o arranquio da forrageira pelo pisoteio e bocada do animal, quanto indiretamente através da compactação do solo que é potencializada quando

a entrada dos animais ocorre em dias em que o solo se encontra com um alto teor de umidade, levando a redução no crescimento e desenvolvimento radicular, conseqüentemente reduzindo a área explorada pelas raízes, e assim diminuindo a absorção de água e nutrientes.

É importante salientar que o aumento da carga animal em períodos prolongados de tempo, determina alterações na fertilidade do solo em função dos dejetos dos animais, o que pode acarretar em mudanças nos níveis de concentração de fósforo, potássio e até matéria orgânica do solo, tornando necessária a realização de análises de solos periódicas, que permitirá a recomendação sustentável de fertilizantes e corretivos.

Decorre destes aspectos que uma das principais barreiras dos sistemas de produção leiteiro são as condições físicas do solo, sendo que esta exerce papel determinante na produtividade e persistência das pastagens, em que a densidade do solo é um dos atributos mais utilizados para avaliação da compactação, por meio de coletas de amostras indeformados de solo.

Outros fatores importantes a serem avaliados são a permeabilidade ar e condutividade hidráulica do solo, as quais mantem uma estreita relação com a densidade do solo e disposição de poros, pois camadas adensadas podem impedir/reduzir o fluxo de água e ar dentro do solo causando prejuízo ao sistema radicular da planta levando a redução do potencial produtivo.

Neste sentido, o ajuste da carga animal por meio da intensidade de pastejo é necessário para que haja um bom desempenho produtivo da forrageira e assim conseqüentemente podendo evitar a compactação causada pelo pisoteio animal. É importante salientar que o ajuste da carga animal é dependente da oferta de forragem, taxa de acúmulo e da massa de forragem disponíveis.

Costa et al., (2012) afirmaram que a sustentabilidade dos sistemas pecuários está ancorada na manutenção da produtividade das espécies forrageiras, que por sua vez dependem da manutenção da estrutura da pastagem e da qualidade física, química e biológica dos solos, em níveis que não sejam impeditivos ao desenvolvimento das plantas.

O objetivo do trabalho é determinar comportamento dos atributos físico-hídricos do solo nas intensidades de pastejo de 30, 50 e 70% da forrageira Jiggs, com relação ao seu desempenho produtivo, permitindo aferir uma carga animal adequada que contribua com a sustentabilidade do sistema a ponto de evitar a sua degradação.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 DESEMPENHOS DA PRODUÇÃO LEITEIRA**

#### **2.1.1 A nível mundial**

Em 2002 a produção de leite em nível mundial foi equivalente a 598 bilhões de litros, sendo desse volume aproximadamente 84% leite de vaca, 13% de búfalo e o restante de cabra, ovelha e camelo. A Europa produz 40% do volume mundial, principalmente na Rússia (32 bilhões), Alemanha (28 bilhões) e França (25 bilhões). A América do Norte, Sul e Central produzem juntas 30% do total, sendo os países mais produtores Estados Unidos (75 bilhões) e Brasil (21 bilhões). Na Ásia, a Índia é o país que mais se destaca, com 35 bilhões de litros de leite de vaca e 48 bilhões de litros de leite de búfalo, que somados apontam a Índia como o maior produtor mundial de leite, com 83 bilhões de litros Embrapa (2007).

Os últimos dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) mostram que a produção mundial de leite cresceu mais de 50% nas últimas três décadas, fechando 2011 com 745,5 milhões de toneladas. A estimativa é de que 2012 e 2013 também apresentem alta no volume produzido, totalizando, respectivamente, 767,4 milhões de toneladas e 784,4 milhões de toneladas. Projeções em longo prazo, também da FAO, apontam que, em 2022, a produção mundial pode chegar a 895 milhões de litros, expressivo aumento de 20% em relação ao volume de 2011.

Ainda segundo a FAO (2013), a perspectiva é de que a produção leiteira mundial cresça a taxas de 1,8% ao ano nesta década – abaixo do praticado nos anos anteriores, de 2,3% a.a. Essa desaceleração é justificada pela escassez tanto de água e quanto de áreas de pastagens adequadas para as vacas produtoras de leite nos países em desenvolvimento, os quais são responsáveis por mais de 70% da produção mundial de leite.

#### **2.1.2 A nível nacional**

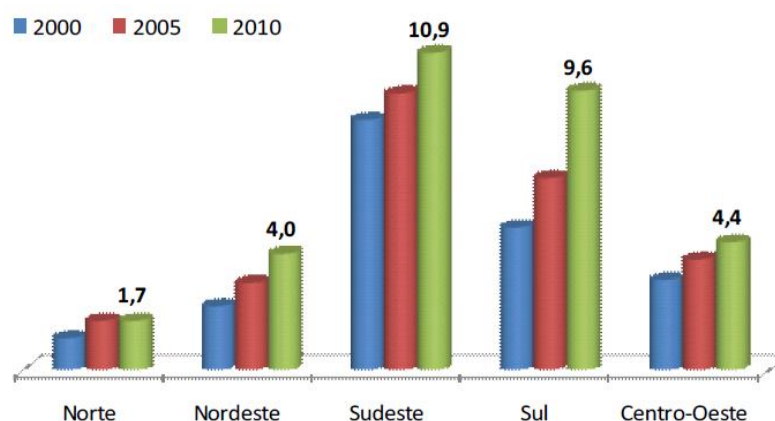
A importância que a atividade leiteira adquiriu no país é incontestável, tanto no despenho econômico quanto na geração de empregos. O setor primário envolve cerca de cinco milhões de pessoas segundo IBGE/Censo Agropecuário (2006). O valor bruto da produção de



leite atingiu, em 2010, cerca de R\$ 23 milhões (CNA, 2011), que ajudam a movimentar a economia de pequenas e médias cidades Zoccal (2012).

Em todas as regiões do país cresce a produção de leite, quando comparado com anos anteriores. A maior região produtora de leite é a Sudeste, que produziu 10,9 bilhões de litros, seguida pela Região Sul com 9,6 bilhões. O Centro-Oeste responde por 14,5% do leite brasileiro (4,4 bilhões de litros) e o nordeste com produção de 4,0 bilhões de litros representa 13,0% do total, como se observa na figura 1. Nos últimos dez anos, o maior crescimento da produção ocorreu na Região Sul, que praticamente dobrou a quantidade produzida, Zoccal (2012).

Figura 1 - Produção de leite nas regiões brasileiras, 2000 a 2010. Valores expressos em bilhões de litros.



Fonte: Zoccal (2012)

No 3º trimestre de 2014, (IBGE 2015), foram adquiridos, pelas indústrias processadoras de leite 6,267 bilhões de litros do produto, indicativo de aumentos de 4,6% sobre o 3º trimestre de 2013 e de 8,1% sobre o 2º trimestre de 2014. A industrialização, por sua vez, foi de 6,258 bilhões de litros, aumento de 4,9% de sobre o mesmo período de 2013 e de 8,1% sobre o volume registrado no 2º trimestre de 2014.

No comparativo mensal com o mesmo período de 2013, a aquisição manteve-se relativamente crescente em todos os meses do 3º trimestre de 2014, tendo registrado em agosto a maior variação (5,9%).

Segundo dados do IBGE (2015), verificou-se que o Sul foi responsável por 38,7% da aquisição nacional de leite, o Sudeste por 38,6% e o Centro-Oeste por 13,0% no 3º trimestre de 2014. O Nordeste do país contribuiu com 5,3% da aquisição e o Norte com 4,5%. Neste 3º trimestre de 2014 o Sul do país superou o Sudeste na aquisição de leite, assumindo a maior participação nacional neste quesito.

### **2.1.3 Norte do Estado do Rio Grande do Sul**

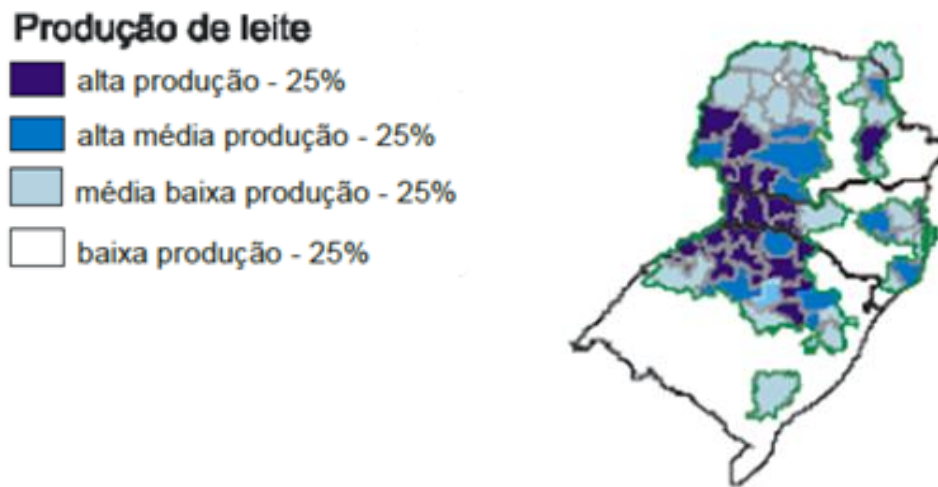
A Região Norte do Rio Grande do Sul representa um importante pólo de produção leiteira, sendo atualmente uma das maiores produtoras de leite do sul do Brasil. Contudo, essa grande produção está baseada em unidades de produção familiares, que contam com pouco capital financeiro disponível para investimentos. Além da importância econômica, destaca-se, a questão social, já que os agricultores têm no leite uma forma mais estável de renda e, conseqüentemente, a garantia de sua reprodução como unidade produtiva rural (MAIXNER, 2006).

A cadeia produtiva do leite no Rio Grande do Sul passou por um intenso processo de transformação nas últimas décadas. O setor leiteiro se rearticulou dentro de uma nova ótica liberalizante, fruto da abertura econômica e comercial brasileira ocorrida na década de 1990 do século passado (VIANA et al., 2010).

Segundo dados da Embrapa Gado de Leite (2012), a produção de leite no estado do Rio Grande do Sul saltou de 3.400.179 litros de leite em 2009 para 3.633.834 litros de leite em 2010 com uma variação de 6,9% ao ano, posicionando-se como o segundo maior produtor do país a partir de um rebanho de 1.495.518 animais em lactação no ano de 2010. Atualmente compartilha o primeiro lugar com Santa Catarina em termos de produção de leite/vaca/ano, com 2.430 litros.

Na Região Sul do país se concentra o maior número de microrregiões mais produtivas, com as mais altas densidades de produção, localizadas principalmente no norte do Rio Grande do Sul, oeste de Santa Catarina e sudoeste do Paraná, como pode ser visto na figura 2. Nesta grande área produtora, se destacam 60 microrregiões, que produziram cerca de 10 bilhões de litros, que representam 30% do leite brasileiro, Zoccal (2012).

Figura 2 - Área de concentração de produção de leite na Região Sul do Brasil, 2010.



Fonte: PPM/IBGE - 2011, Elaboração: Embrapa Gado de Leite

## 2.2 FORRAGEIRA DE ESTAÇÃO QUENTE, GÊNERO *CYNODON*

As plantas forrageiras, base alimentar da bovinocultura de corte e de leite, são de grande importância na agropecuária brasileira, pois a criação de animais a pasto promoveu um diferencial qualitativo para a carne brasileira e colocou o País como maior exportador desse produto no mundo (VALLE et al., 2009).

A busca por uma forrageira que atenda as exigências nutricionais dos animais, somada a capacidade de suportar o efeito do pisoteio animal, arranquio, condições de solos com baixa fertilidade e compactação, condições climáticas adversas, que apresentem um longo período de produção, com alta produtividade por unidade de área, boa qualidade de forragem e por fim, que apresente baixo custo de produção, tem sido um grande desafio da pecuária leiteira. Nesse contexto, o uso de cultivares de Capim Elefante e gramas do gênero *Cynodon*, aliado a técnicas de manejo adequadas, surge com boa resposta as exigências do pecuarista dos dias de hoje (RUPOLLO, 2013).

Um renovado interesse por forrageiras do gênero *Cynodon* tem sido observado nos últimos anos. Segundo Pedreira et al. (1998), o Brasil apresenta diversos cultivares de *Cynodon*, tais como coast cross, estrela africana, florico, florona, florakirk, russell, cheyene, tifton 68, tifton 78 e tifton 85. Sob o ponto de vista botânico e taxonômico, o gênero *Cynodon* representa um grupo de gramíneas pequeno. Os especialistas elaboraram uma chave para identificação das espécies africanas tropicais de *Cynodon* usando a presença de rizomas

subterrâneos como principal característica de diferenciação entre *C. dactylon* (gramas ou capins bermudas com rizomas) e *C. plectostachyus*, *C. aethiopicus* e *C. nlemfuensis* (gramas ou capins estrela sem rizomas). Entretanto, esses autores enfatizaram que, dentro de *C. dactylon*, existe uma grande variabilidade (PEDREIRA, 2005).

A cultivar do gênero *Cynodon*, Jiggs (*C. dactylon*), foi introduzida no Brasil recentemente. Esse capim é resultado da seleção por um produtor do leste do Texas, chamado J. C. Riggs (BADE, 2000). É um genótipo ainda pouco estudado, mas que já tem mostrado bom potencial produtivo quando comparado com outras cultivares, como pode ser observado por Dore (2006) e Carvalho (2011).

Recentemente, no trabalho de Vendramini et al., (2010), observou-se que o capim Jiggs foi mais produtivo que os capins Mulato II (*Brachiaria sp.*), Hemártria (*Hemarthria altíssima*), Florico (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst), Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flugge), gramas bermudas Coastrocross-2, Florakirk e 32% mais produtiva que o Tifton 85, quando colhidos a intervalos de 42 dias de rebrotação.

Segundo Vilela (2009), os *Cynodons* se desenvolvem melhor em temperatura média de 37,5° C. No inverno a temperatura requerida mínima diurna é de 15°C, já a noturna é de 5°C e a precipitação pluviométrica de 625 a 1.750 mm/ano. Possuem alta tolerância à seca, respondendo bem a irrigação. Quanto ao frio, dependendo da variedade, a tolerância é alta. Sua tolerância a solos mal drenados é satisfatória.

As gramíneas tropicais, são predominantemente as do tipo C4, caracterizam-se por alta taxa fotossintética, com produtividade de biomassa por unidade de área superior à espécies forrageiras de clima temperado, do tipo C3. Por outro lado, forrageiras de clima temperado apresentam maior digestibilidade, garantindo melhores desempenhos, em razão do maior aproveitamento da forragem consumida, possibilitado pelo menor teor de Fibra em Detergente Neutro (FDN), pelos maiores teores de proteína e pela digestibilidade da matéria seca (FAVORETO et al., 2008).

As gramíneas forrageiras de clima tropical e subtropical constituem-se em uma alternativa bastante viável na alimentação animal, dado ao seu alto potencial produtivo e baixo custo (OLIVEIRA et al., 2000).

A cultivar de forrageira a ser usada é o Jiggs, a qual é uma espécie de *Poacea* pertencente ao Gênero *Cynodon*, sendo esta uma forrageira de verão, perene e que possui hábito de crescimento prostrado.

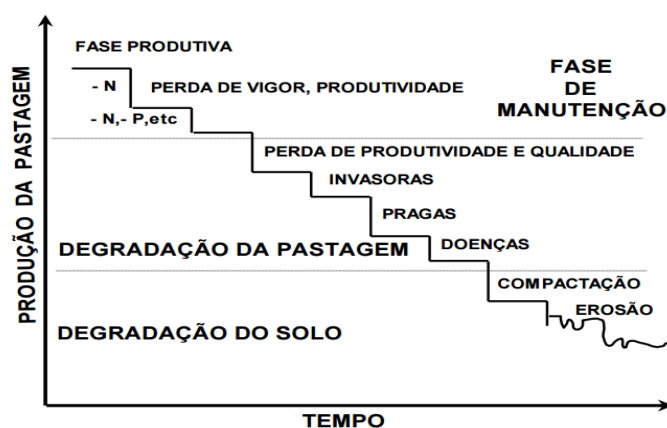
### 2.3 DEGRADAÇÕES DAS PASTAGENS

No Brasil, a substituição de pastagens nativas por pastagens cultivadas a partir de 1970 foi de grande importância, especialmente no bioma Cerrado, fato que possibilitou grande crescimento no rebanho e, principalmente, na produção de carne e leite. No período de 1970 a 2010 a área total de pastagens cultivadas cresceu 12%, enquanto que o rebanho cresceu 215% e a produção de carne cerca de 440%.

Dos 173 milhões de hectares de pastagens no Brasil, 117 milhões de hectares são de pastagens cultivadas, com lotação média de 1,0 animal ha<sup>-1</sup>. Estima-se que mais de 70% das pastagens cultivadas no Brasil encontra-se em algum estágio de degradação, sendo que destas, uma grande parte está em estágio avançado de degradação. A proporção de pastagens em condições ótimas ou adequadas não deve ser superior a 20% (ZIMMER et al., 2010).

Dias-Filho (2011) define o processo de degradação de pastagens como um fenômeno complexo que envolve causas e efeitos (consequências) que levam à gradativa diminuição da capacidade de suporte da pastagem. Degradação das pastagens é definida por Macedo e Zimmer (1993) como um processo evolutivo da perda do vigor, de produtividade, da capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar os níveis de produção e a qualidade exigida pelos animais, bem como o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais em razão de manejos inadequados como pode ser exemplificado na figura 3.

Figura 3 - Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens cultivadas em suas diferentes etapas no tempo.



Fonte: Macedo (1999).

Ainda segundo Zimmer et al., (2010), as causas mais importantes da degradação das pastagens estão relacionadas com:

- 1) Germoplasma inadequado ao local;
- 2) Má formação inicial da pastagem causada pela ausência ou mau uso de práticas de conservação do solo, preparo do solo, correção da acidez e/ou adubação, sistemas e métodos de plantio, manejo animal na fase de formação;
- 3) Manejo e práticas culturais como uso de fogo como rotina, métodos, épocas e excesso de roçagens, ausência ou uso inadequado de adubação de manutenção;
- 4) Ocorrência de pragas, doenças e plantas invasoras;
- 5) Manejo animal impróprio com excesso de lotação, sistemas inadequados de pastejo;
- 6) Ausência ou aplicação incorreta de práticas de conservação do solo após relativo tempo de uso de pastejo, etc.

Uma das características indicativas mais notadas no processo de degradação das pastagens é a capacidade de suporte animal ao longo do tempo. Zimmer et al., (2010) afirma categoricamente que as principais causas de degradação das pastagens no Brasil são: “o excesso de lotação e a falta de reposição de nutrientes”. Entretanto, os demais fatores também são relevantes, e contribuem conjuntamente para a degradação.

A degradação de pastagens é um fenômeno global. Estima-se que cerca de 20% das pastagens mundiais (naturais e plantadas) estejam degradadas ou em processo de degradação, sendo essa proporção pelo menos três vezes maior nas regiões mais áridas do planeta (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2004).

#### 2.4 CONDIÇÕES FÍSICO-HÍDRICAS E QUÍMICAS DO SOLO EM CONDIÇÃO DE PASTAGENS

A avaliação de atributos físicos em diferentes manejos aplicados em determinado solo são importantes na decisão da escolha e adequação do tipo de manejo a serem executados a fim de aumentar a produtividade e conservar as características físicas do solo. A redução da produtividade das pastagens tem sido relacionada ao manejo inadequado da fertilidade do solo, das espécies forrageiras exploradas e da taxa de lotação animal, que podem comprometer a parte física do solo (LIMA et al., 2013).

Atributos físicos do solo são favoráveis ao crescimento do sistema radicular e são necessários para a obtenção e manutenção de elevadas produtividade. Os solos devem possuir

suficiente espaço poroso para o movimento de água e gases além de resistência favorável à penetração das raízes. Neste contexto, a compactação causada pelo pisoteio dos animais concorre para a redução da produtividade e longevidade das pastagens (IMHOFF et al., 2000).

A qualidade física do solo é reflexo de um conjunto de fatores e está associada à infiltração, retenção e disponibilização de água às plantas; é responsiva ao manejo e resiste à degradação; permite as trocas de calor e de gases com a atmosfera e raízes de plantas conseqüentemente, permite o crescimento das raízes (FERREIRA et al., 2010).

Dente os aspectos que concorrem com a perda da qualidade física está o grau de compactação, causado pelo mau manejo das pastagens, e também influenciado pela textura e umidade do solo, sistema de pastejo e altura de manejo da pastagem (LEÃO et al., 2004). Schneider et al. (1978) constataram que um bovino com peso entre 70 a 500 kg exerce uma pressão de compactação de 0,07 a 0,21 MPa, enquanto que um trator de esteira exerce somente 0,01 a 0,02 MPa de pressão, em função da menor área de contato com o solo.

A densidade dos solos varia de 0,9 a 1,8 g cm<sup>-3</sup>, dependendo da textura e do teor de matéria orgânica. Solos argilosos apresentam grande quantidade de micro agregados extremamente estáveis, o que não permite a acomodação das partículas. A porosidade interna desses micros agregados é responsável pela menor densidade. A matéria orgânica apresenta densidade menor do que 1 g cm<sup>-3</sup>, o que reduz a densidade do solo (KLEIN, 2008).

Diferentes atributos físicos do solo têm sido utilizados para caracterizar as modificações físicas resultantes da sua compactação, ocasionadas pela pressão exercida pelo tráfego das máquinas agrícolas, pelo pisoteio dos animais ou, ainda, pelos diferentes sistemas de preparo e manejo (KUNZ et al., 2013).

Os atributos mais frequentemente utilizados são a densidade e a porosidade do solo (FLORES et al., 2007; LANZANOVA et al., 2007), a infiltração de água (LANZANOVA et al., 2007) e a resistência do solo à penetração (ALBUQUERQUE et al., 2001; TORMENA et al., 2002). Em áreas de pastagens, as principais diferenças nos atributos do solo geralmente ocorrem nas camadas superficiais (BEUTLER e CENTURION, 2004).

A maioria das avaliações das propriedades físicas do solo é realizada em determinados momentos, não considerando sua dinâmica ao longo do tempo. Os acompanhamentos temporais dessas propriedades e em diferentes sistemas de manejo podem determinar, de maneira mais conclusiva, a importância dessas propriedades na avaliação da qualidade dos solos Bono et al., (2013).

A estrutura física do solo será tanto mais complexa quanto maiores forem à quantidade e a diversidade (quantidade, qualidade e frequência de aporte) da fitomassa disponibilizada ao sistema (ASSIS et al., 2015).

A permeabilidade do solo ao ar ( $K_{ar}$ ) é uma propriedade que descreve a habilidade do meio em prover a troca de gases entre o solo e a atmosfera, determinando a disponibilidade de oxigênio para o sistema radicular das plantas e interferindo diretamente no seu desenvolvimento. Assim, a quantificação de propriedades relacionadas com a capacidade do solo em transmitir  $O_2$  até as raízes é fundamental para a avaliação de sua qualidade física (SILVA et al., 2009).

A avaliação da permeabilidade ao ar ( $K_{ar}$ ) é de suma importância, pois os microrganismos e as raízes necessitam de quantidades mínima de aeração do solo para o seu desenvolvimento. Vários autores encontraram que a permeabilidade ao ar é dominada pela geometria e pelo grau de saturação em água dos macroporos (Barden e Pavlakis, 1971; Kirby, 1991).

A magnitude da permeabilidade ao ar é fortemente dependente da estrutura do solo e sofre influência da densidade do solo nos fatores geometria, volume e conectividade dos poros (SILVA et al., 2009). O aumento da densidade do solo normalmente provocado pela compactação causa alterações na sua estrutura, afetando o tamanho, distribuição, continuidade, volume e a geometria dos poros (LIMA et al., 2005), reduzindo a permeabilidade do solo em dado conteúdo de água (SILVA et al., 2009).

A condutividade hidráulica de solo saturado ( $K_{sat}$ ) influi nos processos de infiltração de água no solo, projetos de irrigação e drenagem, perdas de fertilizantes e de solo por erosão e de substâncias químicas por lixiviação que são geralmente relacionados ao fluxo de água, o qual influencia todo o processo de utilização dos recursos solo e água. Dentre as variáveis que influenciam o fluxo, a condutividade hidráulica do solo ( $K$ ) se destaca Mesquita e Morais (2004). Ela é um parâmetro que representa a facilidade com que o solo transmite água. O valor máximo de condutividade hidráulica é atingido quando o solo se encontra saturado, e é denominado de condutividade hidráulica do solo saturado (REICHARDT, 1990).

Vários autores consideram o valor de macroporosidade de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  como sendo crítico para o crescimento das plantas (Baver, 1949; Vomocil e Flocker, 1961; Grable e Siemer, 1968; Kiehl, 1979; Gupta e Allmaras, 1987). Entretanto, Van Lier (2001) afirma que a porosidade total do solo, a profundidade a ser aerada e o nível de consumo de  $O_2$  influem significativamente na porosidade de aeração mínima necessária para uma oxigenação



completa de um sistema radicular. Neste caso, sistema radicular pouco profundo (em torno de 10 cm), os valores de porosidade de aeração seriam críticos ao redor de  $0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , enquanto em condições de maior profundidade do sistema radicular e alto consumo de  $\text{O}_2$ , associadas a climas tropicais, a necessidade de porosidade de aeração atingiria valores próximos de  $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . A porosidade (macroporosidade, microporosidade e porosidade total) é fortemente influenciada pelos sistemas de manejo adotados (RODRIGUES et al., 2011).

Alguns atributos químicos do solo são normalmente usados com indicadores da qualidade do solo e também podem ser indicativos da qualidade das pastagens implantadas sobre eles. Entre esses atributos estão os teores de Matéria Orgânica (M.O), o pH, os teores de Nitrogênio, Fósforo e Alumínio tóxico no solo. A M.O além de aumentar a retenção e infiltração de água no solo, aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC), a resistência à erosão, a atividade biológica do solo, a estabilidade dos agregados, a troca de gases com o ambiente e a disponibilização de nutrientes para as plantas (RODRIGUES et al., 2012).

Ainda segundo Rodrigues et al., (2012), o pH está diretamente relacionado à degradação dos solos (níveis de acidez), pois afeta a população microbiana, a disponibilidade de nutriente às plantas e a decomposição de Matéria Orgânica.

As fezes representam um material de alta qualidade, com maior conteúdo de nitrogênio e outros nutrientes, quando comparada com a liteira de folhas e raízes, uma vez que os animais tem melhor assimilação de carbono do que dos nutrientes (MACIEL, 2006). Os animais atuam como elemento acelerador do processo de ciclagem de nutrientes no ecossistema, sendo que grande parte da biomassa que consomem retorna ao solo na forma mais degradada de fezes e urina, obtendo um retorno da ordem de até 90% dos nutrientes minerais, incluindo o nitrogênio (LUCAS, 2004).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Palmeira das Missões, localizado no norte do estado do Rio Grande do Sul. A propriedade rural onde o experimento foi conduzido localiza-se as margens da RS-330, geograficamente a  $27^{\circ} 55' 49.6''$  de latitude Sul e  $53^{\circ} 17' 41.2''$  de longitude Oeste do meridiano de Greenwich e apresenta altitude de aproximadamente 639 metros.

Figura 4 - Localização da área experimental no município de Palmeira das Missões – RS, 2014.



Fonte: Google Earth

O solo da unidade experimental é descrito como Latossolo Vermelho distrófico húmico (U.M. Passo Fundo) (EMBRAPA, 2013), originário do basalto da formação da Serra Geral, com um perfil profundo, bem drenado, coloração vermelho escuro, com altos teores de argila sendo esse igual a 56% de Argila (classe 2), e predominância de argilominerais 1:1 e óxi-hidróxidos de ferro e alumínio.

De acordo com a classificação climática de Köeppen, o clima da região se enquadra na descrição de Cfa (subtropical úmido). Apresenta ainda invernos frios e úmidos, com ocorrência frequente de geadas, possui uma temperatura média de 18.8 °C. A média anual de pluviosidade é de 1900 mm.

### 3.1 PREPARO DO SOLO E ADUBAÇÃO

O preparo da área iniciou em agosto de 2014, onde foram coletadas amostras indeformadas de solo enviadas ao Laboratório de Análise de Solos/UFSM para determinação dos atributos químicos do solo. A metodologia utilizada para a determinação destes atributos foi a proposta por Tedesco et al. (1995) e os resultados são apresentados no Apêndice A. A interpretação da análise foi realizada com auxílio do manual de adubação e calagem (CQFS RS/SC, 2004).

Segundo a análise de solo (Apêndice A), não foi necessária realização da calagem, pois apresentou um pH igual a 6,4. O procedimento de operações executadas na área foi: subsolagem seguida de gradagem. A adubação foi feita após a primeira gradagem, a fertilização fosfatada foi por meio de aplicação de Super Fosfato Triplo e a potássica foi por meio de Cloreto de potássio. No dia 06/09/2014 foi aplicado de 146 kg ha<sup>-1</sup> de Super Fosfato Triplo e 138 kg ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Potássio, os quais foram incorporados através de uma segunda gradagem.

Foram realizadas três aplicações de fertilizante nitrogenado na forma de ureia, sendo a primeira incorporada no solo juntamente com o Super Fosfato Triplo e Cloreto de Potássio na quantidade de 142 kg ha<sup>-1</sup>, a segunda aplicação a lanço no dia 25/11/2014 antes do primeiro pastejo e a terceira aplicação no dia 20/02/2015 com mais 142 kg ha<sup>-1</sup>.

### 3.2 IMPLANTAÇÃO E MANEJO DA FORRAGEIRA

A forrageira Jiggs (*Cynodon dactylon*) foi implantada no dia 08/09/2014, com o uso de mudas dispostas num espaçamento de 50 X 50 cm, e aproximadamente 10 cm de profundidade. Para maior precisão no plantio, foram usadas linhas de pesca com uma marcação a cada 50 cm de distância, as quais foram fixadas nas extremidades da área experimental, e em cada marcação era alocada uma muda como pode ser vista na figura 5.

Figura 5 - Implantação da forrageira Jiggs, 2014.



Fonte: Rupollo (2015)

No decorrer do desenvolvimento da forrageira surgiram plantas invasoras na área, em particular o Nabo (*Raphanus sativus L.*), tornando necessário o seu controle por meio da aplicação de um herbicida seletivo e sistêmico do grupo químico das Sulfoniluréias, realizado no dia 14/10/14.

Foram feitas aplicações de inseticida de ação por contato e ingestão, do grupo químico Piretróide, para o controle de cigarrinha das pastagens, sendo a primeira aplicação feita antes do segundo pastejo, no dia 17/01/2015 e a segunda após o terceiro pastejo no 15/03/2015.

O manejo da forrageira contou com 5 avaliações (pastejos) durante o ciclo de produção, os atributos usados para aferir o momento ideal para avaliação foram: altura, tombamento das últimas folhas e senescência da folha inferior.

Os animais permaneceram nos piquetes por um período de tempo até atingir a intensidade de pastejo desejada. A intensidade de pastejo e carga animal foram estimadas previamente sendo que os cálculos levaram em consideração a altura da forrageira e massa de forragem disponível, como pode ser vista nas equações 1 a 6:

$$\text{DFC: MST} / \text{AMF} \quad (1)$$

$$\text{MSP: MST} * \text{IP} \quad (2)$$

$$\text{AC: MSP} / \text{DFC} \quad (3)$$

$$\text{PV: MSP} * 100 / \text{OF} \quad (4)$$

$$\text{PV/TP: PV} * (\text{TP} * \text{TPD}) \quad (5)$$

$$\text{CA: (PV/TP)} / \text{UA} \quad (6)$$

Em que:

DFC: Densidade de Forragem por centímetro ( $\text{Kg ha}^{-1} \text{MS cm}^{-1}$ )

MSP: Matéria Seca a ser Pastejada ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

MST: Matéria Seca Total ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

AMF: Altura Média da Forragem (cm)

IP: Intensidade de Pastejo (%)

AC: Altura a ser Colhida (cm)

PV: Peso Vivo ( $\text{kg PV ha}^{-1} \text{dia}$ )

OF: Oferta de Forragem (%) levou-se em consideração 4,5% para 100 kg Peso Vivo, segundo Heringer e Carvalho et al., (2002)

TP: Tempo de Pastejo (horas) levou-se em consideração que um animal pasteja 9 h  $\text{dia}^{-1}$  segundo o trabalho de Trevisan et al., (2004)

TPD: Tempo de Pastejo Desejado (horas)

PV/TP: Peso Vivo/ Tempo de Pastejo ( $\text{kg ha}^{-1} \text{PV t}^{-1}$ )

UA: Unidade Animal (450 kg)

CA: Carga Animal ( $\text{UA ha}^{-1}$ )

Foi usada a ferramenta do Office Excel para auxílio no desenvolvimento dos cálculos (Figura 6).



Figura 6 - Cálculos da Intensidade de Pastejo, utilizando Microsoft Excel.

		estimada					intensidade de pastejo								
altura	PV amostra	PVT	%MS	MST	MST/cm	0%	alt colida	alt resid	cons. Anim (OF)	PV dia	tempo pastejo	kg PV/tempast	área exp	PV/tempast/area exp	UA/tempast/area exp
cm	kg	kg há	%	kg há	kg cm	kg há	cm	cm	100 kg PV	kg há dia	h	kg ha tem pas	m2		
25	0,18	7200	32%	2304	92,16	0	0	25	4,50	0,00	0,8	0	100	0	0
		estimada					intensidade de pastejo								
altura	PV amostra	PVT	%MS	MST	MST/cm	30%	alt colida	alt resid	cons. Anim (OF)	PV dia	tempo pastejo	kg PV/tempast	área exp	PV/tempast/area exp	UA/tempast/area exp
cm	kg	kg há	%	kg há	kg cm	kg há	cm	cm	100 kg PV	kg há dia	h	kg ha tem pas	m2		
25	0,18	7200	32%	2304	92,16	691,2	7,5	17,5	4,50	15360,00	0,8	172800	100	1728	3,84
		estimada					intensidade de pastejo								
altura	PV amostra	PVT	%MS	MST	MST/cm	50%	alt colida	alt resid	cons. Anim (OF)	PV dia	tempo pastejo	kg PV/tempast	área exp	PV/tempast/area exp	UA/tempast/area exp
cm	kg	kg há	%	kg há	kg cm	kg há	cm	cm	100 kg PV	kg há dia	h	kg ha tem pas	m2		
25	0,18	7200	32%	2304	92,16	1152	12,5	12,5	4,50	25600,00	0,8	288000	100	2880	6
		estimada					intensidade de pastejo								
altura	PV amostra	PVT	%MS	MST	MST/cm	70%	alt colida	alt resid	cons. Anim (OF)	PV dia	tempo pastejo	kg PV/tempast	área exp	PV/tempast/area exp	UA/tempast/area exp
cm	kg	kg há	%	kg há	kg cm	kg há	cm	cm	100 kg PV	kg há dia	h	kg ha tem pas	m2		
25	0,18	7200	32%	2304	92,16	1612,8	17,5	7,5	4,50	35840,00	0,8	403200	100	4032	9

Fonte: Rupollo (2015)

Após o pastejo, os animais foram retirados dos piquetes e a forragem remanescente foi removida manualmente após ser roçada de maneira que todos os piquetes fiquem com a mesma quantidade de material vegetal recobrando o solo sendo este procedimento realizado imediatamente após cada avaliação/pastejo.

### 3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado entre o ano de 2014 e 2015, com um período de avaliação de 268 dias, época correspondente ao ciclo de produção da forrageira. O método de pastejo adotado foi na forma de pastejo rotacionado. Os tratamentos foram compostos de distintas intensidades de pastejo em blocos ao acaso e contaram com quatro repetições as quais constituíram os seguintes tratamentos: T1= intensidade de 0%, T2= 30%, T3= 50% e T4= 70%. A intensidade de pastejo é definida como o percentual de desfolha do dossel forrageira promovida pelos animais.

As datas das avaliações dos parâmetros Físico-hídricos e de produção de forragem estão dispostas na tabela 1.

Tabela 1 - Períodos de avaliação dos parâmetros físicos-hídrico do solo e produção de forragem, 2014 a 2015.

Avaliação da produção de forragem	Avaliação físico-hídrica do solo	Datas	Dias
-		08/09/2014 (implantação)	0
1°	Pré pastejo e Pós 1	13/12/2014	96
2°		23/01/2015	41
3°	Pós 3	26/02/2015	34
4°		17/04/2015	50
5°	Pós 5	03/06/2015	47
Ciclo de produção			268

Fonte: Rupollo (2015)

As intensidades de pastejo foram determinadas em função de um levantamento realizado com técnicos de campo, onde se observou uma baixa intensidade de pastejo em produtores menos tecnificados sendo esta igual a 30%, em condições normais de utilização da pastagem faz-se o uso de 50% e de 70% em propriedades com elevado grau de tecnologia com uso intensivo do sistema produtivo. A carga animal (Unidades Animal – UA) na intensidade de 30% manteve-se em torno de 10 UA ha<sup>-1</sup>, na intensidade de 50%, foi o equivalente a 20 UA ha<sup>-1</sup> e por fim, na intensidade de 70%, o equivalente a 30 UA ha<sup>-1</sup>.

A área experimental estava disposta dentro de uma área total de 1.760 m<sup>2</sup>, onde foram distribuídos 16 piquetes (4 tratamentos x 4 repetições) com dimensões iguais a 100 m<sup>2</sup> cada (10 x 10 m).

### 3.4 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

#### 3.4.1 Avaliação Físico-Hídrica

Foram realizadas coletas de amostras indeformadas antes do início dos pastejos, e após o 1°, 3° e 5° pastejo, sendo amostradas as camadas de solo nas seguintes profundidades: 0-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm e 15-20 cm. As amostras foram acondicionadas em potes plásticos e transportadas até o Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria - RS.

Na sequência, as amostras foram preparadas (toalete) retirando-se cuidadosamente o excesso de solo da face superior e inferior dos anéis e retirando o solo aderido na extremidade do cilindro, tomando o cuidado para que todo o volume do cilindro ficasse preenchido por solo. Para evitar perdas de solo durante o processo de saturação e manuseio das amostras, foi colocado tecido permeável à água na parte inferior do cilindro. Em seguida as amostras foram saturadas por capilaridade durante 48 horas. Após a saturação as amostras foram encaminhadas para a realização do teste de condutividade hidráulica saturada ( $K_{sat}$ ), a qual foi realizada em um permeômetro de carga decrescente.

Na sequência, foram encaminhadas a coluna de areia onde as mesmas foram submetidas a uma tensão de 6 kPa (REINERT & REICHERT, 2006) até que o equilíbrio desse potencial seja atingido onde foi feita a permeabilidade ( $K_{ar}$  6 kPa). Em seguida, as amostras foram colocadas em Câmaras de Richards e submetidas a uma tensão de 100 kPa, sendo que, após seu equilíbrio, foi feita novamente a permeabilidade ( $K_{ar}$  100 kPa).

Por fim, as amostras foram secas em estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ , para obter a massa seca do solo e calcular a microporosidade, macroporosidade, porosidade total e densidade do solo.

#### 3.4.1.1 Condutividade hidráulica de solo saturado ( $K_{sat}$ )

Para determinação da condutividade hidráulica de solo saturado ( $K_{sat}$ ) foi utilizado permeômetro de carga decrescente (Figura 7), sendo esse método o mais indicado para solos argilosos, e foram realizados no laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Figura 7 - Permeômetro de carga decrescente, Laboratório de Física do Solo (UFSM), 2015.





O procedimento de determinação da  $K_{sat}$  consiste em medir o tempo gasto para a passagem pela amostra de solo do volume de água contido entre os limites superior e inferior do anel metálico, definidos conforme o intervalo de carga hidráulica considerada. A  $K_{sat}$  é calculada conforme a equação (HILLEL, 1998):

$$K_{sat} = (2,3 a L/A\Delta t)/(\log H_n - \log H_{n+1}) \quad (7)$$

Em que:

$K_{sat}$  = é a condutividade hidráulica de solo saturado ( $\text{cm h}^{-1}$ );

$H_n$  e  $H_{n+1}$  = são, respectivamente, a carga hidráulica inicial e final (cm);

$\Delta t$  = é o intervalo de tempo para o decréscimo da carga hidráulica de  $H_n$  até  $H_{n+1}$  (h);

$A$  = é a área da seção transversal da amostra de solo ( $\text{cm}^2$ );

$L$  = é o comprimento da amostra de solo (cm); e

$a$  = é a área da seção transversal interna do tubo que contém a coluna de água ( $\text{cm}^2$ ).

Para auxiliar a coleta de dados foi utilizado o aplicativo computacional, denominado de  $K_{sat}$ , o qual foi desenvolvido em Visual Basic 6.0, sendo que este exporta o conjunto de dados para um arquivo no formato Office Access. O programa foi projetado conforme as características operacionais do permeâmetro de carga decrescente do Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (GUBIANI et al., 2010).

#### 3.4.1.2 Permeabilidade ao ar ( $K_{ar}$ )

Depois de as amostras serem equilibradas nas tensões de 6 kPa e 100 kPa, foram submetidas à ensaios para a determinação da permeabilidade do solo ao ar ( $K_{ar}$  6 kPa e  $K_{ar}$  100 kPa). A  $K_{ar}$  foi obtida pela determinação da condutividade ao ar ( $K_l$ ), medida em um permeâmetro de carga constante (Figura 8). O princípio da metodologia é baseado na quantificação do fluxo de ar que passa pela amostra de solo, mantendo-se um gradiente de pressão constante (1 hPa).

Figura 8 - Permeômetro de carga constante, Laboratório de Física do Solo (UFSM), 2015.



Fonte: Rupollo (2015)

A medição no aparelho é composta pelas seguintes etapas: existe uma diferença de pressão de 1 hPa, o fluxo de ar é então regulado por uma válvula de precisão, o que torna possível a medida do ar que passa pelos fluxímetros, os quais vão de uma escala de  $0,1 \text{ L min}^{-1}$  até  $10 \text{ L min}^{-1}$ . Assim que o ar passa pela amostra faz-se a leitura no respectivo fluxímetro e por meio de um manômetro é medida diretamente a diferença de pressão entre o ambiente e o fluxo de ar do equipamento (KUNZ, 2010).

A KI é calculada a partir da quantidade de ar que passa numa determinada amostra, através da equação:

$$K_l = \rho_l g (\Delta V l / \Delta t \Delta p A) \quad (8)$$

A partir do valor de (KI) pode-se calcular a permeabilidade ao ar  $K_{ar} \mu\text{m}^2$ , como:

$$K_{ar} = K_l (\eta / \rho_l g) \quad (9)$$

Em que:

$K_l$  = condutividade ao ar ( $\text{cm s}^{-1}$ );

$\rho_l$  = densidade do ar na hora da medição ( $\text{kg m}^{-3}$ );

$g$  = aceleração da gravidade ( $9,81 \text{ m s}^{-2}$ );

$\Delta V$  = quantidade de ar que passa pela amostra no  $\Delta t$  ( $\text{m}^3$ );

$l$  = altura da amostra (m);

$\Delta p$  = pressão do ar que passa pela amostra (10 cm);

$A$  = área superficial do anel ( $\text{m}^2$ );

$\eta$  = viscosidade do ar ( $\text{g s}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ )

### 3.4.1.3 Porosidade e densidade do solo

Com as massas das amostras retiradas da coluna de areia foi obtido o Peso de Solo Úmido, e da massa obtida após as amostras serem secas em estufa, foi obtido o Peso de Solo Seco, os quais foram usado para determinar Microporosidade (10), Porosidade Total (11) e Macroporosidade (12), bem como a Densidade do Solo (13). De acordo com a metodologia sugerida pela Embrapa (1997). Em sequencia seguem as equações que foram utilizadas:

$$\text{Microporosidade} = \frac{\text{Peso solo 6 kPa} - \text{Peso Solo Seco}}{\text{Peso Solo Seco}} \quad (10)$$

$$\text{Porosidade Total} = \left( \frac{\text{Densidade do solo}}{\text{Densidade de Partícula}} \right) - 1 \quad (11)$$

$$\text{Macroporosidade} = \text{Porosidade Total} - \text{Microporosidade} \quad (12)$$

$$\text{Densidade do Solo} = \frac{\text{Massa solo seco}}{\text{Volume da amostra}} \quad (13)$$

### 3.4.1.4 Química do solo

Para análise química de solo foram coletadas amostras a uma profundidade de 0 a 5 cm, sendo estas feitas através de um sistema de grid, onde foram coletadas 10 sub amostras equidistantes para compor uma amostra de cada parcela. A amostragem foi realizada ao fim do ciclo de produção, após o último pastejo no dia 14/06/2015. A partir das amostras coletadas foram determinados os teores de P, Ca, Mg, K, pH do solo em água, SMP, Al trocáveis, e acidez potencial. Para determinação destes atributos químicos foi utilizada a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

## 3.4.2 Avaliação do sistema radicular a campo

Após o último pastejo foi feita a coleta de monólitos de solo para avaliação do sistema radicular do Jiggs.

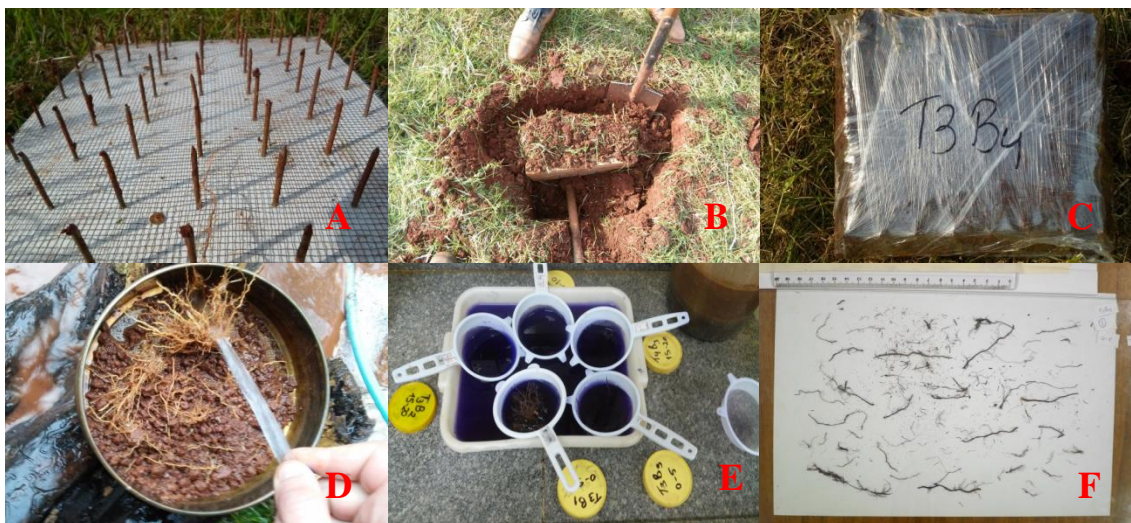
### 3.4.2.1 Densidade e massa de raiz

Para avaliação de raiz foi usado o método proposto por Bohm (1979) por meio da separação e lavagem das raízes. Para isso, foi necessário à abertura de trincheiras e uso de placa com pregos de 30 por 40 cm, com pregos de 5 em 5 cm, para dar sustentação aos monólitos retirados do solo. Foi retirado um monólito de solo por parcela, totalizando 16 monólitos, no final do ciclo de produção, sendo que de cada monólito foram retiradas amostras em quatro profundidades, 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm.

Na sequência as amostras foram lavadas em água corrente e com auxílio de hidróxido de sódio como dispersor, a lavagem foi feita utilizando peneiras com malha de 1 mm, armazenadas em álcool (10%), após tingidas com tinta violeta genciana 1%, separadas e fotografadas. Para mensurar o comprimento de raiz, foi utilizado o programa Image J. Na sequência as amostras foram secas em estufa a 50<sup>0</sup> C e pesadas para calcular a massa seca de raiz.

A densidade de massa de raiz foi expressa em gramas de raiz por centímetro cúbico de solo e o densidade de comprimento de raiz foi expresso em centímetros de raiz por centímetro cúbico de solo.

Figura 9 - Placa com pregos (A), Trincheira para coleta (B), Monólito identificado (C), lavagem com peneira de 1 mm (D), tingimento com corante violeta (E) e fotografia para avaliação do comprimento de raiz (F).



Fonte: Rupollo (2015)

### 3.4.3 Produção da forrageira

Os intervalos temporais de avaliações para forrageiras Jiggs estão dispostos na tabela 2.

Tabela 2 - Períodos e ciclo de produção da Forrageira Jiggs, 2014 a 2015, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Períodos de produção	Datas		Dias
1°	08/09/2014 (implantação)	13/12/2014	96
2°	13/12/2014	23/01/2015	41
3°	23/01/2015	26/02/2015	34
4°	26/02/2015	17/04/2015	50
5°	17/04/2015	03/06/2015	47
Ciclo de produção			268

Fonte: Rupollo (2015)

As amostras foram obtidas aleatoriamente dentro de cada parcela antes do pastejo, por meio de um quadro metálico de 0,25 m<sup>2</sup> (50 x 50 cm). Para a entrada dos animais foi usado como referência à altura do Tifton 85. As amostras verdes foram pesadas, obtendo o valor total de matéria verde existente na parcela a qual correspondeu a Massa Verde Total (MVT). De cada uma destas amostras foi retirada uma sub amostra correspondente a Massa Verde Total da sub amostra (MVT-sub) de massa variável entre 0,200 e 0,300 kg, sendo então feita a separação botânica e depois levada à estufa de ar forçado a uma temperatura de 65<sup>0</sup>C, até atingir peso constante.

A secagem foi até peso constante, após foi realizada a pesagem de todas as sub amostras, para calcular a Massa Seca Total da sub amostra (MST-sub). Para o cálculo de MST kg ha<sup>-1</sup> (15), foi calculado também o percentual de Matéria Seca (%MS) (14). É importante salientar que esta equação só pode ser utilizada quando feita com o quadro metálico de 0,25 m<sup>2</sup>.

$$\%MS = (MST\text{-sub (g)} / MVT\text{-sub (g)}) \times 100 \quad (14)$$

$$MST \text{ kg ha}^{-1} = MVT \text{ (g)} \times \%MS \times 0,4 \quad (15)$$

As variáveis avaliadas foram: Matéria Seca Total (MST) em  $\text{kg ha}^{-1}$ , Matéria Seca Foliar (MSF) em  $\text{kg ha}^{-1}$ , Percentagem de Fração Foliar (PFF) em % e Altura em cm.

### 3.5 ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados sob duas perspectivas. Na primeira foi avaliado o efeito dos tratamentos e das profundidades em cada época de pastejo, sendo que nesse momento o efeito de subparcela foi o efeito profundidade. Na segunda interpretação foi realizada avaliação do efeito do tratamento e das épocas de pastejo nas diferentes profundidades, dessa forma, o efeito de subparcela nessa avaliação foi as épocas de pastejo. Sendo o modelo utilizado é:  $Y_{ij} = \mu + A_i + b_j + e_{ij} + B_k + A_i * B_k + e_{ijk}$ , sendo “ $Y_{ijk}$ ” o modelo que pressupõem as observações individuais, “ $\mu$ ” é a média geral das repetições, “ $A_i$ ” o efeito isolado do fator “a” (Intensidades de Pastejo), “ $b_j$ ” efeito do bloco,  $e_{ij}$  é o erro aleatório em nível de parcelas, “ $B_k$ ” é o efeito isolado do fator B (efeito de subparcela), “ $A_i * B_k$ ” é a interação entre o efeito A e B,  $e_{ijk}$  é o erro experimental em nível de sub parcelas. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ( $P < 0,05$ ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PRODUÇÃO E SISTEMA RADICULAR DA FORRAGEIRA JIGGS

Na tabela 3, pode-se observar que a altura assim como a MST e MSF da forrageira tende a ser menor no fim do período de pastejo, este fato ocorre em função das condições climáticas que não são favoráveis ao seu desenvolvimento, onde o fotoperíodo e a temperatura deixam de ser ideais para o seu desenvolvimento. Rupollo (2013) avaliando a produção de pastagens perenes de verão do Gênero *Cynodon* sp., também observou queda na produtividade no fim do ciclo de pastejo o que reitera o resultado deste trabalho.

Tabela 3 - Altura, Percentual de folha, Matéria Seca Total (MST) e Matéria Seca Foliar (MSF), da forrageira Jiggs sobre diferentes intensidades de pastejo, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Tratamento	-----Pastejos-----				
	---1º corte--- Pós 1	---2º corte---	---3º corte--- Pós 3	---4º corte---	---5º corte--- Pós 5
	-----Altura (cm)-----				
0%	24,4 Ac	36,5 Aab	25,6 Abc	41,0 Aa	15,0 Ac
30%	29,7 Ab	34,1 Ab	29,8 Ab	44,8 Aa	18,7 Ac
50%	28,8 Ab	36,1 Ab	27,6 Ab	45,7 Aa	17,5 Ac
70%	27,1 Ac	36,1 Ab	26,8 Ac	46,5 Aa	18,6 Ad
	-----Folha (%)-----				
0%	48,5 Aa	48,7 Aa	46,6 Aa	46,6 Aa	53,1 Aa
30%	47,7 Ab	47,7 Ab	47,6 Ab	44,7 Ab	57,4 Aa
50%	45,4 Ab	48,2 Ab	46,0 Ab	44,8 Ab	59,9 Aa
70%	50,0 Aab	46,2 Ab	47,1 Ab	47,7 Ab	56,5 Aa
	-----MST (Kg ha <sup>-1</sup> MS)-----				
0%	2193,6 Ab	3114,2 Aa	2319,4 Ab	2974,8 Aab	690,9 Ac
30%	2244,5 Abc	2502,1 Bb	1834,4 Ac	3157,5 Aa	834,4 Ad
50%	1998,2 Ab	2436,5 Bab	1878,4 Ab	3010,6 Aa	777,3 Ac
70%	1998,6 Abc	2537,4 Bab	1894,3 Ac	3142,8 Aa	789,4 Ad
	-----MSF (Kg ha <sup>-1</sup> MS)-----				
0%	1068,9 Ab	1530,0 Aa	1066,3 Ab	1389,9 Aab	373,1 Ac
30%	1064,3 Abc	1186,2 Bab	823,9 Bc	1408,6 Aa	431,4 Ad
50%	921,3 Ab	1171,9 Bab	862,3 Bb	1339,3 Aa	471,4 Ac
70%	995,6 Aab	1161,2 Bb	887,5 Bb	1481,7 Ab	441,9 Aa

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05).

Rezende et al., (2015), comparando a características estruturais, produtivas e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Jiggs, observaram que o Jiggs apresentou maior altura em relação ao Tifton 85, o que pode ser atribuído a morfologia específica da forrageira. No entanto, houve maior produção e proporção de folhas no Tifton 85, resultado de uma menor proporção de colmos e maior relação folha/colmo quando comparado ao Jiggs, corroborando Guimarães (2012), que relatou maior proporção de colmos no Jiggs em comparação ao Tifton 85 em condição de pré-pastejo.

O maior percentual de folhas foi encontrado no fim do ciclo de pastejo, ao contrário da produção de MST, MSF e Altura. Essa maior porcentagem de folhas no quinto pastejo se justifica pela menor altura da pastagem no momento da avaliação, a qual foi em média 17 cm, enquanto nos demais pastejos a altura foi de 28, 36, 28 e 45 cm, respectivamente no 1º, 2º, 3º e 4º pastejo, sendo assim a menor estatura da planta se dá em decorrência de uma menor alongação do colmo, logo a relação folha/colmo tende ser mais alta.

No estudo de Carvalho (2012) foram encontrados resultados que se assemelham aos encontrados neste trabalho, no qual, pode-se observar que a proporção de folhas para o Jiggs no período invernal, foi igual a 47,5% aos 28 dias decaindo a 32,1% aos 42 dias, contudo, no verão, a proporção de folhas encontradas aos 14 dias foi igual a 66,3 %. Calculando um valor médio de todo o ciclo produtivo, a proporção de folha foi em torno de 48 %.

A intensidade de 0% mostrou homogeneidade no decorrer do ciclo de produção em relação ao percentual de Folha, pois este não demonstrou variação estatística entre os cinco períodos de avaliação.

Os efeitos dos tratamentos não acarretaram em diferença significativa quanto as variáveis altura de plantas e percentual de folhas. A produção de MSF foi influenciada pelos efeitos dos tratamentos, porém apenas no segundo e terceiro ciclo de pastejo, onde a intensidade de 0% teve a maior produtividade quando comparado aos demais, quanto a MST os efeitos dos tratamentos foram significativos apenas no segundo ciclo de pastejo em que a intensidade de 0% apresentou maior produtividade, sendo que os demais não apresentaram diferença estatística entre si.

O primeiro pastejo, em função da implantação da forrageira, e o quinto pastejo, em função das condições climáticas (fotoperíodo e temperatura), apresentam intervalos maiores de tempo para avaliação e entrada dos animais.

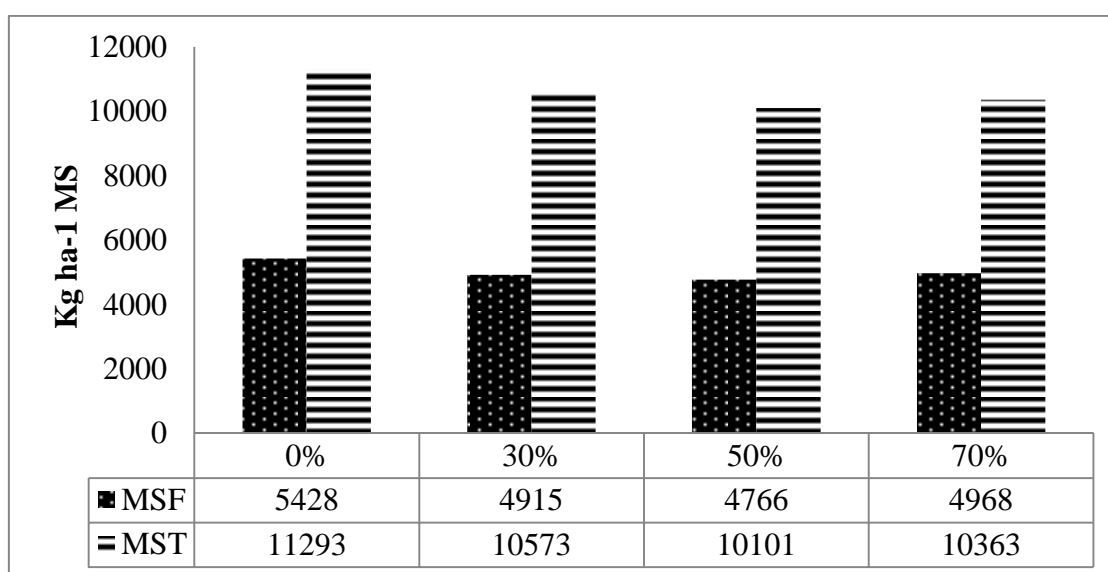


As avaliações feitas no período de janeiro a março, apresentaram maior capacidade de produção com o menor período produtivo, esse fato ocorre em função das condições climáticas de temperatura e radiação solar, as quais são adequadas ao desenvolvimento da forrageira, sendo assim, o quarto pastejo apresentou os maiores valores em relação à Altura, MST e MSF, o que pode ter sido influenciado pelo maior intervalo de tempo até a realização da avaliação, sendo este de 50 dias, enquanto o segundo e o terceiro pastejo foram feitos em um período intervalar médio de 36 dias.

A produção acumulada (Figura 10) apresentou pequena variação com relação aos tratamentos, e permitiu avaliar o comportamento da forrageira onde a altura média é em torno de 30 cm e o percentual de Folha é em torno de 48 a 49%, a produção acumulada média de MST foi maior numericamente na intensidade de 0%, com uma variação de aproximadamente 1000 kg ha<sup>-1</sup> MS, enquanto a MSF obteve uma variação de aproximadamente 500 kg ha<sup>-1</sup> MS.

No trabalho produzido por Gomes et al., (2015), comparado a produção de Tifton 85, sendo esta a forrageira a qual mais se assemelha ao Jiggs tanto em termos morfológicos quanto agrônômicos, pode-se constatar que o Tifton 85, na ausência de irrigação, as produtividades variaram de 7768 a 27826 kg MS ha<sup>-1</sup> para as doses zero a 60 kg N ha<sup>-1</sup>ciclo<sup>-1</sup>, no entanto, com irrigação o incremento foi maior variando de 9210 a 39279 kg MS ha<sup>-1</sup>.

Figura 10 - Produção acumulada de Matéria Seca Total e Matéria Seca Foliar em durante o ciclo de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.



Fonte: Rupollo (2015)

A avaliação do sistema radicular é um fator de suma importância quando se busca avaliar efeitos referentes tanto a produção da planta quanto para a condição física do solo, neste sentido, pode-se observar na tabela 4, nas médias da densidade de comprimento de raízes com relação às profundidades, um valor igual a  $2,54 \text{ cm cm}^{-3}$  na camada de 0-5 cm, diferindo-se estatisticamente das profundidades 10-15 e 15-20 cm. De maneira geral o que pode se observar é que ocorreu uma redução de 75% no comprimento radicular entre a camada de 0-5 cm com relação à camada de 15-20 cm de profundidade.

A densidade de massa de raiz, assim como de comprimento de raiz, reduziu com o aumento da profundidade, onde na camada de 0-5 cm obteve-se um valor médio igual a  $0,00165 \text{ g cm}^{-3}$ , o qual se diferiu estatisticamente em relação à camada de 5-10 cm cujo valor médio foi igual  $0,00046 \text{ g cm}^{-3}$ . A redução da densidade apresentada foi de uma ordem de 78%, chegando a aproximadamente a 87 % com relação à camada de 15-20 cm, a qual também de diferiu da estatisticamente da camada de 10-15 cm.

O presente trabalho está em acordo com o estudo de Costa et al., (2012), o qual avaliando a produção de raízes de *Panicum maximum* em diferentes intensidades de pastejo, obteve de um total de massa seca de raiz produzida, independentemente do nível de intensificação avaliado, 81 % concentrada nas camadas de 0-20 cm; 58 %, entre 0-10 cm; 23 %, entre 10-20 cm; 11 %, entre 20-30 cm; e 8 %, entre 30-40 cm.

De acordo com Moraes (1991), que estudou o comportamento da massa radicular do Capim-Pangola (*Digitaria decumbens*), houve redução de 50% desta na condição de baixa oferta de forragem (3,5% PV) em relação alta oferta (10,5% PV). Isto explica o fato de que, dependendo do nível de desfolhação, o crescimento radicular é reduzido, cessa ou até mesmo pode ocorrer morte de raízes como consequência da falta de energia proveniente da fotossíntese (BRISKE, 1991).

No trabalho de Cunha et al., (2010), avaliando diferentes genótipos de forragem, encontrou uma densidade de raiz média igual a  $0,00066 \text{ g cm}^{-3}$  para o capim Estrela (*Cynodon* sp.) utilizando adubação nitrogenada de  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em uma profundidade de 0-10 cm.

Os efeitos dos tratamentos influenciaram na densidade média de massa de raiz, sendo que com o aumento da intensidade de pastejo houve aumento da densidade de raiz. O tratamento 1 foi o que dispôs da menor densidade de raiz média igual a  $0,00049 \text{ g cm}^{-3}$ , a ponto de diferir-se estatisticamente dos demais tratamentos, em quanto o tratamento 4 obteve a maior média de densidade de raiz,  $0,00089 \text{ g cm}^{-3}$ , um acréscimo de massa igual a 55%. Esse fato pode ser uma resposta da planta a condição de estresse causada pelo pisoteio animal.

Os maiores valores encontrados, tanto com relação ao comprimento quanto a massa de raiz na camada superficial do solo (0-5 cm), se deve a presença de um sistema radicular fasciculado, típico de *Poaceae*, o qual se distribui paralelamente ao solo de forma homogênea se concentrado próximo à superfície do solo, além da maior densidade do solo em profundidade com conseqüente redução no volume de poros, restringindo a penetração de raiz em maiores profundidades após sequentes períodos de pastejo.

Tabela 4 - Comprimento e Densidade de raízes da forrageira Jiggs em função das intensidades de pastejo e profundidades, Palmeira das Missões - RS, 2015.

	Comprimento de Raíz (cm cm <sup>-3</sup> )				Média
	0%	30%	50%	70%	
0-5	2,19	2,02	2,38	3,58	2,54 A
5-10	0,82	0,81	1,01	0,77	0,85 AB
10-15	0,60	0,66	0,58	0,76	0,65 B
15-20	0,51	0,45	0,51	0,49	0,49 C
Média	1,03	0,98	1,12	1,40	
	Densidade de Raíz (g cm <sup>-3</sup> )				Média
	0%	30%	50%	70%	
0-5	0,00128	0,00136	0,00158	0,00239	0,00165 A
5-10	0,00028	0,00041	0,00062	0,00055	0,00046 B
10-15	0,00022	0,00047	0,00030	0,00039	0,00035 BC
15-20	0,00017	0,00026	0,00020	0,00023	0,00022 C
Média	0,00049 b	0,00062 a	0,00068 a	0,00089 a	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a ( $P < 0,05$ ).

## 4.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

A análise química (Tabela 5) demonstra que ocorreu uma alteração nos teores de Matéria Orgânica (MO) e Potássio (K), nos tratamentos com intensidade de pastejo igual a 50 e 70%. A MO apresentou uma variação média de 0,15% entre os tratamentos com intensidade de 0 e 30% para os tratamentos de 50 e 70%.

Nos níveis de Potássio a variação foi ainda maior, a variação média entre os tratamentos 0 e 30% de intensidade de pastejo em relação aos de 50 e 70% chega a 18 cmol<sub>c</sub>,

segundo trabalho de Silva et al., (2014), avaliando a liberação de N, P e K de esterco bovino e de cama de frango isolados e misturados, observaram uma fase de liberação de K mais rápida nos primeiros 30 dias após a aplicação, seguida de uma de liberação mais gradual nos dias decorrentes, aos 270 dias após a aplicação foi encontrado 80% do teor de K advindo do esterco bovino.

Tabela 5 - Resultados das análises de solo referentes à forrageira Jiggs. Laboratório de Análises de Solo, (UFSM) , Palmeira das Missões - RS, 2015.

Variáveis	Tratamentos			
	0%	30%	50%	70%
pH em água	6,62 <sup>ns</sup>	6,55	6,45	6,76
Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	9,10	9,20	7,78	9,35
Argila (%)	56,00	56,00	56,00	56,00
Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	4,25	4,35	3,90	3,98
H+Al	2,00	2,13	2,33	2,10
CTC efetiva	13,53	13,73	12,08	13,68
CTC pH <sub>7</sub>	15,53	15,85	14,40	15,73
Sat. Bases	86,90	86,45	83,75	86,75
SMP	6,70	6,65	6,58	6,70
P - Mehlich	17,40	15,38	24,85	23,80
MO	3,15 b	3,22 b	3,25 ab	3,42 a
K (Cmol <sub>c</sub> )	0,16 b	0,17 b	0,37 a	0,32 ab

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05).

<sup>ns</sup>: não significativo

O Fósforo (P), não apresentou diferença estatística, todavia os valores encontrados nos tratamentos com intensidade de 50 e 70%, são maiores que os encontrados nos tratamentos com intensidade de 0 e 30% de pastejo. Esse leve incremento provavelmente se deve ao aumento da deposição de fezes dos animais no momento do pastejo, que segundo Silva et al., (2014), a liberação de P pelo esterco bovino é rápida, ocorrendo cerca de 80% da solubilização nos primeiros 30 dias após a aplicação.

A variação nos teores de MO e K deve-se ao fato de que intensidades de pastejo elevadas, sendo elas de 50 a 70 %, os animais sofreram limitação de espaço e escassez de alimento gerando um estado de estresse aos animais, fazendo que os mesmos defequem e

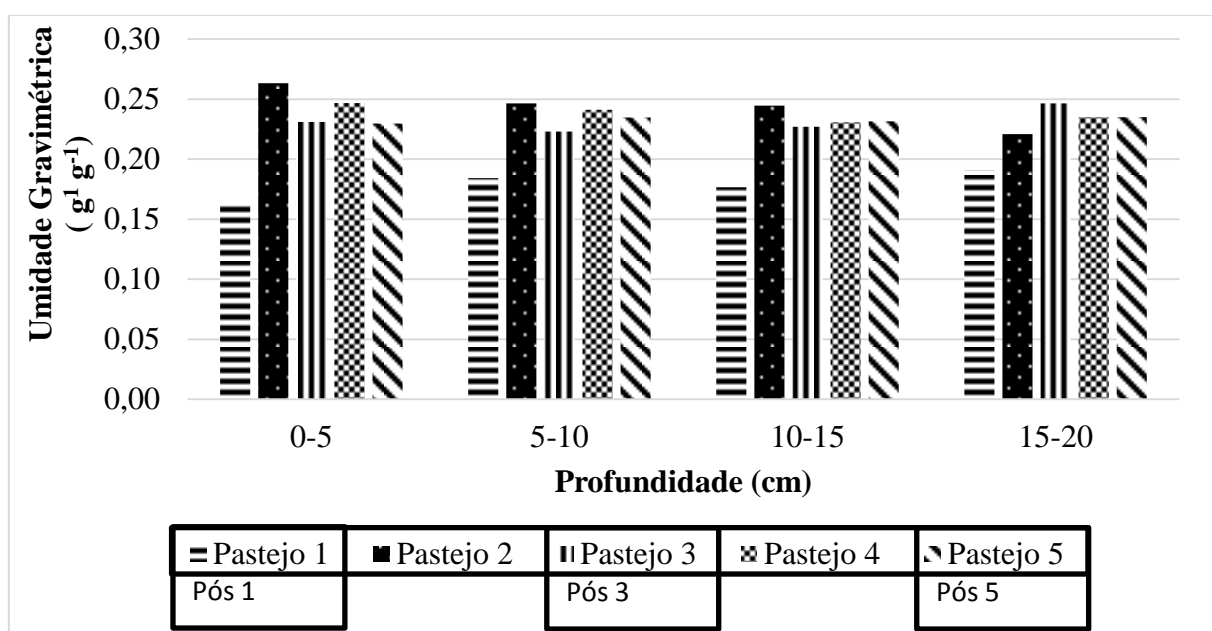
urinem com mais intensidade sobre a área interferindo na composição química do solo. Contudo, nem sempre esses valores influenciam na produção de forragem, pois como visto na tabela 3, a maior produção ocorreu na intensidade de 0% onde os animais não estavam presentes.

#### 4.3 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO: RELAÇÃO ENTRE INTENSIDADE DE PASTEJO E PROFUNDIDADE DO SOLO

Os dados de permeabilidade ao ar não apresentaram distribuição normal; e por isso foram transformados para a forma logarítmica com vistas a obter distribuição mais próxima possível da normalidade.

As amostras de solo equilibradas nas tensões de 6 e 100 kPa (Tabela 6 e 7), não apresentaram diferença significativa entre as diferentes intensidades de pastejo e profundidade de amostragem considerando os períodos Pré Pastejo e no Pós Pastejo 1 (Pós 1). Estes períodos, por serem iniciais, sofreram pouca interferência do pisoteio animal. Outro fato que influenciou esse comportamento, foi o teor de umidade do solo no momento da coleta de solo Pós 1, onde solo se encontrava com uma umidade gravimétrica em torno de 0,16 a 0,18 ( $\text{g}^1 \text{g}^{-1}$ ) (Figura 11).

Figura 11 - Umidade Gravimétrica ( $\text{g}^1 \text{g}^{-1}$ ) em distintas profundidades e períodos de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.



Observou-se diferença estatística nas diferentes profundidades na condição Pós Pastejo 3 (Pós 3), onde a permeabilidade foi maior nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade com valor médio bem próximos de  $1 \mu\text{m}^2$  em comparação as camadas de 10-15 e 15-20 cm que obteve valores próximos de  $0,6 \mu\text{m}^2$ . Esses valores permitem aferir que em profundidades maiores, em função da pressão gerada pelo peso do próprio solo somado com as pressões geradas pelo pisoteio animal acarretam em um rearranjo das partículas do solo resultando em redução do espaço poroso e conseqüentemente o fluxo de ar nessas camadas, reduzindo assim a permeabilidade ao ar.

Tabela 6 - Relação da Permeabilidade do solo ao ar (Kar) equilibrada a 6 kPa em solo submetido a pressões de pastejo entre tratamento e profundidade dentro de cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	PERMEABILIDADE AO AR 6 kPa ( $\mu\text{m}^2$ )				Média <sup>ns</sup>
	0%	30%	50%	70%	
-----Pré Pastejo-----					
0-5	1,40	1,61	1,60	1,31	1,48
5-10	1,47	1,25	1,37	0,91	1,25
10-15	1,10	1,36	1,12	1,30	1,22
15-20	1,25	1,37	1,11	1,23	1,24
Média <sup>ns</sup>	1,30	1,40	1,30	1,19	Média <sup>ns</sup>
-----Pós 1-----					
0-5	1,40	1,55	1,25	1,47	1,42
5-10	1,47	1,41	0,99	0,94	1,20
10-15	1,10	1,13	1,11	1,17	1,13
15-20	1,24	0,94	0,95	1,48	1,15
Média <sup>ns</sup>	1,30	1,26	1,07	1,26	Média
-----Pós 3-----					
0-5	1,43	0,96	0,88	0,76	1,01 A
5-10	1,40	0,83	0,48	1,12	0,96 A
10-15	0,58	0,56	0,77	0,47	0,60 B
15-20	1,01	0,44	0,48	0,61	0,63 B
Média <sup>ns</sup>	1,11	0,70	0,65	0,74	Média
-----Pós 5-----					
0-5	1,11 Aa	0,58 Aab	1,03 Aa	0,18 Ab	0,73
5-10	1,17 Aa	0,82 Aa	0,59 Aa	0,20 Aa	0,70
10-15	0,65 ABa	0,99 Aa	0,79 Aa	0,51 Aa	0,74
15-20	0,35 Ba	0,63 Aa	0,73 Aa	0,31 Aa	0,51
Média	0,82	0,75	0,79	0,30	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a ( $P < 0,05$ ).

<sup>ns</sup>: não significativo a ( $P < 0,05$ )

Esse fato ocorreu também no estudo de Guedes Filho et al., (2015), trabalhando com semeadura direta, semeadura direta escarificada e semeadura direta cultivada com nabo forrageiro, no qual houve efeito significativo entre os tratamentos somente para o potencial mátrico de -6 kPa, na primeira época avaliada sendo essa camada de 0-5 cm.

Tabela 7 - Relação da Permeabilidade do solo ao ar (Kar) equilibrada a 100 kPa em solo submetido a pressões de pastejo entre tratamento e profundidade dentro de cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	PERMEABILIDADE AO AR 100 kPa ( $\mu\text{m}^2$ )				Média <sup>ns</sup>
	0%	30%	50%	70%	
-----Pré Pastejo-----					
0-5	1,60	1,88	1,91	1,55	1,74
5-10	1,80	1,59	1,80	1,20	1,60
10-15	1,43	1,44	1,38	1,55	1,45
15-20	1,47	1,66	1,34	1,47	1,49
Média <sup>ns</sup>	1,58	1,64	1,61	1,44	Média
-----Pós 1-----					
0-5	1,60	1,93	1,54	1,78	1,71 A
5-10	1,80	1,64	1,32	1,22	1,50 AB
10-15	1,44	1,45	1,37	1,44	1,42 AB
15-20	1,47	1,16	1,20	1,69	1,38 B
Média <sup>ns</sup>	1,58	1,54	1,36	1,53	Média
-----Pós 3-----					
0-5	1,36	1,17	1,05	1,16	1,19 A
5-10	1,53	0,89	0,77	1,35	1,13 A
10-15	0,76	0,80	0,56	0,50	0,66 B
15-20	0,81	0,79	0,57	0,66	0,71 B
Média <sup>ns</sup>	1,12	0,91	0,74	0,92	Média
-----Pós 5-----					
0-5	1,43 Aa	1,08 Aab	1,28 Aa	0,35 Ab	1,04
5-10	1,24 Aa	0,92 Aa	0,63 Aa	0,30 Aa	0,77
10-15	0,87 Aa	1,08 Aa	0,95 Aa	0,69 Aa	0,90
15-20	0,54 Ba	0,94 Aa	0,98 Aa	0,48 Aa	0,74
Média	1,02	1,00	0,96	0,45	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05).

<sup>ns</sup>: não significativo a (P<0,05)

No Pós Pastejo 5 (Pós 5), ocorreu uma grande variação nos valores de permeabilidade ao ar com o aumento da profundidade no tratamento com intensidade de 0% onde obteve-se valor máximo de 1,11 e 1,43  $\mu\text{m}^2$ , respectivamente nos potenciais de -6 e -100 kPa para a camada de 0-5 cm, ocorrendo um decréscimo nos valores com o aumento da profundidade. Ao avaliar o efeito dos tratamentos sobre a Permeabilidade ao Ar (Kar) em 6 kPa, houve diferença significativa apenas na camada de 0-5 cm, na qual, a intensidade de 70% a qual foi aplicado a maior intensidade de pastejo, se obteve o menor valor de permeabilidade, sendo esse igual a 0,18  $\mu\text{m}^2$ , enquanto os demais tratamentos atingiram médias superiores a 50  $\mu\text{m}^2$ , evidenciando o efeito degradante que o pisoteio animal pode ter em condições de elevada lotação animal.

É importante ressaltar ainda que no Pós pastejo 3, os valores médios referentes as profundidades de 5-20 cm, e no Pós 5, em todas as profundidades, equilibradas a 6 kPa, são inferiores a 1, sendo um fluxo de ar bastante reduzido. Esse fato acontece quando os poros estão preenchidos com água ou caso não estejam conectados (MCQUEEN E SHEPHERD, 2002), ou ainda pela ocorrência de poros muito pequenos em solos com alto teor de argila também propiciam valores de Kar próximos de zero, conforme relatado por Rodrigues et al., (2011).

Quando as amostras foram equilibradas a um potencial matricial de -100 kPa, percebeu-se um aumento na permeabilidade do solo ao ar, sendo que o Pós pastejo 3, onde os valores médios superaram 1  $\mu\text{m}^2$ , na camada de 0-5 e 5-10 cm, enquanto no Pós 5, a qual não apresentou valores superiores a 1  $\mu\text{m}^2$  equilibradas a 6 kPa, agora apresentou valor igual a 1,04  $\mu\text{m}^2$  na camada de 0-5 cm. Como era de se esperar, a permeabilidade aumenta uma vez que o espaço poroso anteriormente ocupado por água passa a ser preenchido com ar (GUEDES FILHO et al., 2015).

A Condutividade Hidráulica de Solo Saturado (Ksat) (Tabela 8) tem a função de informar sobre a capacidade de transporte de água, solutos e substâncias químicas no solo conforme Mesquita e Morais (2004). Neste sentido, verificou-se diferença estatística entre as profundidades apenas após o 5º período de pastejo (Pós 5), sendo que na intensidade de 0%, obteve diferença estatística apenas na camada de 15-20 cm.

A camada de 0-5 cm na intensidade de 70% obteve a menor condutividade hidráulica (0,87  $\text{mm h}^{-1}$ ), reiterando o fato de que altas intensidades de pastejo afetam o fluxo de água nas camadas superficiais do solo. De acordo com Soil Survey (1993), valores de Ksat são



considerados como moderadamente baixo entre o intervalo de 3,6 a 0,36 mm h<sup>-1</sup>, faixa esta, onde se localiza os valores obtidos no trabalho.

Embora a compactação causada pelo pisoteio animal seja superficial (0-10 cm), a taxa de infiltração e a lâmina de infiltração de água acumulada também são afetadas (Lanzanova, 2005). Segundo o autor, o manejo do solo, atuando diretamente na sua estrutura e o sistema radicular das plantas, atingindo diferentes profundidades de exploração e alterando químicas, físicas e biológicas do solo, podem proporcionar diferentes comportamentos na taxa de infiltração de água (REICHERT; SUZUKI e REINERT, 2007).

Tabela 8 - Relação da Condutividade Hidráulica (Ksat) entre tratamento e profundidade em de cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	CONDUTIVIDADE HIDRAULICA (mm h <sup>-1</sup> )				Média <sup>ns</sup>
	0%	30%	50%	70%	
-----Pré Pastejo-----					
0-5	2,21	1,85	1,84	1,99	1,98
5-10	2,14	2,04	2,07	1,42	1,92
10-15	2,24	2,05	1,58	2,22	2,02
15-20	1,85	1,99	2,13	2,05	2,00
Média <sup>ns</sup>	2,11	1,98	1,90	1,92	Média
-----Pós 1-----					
0-5	2,21	2,20	1,92	2,07	2,10 A
5-10	2,14	1,70	1,37	1,36	1,64 B
10-15	2,24	1,62	1,53	1,73	1,78 AB
15-20	1,85	1,10	1,59	2,05	1,65 B
Média <sup>ns</sup>	2,11	1,66	1,60	1,80	Média
-----Pós 3-----					
0-5	2,00	1,47	1,34	1,45	1,57
5-10	1,92	1,52	1,37	1,86	1,67
10-15	1,16	1,08	1,36	1,33	1,23
15-20	1,65	1,06	1,22	1,22	1,29
Média <sup>ns</sup>	1,68	1,28	1,32	1,46	Média
-----Pós 5-----					
0-5	2,00 Aa	1,31 Aab	1,75 Aa	0,87 Ab	1,48
5-10	1,66 Aa	1,50 Aa	0,91 Ba	0,60 Aa	1,17
10-15	1,40 ABa	1,78 Aa	1,50 ABa	1,05 Aa	1,43
15-20	0,79 Ba	1,27 Aa	1,12 ABa	0,77 Aa	0,99
Média	1,46	1,46	1,32	0,82	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05).

<sup>ns</sup>: não significativo a (P<0,05)

Os valores da Densidade do Solo (Ds) (Tabela 9) estão relacionados a uma alteração da geometria, volume e distribuição dos poros (LIMA et al., 2005), sendo que neste trabalho, obteve-se diferença estatística nas médias das profundidades do Pré pastejo, Pós 1 e Pós 3, onde a camada de 0-5 cm foi que apresentou menores valores de densidade, com valores próximos de  $1,30 \text{ g cm}^{-3}$ . Esse fato ocorreu em função da aração do solo realizada no momento da implantação do experimento, a qual rompeu as camadas compactadas, outro fato que contribui para esse menor valor na densidade do solo é a maior concentração de raízes na camada superficial as quais atuam fortemente na descompactação do solo como pode ser observado na tabela 5 nos períodos de pastejo Pós 1 e Pós 3 .

No Pós 5, observou-se incremento no valor da densidade do solo com o aumento da intensidade de pastejo, sendo esse efeito mais pronunciado nas camadas superficiais do solo (0-5 e 5-10 cm), permitindo afirmar que a pressão de pastejo não interfere significativamente em profundidades inferiores a estas. De maneira geral a camada de 0-10 cm, foi a mais influenciada pelo pisoteio dos animais, pois apresentaram valores estatisticamente superiores quanto à densidade do solo nos tratamentos com intensidades de 30, 50 e 70%, aos encontrados nas mesmas camadas da intensidade de 0%. Segundo Cohron (1972), os bovinos exercem em média, uma pressão de 0,17 MPa por casco, podendo atingir uma penetração do solo da ordem de 12 cm.

Na intensidade de 0%, a Ds apresentou valores crescentes com o aumento da profundidade, partindo de  $1,29 \text{ g cm}^{-3}$  na camada de 0-5 cm, chegando a atingir  $1,40 \text{ g cm}^{-3}$  na camada de 10-20 cm, no entanto, a intensidade de 70% revelou valores médios decrescentes com o aumento das profundidades, onde a camada de 0-5 cm obteve densidade de  $1,49 \text{ g cm}^{-3}$ , chegando a atingir valor igual a  $1,39 \text{ g cm}^{-3}$  na camada mais profunda (15-20 cm).

Wendling et al., (2012), avaliando variáveis físicas em diferentes sistemas de manejo, obtiveram valores médios de densidade do solo maior em sistema de plantio direto ( $1,23 \text{ g cm}^{-3}$ ) do que em pastagem ( $1,10 \text{ g cm}^{-3}$ ), resultados estes inferiores aos encontrados neste experimento, no entanto, é de suma importância salientar que os valores de densidade do solo determinada nos diferentes tratamentos e profundidades estão dentro da faixa ( $1,10$  a  $1,60 \text{ g cm}^{-3}$ ) considerados ideais para um bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas (KEIHL, 1979).

Tabela 9 - Relação da Densidade do Solo (Ds) nas diferentes pressões de pastejo entre tratamento e profundidade considerando cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	DENSIDADE DO SOLO (g cm <sup>-3</sup> )				Média
	0%	30%	50%	70%	
-----Pré Pastejo-----					
0-5	1,28	1,28	1,27	1,32	1,29 B
5-10	1,35	1,39	1,41	1,41	1,39 A
10-15	1,39	1,34	1,36	1,38	1,37 A
15-20	1,31	1,29	1,32	1,35	1,32 B
Média <sup>ns</sup>	1,33	1,32	1,34	1,36	Média
-----Pós 1-----					
0-5	1,28	1,28	1,30	1,32	1,29 B
5-10	1,35	1,35	1,41	1,43	1,39 A
10-15	1,39	1,39	1,38	1,45	1,40 A
15-20	1,31	1,45	1,40	1,31	1,37 A
Média <sup>ns</sup>	1,33	1,37	1,37	1,38	Média
-----Pós 3-----					
0-5	1,26	1,32	1,37	1,39	1,33 B
5-10	1,28	1,38	1,38	1,44	1,37 AB
10-15	1,39	1,40	1,43	1,42	1,41 AB
15-20	1,40	1,41	1,41	1,43	1,41 A
Média	1,33 b	1,38 ab	1,40 ab	1,42 a	Média
-----Pós 5-----					
0-5	1,29 Cb	1,37 Ab	1,37 Ab	1,49 Aa	1,38
5-10	1,33 BCb	1,38 Aab	1,37 Aab	1,46 Aa	1,39
10-15	1,40 ABa	1,36 Aa	1,39 Aa	1,44 Ba	1,40
15-20	1,40 Aa	1,35 Aa	1,35 Aa	1,39 Ca	1,37
Média	1,36	1,36	1,37	1,45	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05).

<sup>ns</sup>: não significativo a (P<0,05)

Com relação à microporosidade (Tabela 10), não se observou diferença estatística entre as médias das profundidades no período Pré pastejo, porém nos demais pastejos houve diferença significativa entre as camadas. A maior macroporosidade constatada no Pós 5, apresentou diferença estatística na camada de 0-5 cm, onde o valor obtido foi de 0,38 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> para a intensidade de 0% e 0,41 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> para os demais tratamentos, apresentado

superioridade com relação a intensidade de 0%. Esse fato ocorre em função da compactação superficial do solo como visto na tabela 9, onde as maiores densidades encontradas foram nas camadas superficiais permitindo afirmar que o solo quando compactado apresenta uma redução nos macroporos aumentando o volume de microporos.

Tabela 10 - Relação da Microporosidade do Solo entre tratamento e profundidade em cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	MICROPOROSIDADE ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )				Média <sup>ns</sup>
	0%	30%	50%	70%	
-----Pré Pastejo-----					
0-5	0,36	0,37	0,36	0,37	0,36
5-10	0,37	0,39	0,38	0,38	0,38
10-15	0,37	0,36	0,38	0,38	0,37
15-20	0,39	0,38	0,39	0,37	0,38
Média <sup>ns</sup>	0,37	0,37	0,38	0,37	Média
-----Pós 1-----					
0-5	0,36	0,35	0,36	0,37	0,36 B
5-10	0,37	0,37	0,38	0,38	0,37 AB
10-15	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37 AB
15-20	0,39	0,38	0,38	0,37	0,38 A
Média <sup>ns</sup>	0,37	0,37	0,37	0,37	Média
-----Pós 3-----					
0-5	0,36	0,37	0,39	0,39	0,38 AB
5-10	0,37	0,37	0,38	0,38	0,38 B
10-15	0,39	0,39	0,38	0,39	0,39 AB
15-20	0,39	0,39	0,39	0,40	0,39 A
Média <sup>ns</sup>	0,38	0,38	0,39	0,39	Média
-----Pós 5-----					
0-5	0,38 Ab	0,41 Aab	0,41 Aa	0,41 Aa	0,40
5-10	0,38 Aa	0,40 Aa	0,40 Aa	0,40 Aa	0,40
10-15	0,39 Aa	0,38 Ba	0,40 Aa	0,40 Ba	0,39
15-20	0,39 Aa	0,40 ABa	0,40 Aa	0,40 ABa	0,40
Média	0,39	0,40	0,40	0,40	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a ( $P < 0,05$ ).

<sup>ns</sup>: não significativo a ( $P < 0,05$ )

Rodrigues et al., (2011), avaliando a porosidade do solo também em um Latossolo Vermelho obteve um volume de microporos igual a 0,37 e 0,45  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  para os sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente, na camada de 0-10 cm, corroborando com os encontrados no presente estudo.

No decorrer do ciclo de pastejo observou-se de modo geral que a microporosidade manteve-se praticamente constante, onde os valores iniciais eram de 0,37  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  atingindo no fim do ciclo de pastejo valores em torno de 0,40  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , sendo essa variável do solo, pouco influenciada pelo pisoteio animal.

Com relação aos macroporos (Tabela 11), pode-se afirmar que ocorreu diferença estatística entre as camadas avaliadas nos períodos do Pré pastejo e no Pós pastejo 1 sendo a camada superior (0-5 cm), a que apresentou os valores mais elevados quando comparada com as demais. Quanto aos efeitos dos tratamentos observa-se que ocorreu diferença estatística nas médias da intensidade de pastejo igual a 70% no período Pós 3, o qual apresentou média inferior a 0,07  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , com relação a média dos demais tratamentos a qual foi igual a 0,12  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , valor este considerado limitante para o desenvolvimento de plantas, pois nesse valor de macroporosidade o processo de trocas gasosas fica limitado. Reichert et al. (2007), afirma que o valor crítico de macroporosidade parece estar bem estabelecido, equivalendo a 0,10  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ .

A macroporosidade no período Pós 5 revelou comportamento semelhante aos encontrados na densidade do solo, onde a intensidade de pastejo de 0% apresentou valores decrescentes de macroporos com aumento da profundidade. A camada de 0-5 cm alcançou valor igual a 0,13  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  enquanto em 15-20 cm, o valor encontrado foi de 0,08  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ . No entanto, a intensidade de pastejo de 70% apresentou valores crescentes quanto ao volume de macroporos com o aumento da profundidade, tendo sido registrado valor de 0,03  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  na camada de 0-5 cm chegando a 0,07  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  na camada de 15-20 cm.

Nem sempre a redução de macroporos e conseqüente aumento dos microporos são sinônimos de redução da qualidade do solo. Segundo Rodrigues et al., (2011), apesar do menor volume de macroporos na camada superficial do solo sob sistema de plantio direto, o maior volume de microporos apresentado sob este sistema pode determinar maior retenção de água pelo solo e, por sua vez, maior fornecimento de água para as plantas.

Rodrigues et al., (2011), avaliando a macroporosidade em sistema de plantio convencional e direto, encontrou valores similares aos dispostos neste trabalho nos períodos de Pré pastejo e no Pós 1, sendo que na condição de plantio convencional observou-se um

valor igual a  $0,247 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  e em plantio direto de  $0,173 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , em uma camada de 0-10 cm. Comparando esses resultados com os do presente estudo, pode-se afirmar que o pisoteio animal acaba reduzindo em até 50% o volume de macroporos quando comparado ao sistema de plantio direto e entorno de 65% quando comparado ao sistema de plantio convencional.

Tabela 11 - Relação da Macroporosidade do Solo em diferentes intensidades de pastejo e profundidade do solo em cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	MACROPOROSIDADE ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )				Média
	0%	30%	50%	70%	
-----Pré Pastejo-----					
0-5	0,19	0,20	0,20	0,19	0,20 A
5-10	0,17	0,15	0,13	0,13	0,14 B
10-15	0,15	0,17	0,14	0,17	0,16 AB
15-20	0,16	0,16	0,14	0,17	0,16 AB
Média <sup>ns</sup>	0,17	0,17	0,15	0,17	Média
-----Pós 1-----					
0-5	0,19	0,22	0,21	0,20	0,21 A
5-10	0,17	0,17	0,13	0,13	0,15 B
10-15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15 B
15-20	0,16	0,10	0,12	0,18	0,14 B
Média <sup>ns</sup>	0,17	0,16	0,15	0,16	Média <sup>ns</sup>
-----Pós 3-----					
0-5	0,17	0,13	0,09	0,08	0,12
5-10	0,15	0,11	0,10	0,08	0,11
10-15	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08
15-20	0,09	0,08	0,08	0,06	0,08
Média	0,13 a	0,10 ab	0,09 ab	0,07 b	Média
-----Pós 5-----					
0-5	0,13 Aa	0,07 Ab	0,07 Ab	0,03 Bb	0,08
5-10	0,11 ABa	0,08 Aa	0,08 Aa	0,05 ABa	0,09
10-15	0,08 BCa	0,11 Aa	0,07 Aa	0,06 Aa	0,08
15-20	0,08 Ca	0,09 Aa	0,10 Aa	0,07 Aa	0,09
Média	0,11	0,09	0,08	0,05	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a ( $P < 0,05$ ).

<sup>ns</sup>: não significativo a ( $P < 0,05$ )

Com o decorrer dos períodos de pastejo ocorreu uma forte redução nos níveis de macroporos atingindo valores críticos de 0,03 e 0,05  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  (0-5 cm e 5-10 cm, respectivamente) na mais alta intensidade de pastejo (70%) após o 5º pastejo, reiterando o fato de que altas intensidades e frequentes pastejos têm influenciado fortemente a macroporosidade do solo, ao ponto de atingir níveis críticos para o desenvolvimento radicular da planta.

Com relação à porosidade total (Tabela 12), pode-se observar que ocorreu diferença estatística na camada de 0-5 cm no Pré pastejo com valores superiores às camadas adjacentes, fato que se deve ao preparo do solo, pois este permite uma melhor aeração na camada superficial em função da subsolagem e da gradagem que, diminuindo o tamanho dos macroagregados do solo, e dos macroporos, concomitantemente aumentado número de microporos.

No Pós 1 a camada superficial (0-5 cm) foi a que apresentou os maiores valores de porosidade total, nas demais camadas não houve diferença significativa entre as mesmas. No trabalho de Kroulík (2009), notou-se que a maior macroporosidade superficial observada ocorreu no sistema de plantio convencional em relação ao sistema de plantio direto, fato que se deve ao revolvimento do solo por ocasião da aração.

No Pós 3, evidenciou-se o efeito dos tratamentos com relação a porosidade total na camada de 0-5 cm, onde a intensidade de pastejo de 0% apresentou os maiores valores de porosidade total sendo que na intensidade de 70% proporcionou os menores valores. Nas camadas mais profundas (10-15 e 15-20 cm) o efeito dos tratamentos é menos pronunciado. Observou-se também uma redução da porosidade total na profundidade de 15-20 cm no período Pós 3.

Wendling et al., (2012), avaliando diferentes sistemas de uso, encontrou valores para porosidade total no cerrado igual a 0,57 e 0,54  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , em pinus igual a 0,66 e 0,54  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , em pastagem valores de 0,58 e 0,54  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  e, em plantio direto igual a 0,51 e 0,50  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  (respectivamente em camadas de 0-10 e 10-20 cm), cujos valores concordam aos encontrados no presente estudo.

No Pós 5, pode-se observar que a porosidade total na camada superficial (0-5 e 5-10 cm) foi superior na intensidade de 0%, enquanto na intensidade de 70%, foi encontrado os menores valores, o que reitera a questão do efeito do pisoteio animal no aumento do estado de compactação e conseqüente na redução da porosidade total do solo.

Tabela 12 - Relação da Porosidade Total em diferentes pressões de pastejo do solo entre tratamento e profundidade em cada época de pastejo da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	POROSIDADE TOTAL (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )				Média
	0%	30%	50%	70%	
-----Pré Pastejo-----					
0-5	0,55	0,56	0,56	0,55	0,56 A
5-10	0,55	0,53	0,51	0,51	0,53 B
10-15	0,52	0,54	0,52	0,55	0,53 AB
15-20	0,55	0,54	0,53	0,54	0,54 AB
Média <sup>ns</sup>	0,54	0,54	0,53	0,54	Média
-----Pós 1-----					
0-5	0,55	0,55	0,57	0,57	0,56 A
5-10	0,55	0,53	0,51	0,51	0,53 B
10-15	0,52	0,52	0,52	0,51	0,52 B
15-20	0,55	0,49	0,50	0,54	0,52 B
Média <sup>ns</sup>	0,54	0,52	0,53	0,53	Média
-----Pós 3-----					
0-5	0,52 Aa	0,50 Aab	0,48 Aab	0,48 Ab	0,50
5-10	0,52 Aa	0,48 Aa	0,48 Aa	0,46 Aa	0,49
10-15	0,47 Aa	0,47 Aa	0,46 Aa	0,46 Aa	0,47
15-20	0,47 Aa	0,47 Aa	0,47 Aa	0,46 Aa	0,47
Média	0,50	0,48	0,47	0,46	Média
-----Pós 5-----					
0-5	0,51 Aa	0,48 Aa	0,48 Aa	0,44 Cb	0,48
5-10	0,50 Aa	0,48 Aab	0,48 Aab	0,45 BCb	0,48
10-15	0,47 BCa	0,49 Aa	0,48 Aa	0,46 ABa	0,48
15-20	0,47 Ca	0,49 Aa	0,49 Aa	0,47 Aa	0,48
Média	0,49	0,49	0,48	0,45	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05).

<sup>ns</sup>: não significativo a (P<0,05)

#### 4.4 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO: RELAÇÃO ENTRE TRATAMENTOS E PERÍODO DE PASTEJO

Com relação aos efeitos das intensidades de pastejo em diferentes épocas de pastejo, pode-se observar que acarretou em diferença significativa nas médias de Kar 6 kPa em praticamente todas as camadas (0-5, 10-15 e 15-20 cm) sendo que os períodos Pós 3 e Pós 5, foram os quais apresentaram redução nos valores (Tabela 13), os seguintes pastejos causam uma redução na permeabilidade de até 50%. Resultados similares foram reportados por Silva



et al. (2009) em solos de classe textural similar, com valores de Kar próximos de  $1 \mu\text{m}^2$  para Ds próxima de  $1,2 \text{ g cm}^{-3}$ .

Tabela 13 - Permeabilidade do solo ao ar (Kar) equilibrada a 6 kPa em solo submetido a pressões de pastejo entre época de pastejo dentro de cada profundidade da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	PERMEABILIDADE AO AR 6 kPa ( $\mu\text{m}^2$ )				Média
	0%	30%	50%	70%	
-----0-5-----					
Pré Pastejo	1,39	1,60	1,60	1,31	1,47 A
Pós 1	1,39	1,55	1,24	1,47	1,41 A
Pós 3	1,43	0,95	1,03	0,76	1,04 B
Pós 5	1,10	0,57	0,88	0,18	0,68 B
Média	1,32 a	1,16 a	1,18 a	0,93 a	
-----5-10-----					
Pré Pastejo	1,47	1,40	1,36	1,12	1,34 A
Pós 1	1,47	1,47	0,99	0,93	1,21 A
Pós 3	1,39	1,39	0,48	0,91	1,04 A
Pós 5	1,16	1,16	0,59	0,20	0,78 A
Média	1,37 a	1,35 ab	0,85 b	0,79 b	
-----10-15-----					
Pré Pastejo	1,09	1,35	1,12	1,30	1,21 A
Pós 1	1,09	1,12	1,11	1,17	1,12 AB
Pós 3	0,57	0,55	0,77	0,50	0,60 C
Pós 5	0,64	0,98	0,79	0,47	0,72 BC
Média	0,84 a	1,00 a	0,95 a	0,86 a	
-----15-20-----					
Pré Pastejo	1,24	1,37	1,11	1,23	1,24A
Pós 1	1,24	0,93	0,94	1,47	1,14A
Pós 3	1,00	0,43	0,48	0,60	0,63B
Pós 5	0,34	0,62	0,73	0,31	0,50B
Média	0,95 a	0,84 a	0,81 a	0,90 a	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a ( $P < 0,05$ ).

É importante salientar também, que apesar da camada de 5-10 cm não apresenta diferença entre os pastejos, ainda que os valores também apresentem um decréscimo, essa variação não foi significativa estatisticamente.

Na camada de 0-5 cm não houve efeito significativo dos tratamentos sobre a Kar 6 kPa, porém os valores numericamente decresceram com o aumento da intensidade de pastejo. Na camada de 5-10 cm ocorreu diferença estatística com relação aos efeitos das intensidades de pastejo sobre a Kar 6 kPa, onde as intensidades de pastejo iguais a 50 e 70% apresentaram menor fluxo de ar do que as intensidades de 0 e 30%. Já nas camadas de 10-15 e 15-20 cm, os efeitos dos tratamentos não foram significativos, e praticamente não houve alteração nos valores de Kar 6 kPa nas diferentes intensidades de pastejo.

A ocorrência do fluxo de ar nos períodos iniciais de pastejo se deve a subsolagem feita no preparo do solo, que aumentou o número de macroporos e diminuiu a densidade deste, no entanto com o decorrer dos pastejo o pisoteio animal com altas intensidades contribuiu significativamente com a redução dos macroporos, aumentando a densidade do solo, diminuindo assim a permeabilidade do solo ao ar.

Maiores valores de Kar na camada superior em comparação à inferior foram também encontrados por Cavalieri et al. (2009), os quais avaliaram a Kar em semeadura direta de longa duração em diferentes profundidades, e por Rodrigues et al. (2011), os quais compararam a Kar entre preparo convencional e semeadura direta nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, ambos os trabalhos conduzidos em Latossolo Vermelho na mesma região deste estudo.

O comportamento da permeabilidade ao ar à tensão de 100 kPa (Tabela 14) foi similar ao observado na permeabilidade ao ar a 6 kPa, onde ocorreu um decréscimo no decorrer dos pastejos. Os valores médios de Kar 6 kPa no período Pré pastejo e Pós 1 foram significativamente superiores aos Pós 3 e Pós 5, em todas as profundidades avaliadas. A redução da permeabilidade em todas as camadas do solo constatada foi da ordem de 0,7 a 0,8  $\mu\text{m}^2$  reiterando o fato de que o pisoteio animal tem a capacidade de reduzir a Kar entre as camadas de 0-20 cm.

Moreira et al., (2012), trabalhando com quatro alturas (7, 14, 21 e 28 cm) de manejo das culturas de aveia e azevém, obteve valores médios de Kar iguais a 0,14; 0,27; 0,10; 0,16 e 0,14  $\mu\text{m}^2$  para testemunha, na camada de solo de 0–7,5 cm, e de 0,26; 0,36; 0,49; 0,37 e 0,69  $\mu\text{m}^2$  para testemunha, na profundidade do solo de 7,5–15 cm, sendo a redução de Kar na camada de 0–7,5 cm decorrente do efeito do pisoteio animal, bem como do tráfego de máquinas, fato esse que sustenta os resultados encontrados neste trabalho.

Com relação ao efeito da pressão de pastejo na Kar 100 kPa, houve efeito significativo apenas na camada de 5-10 cm, sendo que nesta, o T4 apresentou o menor valor médio de Kar

100 ( $1,01 \mu\text{m}^2$ ), enquanto o T1 obteve valor médio igual a  $1,59 \mu\text{m}^2$ . Outro fato interessante a se observar é a redução da permeabilidade no T1 no decorrer dos pastejos que pode ser atribuído a realocação das partículas por meio de fatores climáticos como a chuva (ciclos de umedecimento e secagem) e impacto da gota de chuva, uma vez que esse tratamento não recebeu a entrada de animais.

Tabela 14 - Permeabilidade do solo ao ar (Kar) equilibrada a 100 kPa em solo submetido a pressões de pastejo entre época de pastejo dentro de cada profundidade em pastagem da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	PERMEABILIDADE AO AR 100 kPa ( $\mu\text{m}^2$ )				Média
	0%	30%	50%	70%	
-----0-5-----					
Pré Pastejo	1,60	1,92	1,90	1,55	1,74 A
Pós 1	1,60	1,88	1,54	1,78	1,70 A
Pós 3	1,43	1,16	1,05	1,16	1,20 B
Pós 5	1,36	1,08	1,28	0,34	1,01 B
Média	1,49 a	1,51 a	1,44 a	1,20 a	
-----5-10-----					
Pré Pastejo	1,80	1,59	1,80	1,19	1,59 A
Pós 1	1,80	1,64	1,32	1,22	1,49 A
Pós 3	1,53	0,89	0,77	1,34	1,13 AB
Pós 5	1,23	0,92	0,63	0,30	0,77 B
Média	1,59 a	1,26 ab	1,13 ab	1,01 b	
-----10-15-----					
Pré Pastejo	1,43	1,43	1,38	1,54	1,44 A
Pós 1	1,43	1,44	1,37	1,44	1,42 AB
Pós 3	0,87	1,06	0,95	0,69	0,89 BC
Pós 5	0,76	0,80	0,56	0,50	0,65 C
Média	1,12 a	1,18 a	1,06 a	1,04 a	
-----15-20-----					
Pré Pastejo	1,47	1,66	1,34	1,47	1,48 A
Pós 1	1,47	1,16	1,20	1,69	1,38 A
Pós 3	1,80	0,79	0,57	0,66	0,95 B
Pós 5	0,54	0,94	0,98	0,48	0,73 B
Média	1,32 a	1,14 a	1,02 a	1,07 a	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a ( $P < 0,05$ ).

Os resultados obtidos da condutividade hidráulica (Tabela 15), indicaram redução no fluxo de água nos períodos do Pós pastejo 3 e 5, em todas as profundidades avaliadas. Esse

fato ocorreu em função do pisoteio animal, o qual de acordo com Mesquita e Moraes (2004), influencia na intensidade espacial, padrão espacial e continuidade dos poros contribuindo com a redução dos macroporos, responsável pelo fluxo de água no solo.

Tabela 15 - Relação da Condutividade Hidráulica (Ksat) entre tratamento e época de pastejo dentro de cada profundidade da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	CONDUTIVIDADE HIDRAULICA (mm h <sup>-1</sup> )				Média
	0%	30%	50%	70%	
-----0-5-----					
Pré Pastejo	2,21	1,85	1,84	2,07	1,99 A
Pós 1	2,21	2,20	1,92	2,00	2,08 A
Pós 3	2,01	1,46	1,34	1,45	1,56 B
Pós 5	2,00	1,31	1,75	0,86	1,48 B
Média	2,11 a	1,70 a	1,71 a	1,59 a	
-----5-10-----					
Pré Pastejo	2,14	2,03	2,06	1,41	1,91 A
Pós 1	2,14	1,70	1,37	1,35	1,64 AB
Pós 3	1,92	1,52	1,37	1,85	1,66 AB
Pós 5	1,66	1,50	0,91	0,59	1,16 B
Média	1,96 a	1,68 ab	1,42 ab	1,30 b	
-----10-15-----					
Pré Pastejo	2,24	2,05	1,58	2,22	2,02 A
Pós 1	2,24	1,62	1,53	1,72	1,78 AB
Pós 3	1,16	1,08	1,36	1,32	1,23 BC
Pós 5	1,40	1,77	1,5	1,05	1,43 C
Média	1,76 a	1,63 a	1,49 a	1,57 a	
-----15-20-----					
Pré Pastejo	1,84	1,99	2,12	2,04	2,00 A
Pós 1	1,84	1,10	1,59	2,05	1,64 AB
Pós 3	1,64	1,06	1,22	1,22	1,28 BC
Pós 5	0,79	1,27	1,12	0,77	0,98 C
Média	1,52 a	1,35 a	1,51 a	1,52 a	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05).

A variável condutividade hidráulica apresentou diferença entre os tratamentos apenas na profundidade de 5-10 cm, sendo a intensidade de pastejo de 70% a que apresentou a maior redução nos valores médios (1,59 mm h<sup>-1</sup>), proporcionando dessa forma a menor condutividade. Na intensidade de 0%, devido a ausência do pastejo animal, apresentou os

valores mais elevados ( $2,11 \text{ mm h}^{-1}$ ). Reichert; Suzuki e Reinert (2007) afirmam que a drenagem de água pelo solo é mediada pelos macroporos, enquanto a retenção de água é mediada pelos microporos, fato este que justifica a redução do  $K_{\text{sat}}$  nas camadas superficiais do solo influenciadas pelo pisoteio animal.

Uma menor condutividade hidráulica do solo saturado está associada à maior densidade do solo. No processo de compactação, os poros maiores, responsáveis pela aeração do solo, tendem a ser reduzido, resultando em poros menores (BOONE E VEEN, 1994).

Com relação à densidade do solo (Tabela 16), pode-se afirmar que a camada que sofre maior influência do pisoteio bovino é a de 0-5 cm, sendo que nessa camada com o avanço dos pastejos houve um aumento dos valores de  $D_s$ , sendo que a densidade do solo média no Pré pastejo foi de  $1,28 \text{ g cm}^{-3}$ , e no último período de pastejo, o resultado observado foi de  $1,38 \text{ g cm}^{-3}$ , dessa forma evidenciando o efeito compactante gerado pelo pisoteio bovino, uma vez que a pressão exercida pelo casco do animal no solo pode chegar a ordem de 0,21 Mpa, (SCHNEIDER et al., 1978)

A camada de 5-10 cm também foi influenciada pela intensidade de pastejo, onde a intensidade de 70% apresentou os maiores valores de densidade, e a intensidade de 0% foi o que apresentou os menores valores, evidenciando que o efeito do pisoteio ainda é significativo nessa camada. A densidade do solo teve um acréscimo de 7% em seu valor quando a intensidade de pastejo foi de 70%, aonde obteve-se um valor de  $1,43 \text{ g cm}^{-3}$ , o qual pode ser considerado crítico. De maneira geral, o valor de  $1,40 \text{ g cm}^{-3}$  é aceito como limite crítico, que aumenta com o decréscimo do teor de argila do solo (SOUZA; CARNEIRO; PAULINO, 2005). É importante salientar que valores críticos de densidade do solo são relacionados a condições restritivas ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, à infiltração e ao transporte de água, bem como às trocas gasosas entre o solo e a atmosfera (FONSECA et al., 2007).

É importante ressaltar ainda que a densidade do solo apresenta relação inversa com a porosidade. Geralmente, a redução da porosidade ocorre com os poros maiores (macroporos), responsáveis pela infiltração de água e aeração do solo. Poros maiores que  $50 \mu\text{m}$  são considerados macroporos e são os primeiros a serem destruídos no processo de compactação Reichert; Suzuki e Reinert (2007). Neste sentido, os resultados deste trabalho estão em acordo com o conceito explicitado acima.

Tabela 16 - Densidade do Solo (Ds) nas diferentes intensidades de pastejo entre época de pastejo considerando cada profundidade da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	DENSIDADE DO SOLO ( $\text{g cm}^{-3}$ )				Média
	0%	30%	50%	70%	
-----0-5-----					
Pré Pastejo	1,28	1,27	1,27	1,32	1,28 B
Pós 1	1,28	1,28	1,29	1,32	1,29 AB
Pós 3	1,26	1,32	1,36	1,39	1,33 AB
Pós 5	1,29	1,36	1,37	1,49	1,38 A
Média	1,28 c	1,31 bc	1,32 b	1,38 a	
-----5-10-----					
Pré Pastejo	1,35	1,39	1,41	1,40	1,38 A
Pós 1	1,35	1,35	1,41	1,43	1,38 A
Pós 3	1,28	1,38	1,38	1,44	1,37 A
Pós 5	1,33	1,38	1,38	1,46	1,39 A
Média	1,33 b	1,37 ab	1,39 ab	1,43 a	
-----10-15-----					
Pré Pastejo	1,39	1,34	1,36	1,38	1,37 A
Pós 1	1,39	1,39	1,38	1,42	1,39 A
Pós 3	1,39	1,40	1,43	1,45	1,41 A
Pós 5	1,40	1,36	1,39	1,44	1,40 A
Média	1,39 a	1,37 a	1,39 a	1,42 a	
-----15-20-----					
Pré Pastejo	1,31	1,28	1,32	1,35	1,31 B
Pós 1	1,31	1,44	1,40	1,31	1,36 AB
Pós 3	1,40	1,41	1,41	1,43	1,41 A
Pós 5	1,40	1,36	1,34	1,39	1,37 AB
Média	1,35 a	1,37 a	1,37 a	1,37 a	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a ( $P < 0,05$ ).

A microporosidade (Tabela 17) sofreu alterações devido ao pisoteio animal principalmente nas camadas superficiais (0-5, 5-10 e 10-15 cm), onde se observou que com o aumento do número de pastejos houve um aumento nos valores de microporosidade. No trabalho de Wandeling et al., (2012), em um Latossolo Vermelho, observou-se os valores médios para microporosidade em sistema de semeadura direta de  $0,45 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , na sequência

em condição de pastejo foi de  $0,43 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ,  $0,37 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  no cerrado e por fim com maior volume de microporos o pinus com  $0,36 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ .

Tabela 17 - Microporosidade do Solo em distintas intensidades de pastejo em cada camada de solo entre época de pastejo dentro de cada profundidade da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	MICROPOROSIDADE ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )				Média
	0%	30%	50%	70%	
-----0-5-----					
Pré Pastejo	0,35	0,37	0,36	0,36	0,36 B
Pós 1	0,36	0,35	0,36	0,37	0,36 B
Pós 3	0,36	0,37	0,39	0,39	0,38 B
Pós 5	0,38	0,41	0,41	0,41	0,40 A
Média	0,36 b	0,37 ab	0,38 ab	0,39 a	
-----5-10-----					
Pré Pastejo	0,37	0,39	0,38	0,38	0,38 AB
Pós 1	0,37	0,37	0,38	0,38	0,37 B
Pós 3	0,36	0,37	0,38	0,38	0,37 B
Pós 5	0,38	0,40	0,40	0,40	0,39 A
Média	0,37 a	0,38 a	0,38 a	0,38 a	
-----10-15-----					
Pré Pastejo	0,37	0,36	0,38	0,37	0,37 BC
Pós 1	0,37	0,36	0,37	0,37	0,36 C
Pós 3	0,38	0,39	0,38	0,39	0,38 AB
Pós 5	0,39	0,38	0,40	0,40	0,39 A
Média	0,38 a	0,37 a	0,38 a	0,38 a	
-----15-20-----					
Pré Pastejo	0,39	0,38	0,39	0,37	0,38 A
Pós 1	0,39	0,38	0,38	0,36	0,38 A
Pós 3	0,39	0,39	0,39	0,40	0,39 A
Pós 5	0,39	0,40	0,39	0,40	0,39 A
Média	0,39 a	0,39 a	0,39 a	0,38 a	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a ( $P < 0,05$ ).

Quando avaliado o efeito das intensidades de pastejo na variável microporosidade, só houve efeito significativo na camada superficial do solo. A ausência de pastejo é o tratamento que apresenta os menores valores de microporosidade e a maior intensidade de pastejo (70%), apresenta os maiores valores, resultado da compactação acarretando em uma mudança na

distribuição do tamanho de poros, fazendo com que os poros grandes, considerados macroporos, sejam reduzidos e passem a pertencer à classe dos microporos.

Assim como na microposidade a macroporosidade (Tabela 18), foi influenciada pelo pisoteio animal, sendo que nos períodos do Pré pastejo e do Pós 1 apresentaram valores superiores com relação aos períodos Pós 3 e 5 em todas as profundidades avaliadas. Esse fato reitera que a redução da macroporosidade pode ocorrer em todas as camadas do solo até uma profundidade de 20 cm, sendo responsável por uma redução de até 37% com relação à camada superficial do solo.

Tabela 18 - Macroporosidade do Solo em distintas intensidades de pastejo em cada camada de solo entre época de pastejo dentro de cada profundidade da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	MACROPOROSIDADE (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )				Média
	0%	30%	50%	70%	
	-----0-5-----				
Pré Pastejo	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19 A
Pós 1	0,19	0,21	0,21	0,20	0,20 A
Pós 3	0,16	0,13	0,09	0,08	0,11 B
Pós 5	0,13	0,07	0,07	0,02	0,07 B
Média	0,16 ab	0,15 ab	0,14 ab	0,12 b	
	-----5-10-----				
Pré Pastejo	0,17	0,14	0,13	0,13	0,15 A
Pós 1	0,17	0,16	0,13	0,13	0,14 A
Pós 3	0,15	0,10	0,10	0,08	0,10 AB
Pós 5	0,11	0,07	0,08	0,05	0,08 B
Média	0,15 a	0,12 ab	0,11 ab	0,10 b	
	-----10-15-----				
Pré Pastejo	0,14	0,17	0,14	0,17	0,15 A
Pós 1	0,14	0,15	0,15	0,13	0,14 A
Pós 3	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07 B
Pós 5	0,08	0,10	0,07	0,06	0,07 B
Média	0,11a	0,12 a	0,11 a	0,11 a	
	-----15-20-----				
Pré Pastejo	0,16	0,16	0,14	0,17	0,16 A
Pós 1	0,16	0,10	0,12	0,18	0,14 A
Pós 3	0,09	0,09	0,07	0,06	0,08 B
Pós 5	0,07	0,07	0,09	0,07	0,08 B
Média	0,12 a	0,10 a	0,10 a	0,12 a	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05).



Nas camadas de 0-5 e 5-10 cm a influência das intensidades de pastejo na macroporosidade foi significativa, sendo que na ausência de pastejo (0%) apresentou os maiores valores com relação aos demais tratamentos. Wandeling et al., (2012), avaliando os diferentes sistemas de uso em um Latossolo, observou-se os valores médios para macroporosidade em sistema de semeadura direta de  $0,04 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , na sequência em condição de pastejo foi de 0,12 a  $0,18 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  no Cerrado e por fim com maior volume de macroporos o pinus com  $0,23 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ .

Trindade et al., (2012), relata que os resultados mais evidentes referem-se aos valores observados na macroporosidade do solo pois com o pós cultivo, ocorre uma diminuição no tamanho dos agregados maiores reduzindo, em consequência, o tamanho dos poros.

A Porosidade total (Tabela 19), reduziu significativamente nos tratamentos 2, 3 e 4, nos períodos de pastejo 3 e 5 na camada de 0-5 cm. A redução mais expressiva acontece no tratamento 4 com uma redução da porosidade total de até 23%. Na profundidade de 15-20 cm.

O teor de argila de um solo influencia a sua densidade assim como a porosidade, neste sentido, segundo Mentges (2014) os solos argilosos são mais elásticos, apresentam uma menor capacidade de suporte de carga e são mais suscetíveis à compactação que solos arenosos, principalmente quando estão em condições de elevada umidade.

Na camada de 5-10 cm houve diferença significativa entre os tratamentos, onde a porosidade reduziu com o aumento da intensidade de pastejo. As camadas de solo de 5-10 e 10-15 cm revelaram uma redução estatística a ( $P < 0,05$ ) nas médias dos períodos do Pós 3 e 5, onde foi encontrado valores inferiores a  $0,50 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  dados estes que discordam com os valores obtidos por Rodrigues et al., (2011), onde observou-se em um sistema de plantio direto e convencional, um valor médio entre os sistemas de  $0,62 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  para a camada de 0 a 10 cm e  $0,58 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  para a camada de 10 a 20 cm.

Tabela 19 - Porosidade Total em distintas intensidades de pastejo em cada camada de solo entre época de pastejo dentro de cada profundidade da forrageira Jiggs, Palmeira das Missões - RS, 2015.

Profundidade	POROSIDADE TOTAL (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )				Média
	0%	30%	50%	70%	
-----0-5-----					
Pré Pastejo	0,55 Aa	0,56 Aa	0,57Aa	0,54 Aa	0,55
Pós 1	0,55 Aa	0,55 ABa	0,56 Aa	0,57 Aa	0,55
Pós 3	0,52 Aa	0,50 BCab	0,48 Bab	0,47 Bb	0,49
Pós 5	0,51 Aa	0,48 Ca	0,48 Ba	0,44 Bb	0,48
Média	0,53	0,52	0,52	0,50	
-----5-10-----					
Pré Pastejo	0,55	0,53	0,51	0,51	0,52 A
Pós 1	0,55	0,53	0,51	0,51	0,52 A
Pós 3	0,51	0,48	0,48	0,46	0,48 B
Pós 5	0,49	0,48	0,48	0,45	0,47 B
Média	0,52 a	0,50 ab	0,49 b	0,48 b	
-----10-15-----					
Pré Pastejo	0,52	0,54	0,52	0,54	0,53 A
Pós 1	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51 A
Pós 3	0,47	0,49	0,47	0,46	0,47 B
Pós 5	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46 B
Média	0,49 a	0,50 a	0,49 a	0,49 a	
-----15-20-----					
Pré Pastejo	0,55 Aa	0,53 Aa	0,53 Aa	0,54 Aa	0,54
Pós 1	0,55 Aa	0,49 Bc	0,50 ABbc	0,54 Aab	0,52
Pós 3	0,47 Ba	0,47 Ba	0,47 Ba	0,46 Ba	0,47
Pós 5	0,47 Ba	0,49 Ba	0,49 ABa	0,47 Ba	0,48
Média	0,51	0,49	0,50	0,50	

\*Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05).

## 5 CONCLUSÃO

A produção de forragem não apresentou diferença estatística com relação às intensidades de pastejo sendo que a produção acumulada gira em torno de 10.000 kg ha<sup>-1</sup> de MS, dos quais 55% são folhas.

A camada de 0-5 cm de solo concentra-se 80% das raízes sendo que o pisoteio animal influencia na densidade de raiz.

Os atributos químicos do solo sofreram um aumento significativo com relação aos teores de Potássio e Matéria Orgânica nos tratamentos com intensidade de pastejo de 50 e 70%.

O avanço dos períodos de pastejo e o aumento da intensidade influenciaram as variáveis macroporosidade, porosidade total, Kar, Ksat e densidade do solo nas camadas superficiais do solo (0-5 cm e 5-10 cm) ao ponto de atingir níveis críticos/restritivos para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

A microporosidade foi pouco influenciada pelos períodos de pastejo e tratamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L. & ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:717-723, 2001.

ASSIS, P.C.R.; STONE, L.F.; MEDEIROS, J.C.; MADARI, B.E.; OLIVEIRA, J.M.; WRUCK, F.J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.19, n.4, p.309–316, 2015.

BADE, D. H. Bermudagrass varieties – Tifton 85, Jiggs, World feeder. 2000.

BARDEN, L.; PAVLAKIS, G. Air and water permeability of compacted unsaturated cohesive soil. *European Journal of Soil Science*. v. 22, p. 302-318, 1971.

BAVER, L. D. Practical values from physical analyses of soils. *Soil Sci.*, 68:1-13, 1949.

BENGHOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. *Journal of Soil Science, Oxford*, v.41, p.341-358, 1990.

BEUTLER, A.N. & CENTURION, J.F. Resistência à penetração em Latossolos: Valor limitante à produtividade de arroz de sequeiro. *Ci. Rural*, 34:793-1800, 2004

BITENCOURT, D.; XAVIER, S.S.; BRIZOLA, R.M. A situação atual da pecuária leiteira no Rio Grande do Sul e tendências futuras. In: *NOVOS DESAFIOS PARA A PRODUÇÃO LEITEIRA NO RIOGRANDE DO SUL*, 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.11-24. 2000.

BOHM, W. Methods of studying root systems. New York, Springer-Verlag, 194p. 1979.

BOONE, F.R. & VEEN, B.W. Mechanisms of crop responses to soil compaction. In: *SOANE, B.D. & van OUWERKWRK, C. Soil compaction in crop production*. Amsterdam: Elsevier, p.237-264. 1994.

BONO, J.A.M.; MACEDO, M.C.M.; TORMENA, C.A.T. Qualidade física do solo em um Latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37:743-753, 2013.

BRISKE, D.D. Developmental morphology and physiology of grasses. In: *HEITSCHMIDT, R.K., STUTH, J.W. Grazing management: an ecological perspective*. Portland: Timber Press. p.85-108, 1991.

BUSSCHER, W. J.; BAUSER, P. J.; CAMP, C. R.; SOJKA, R. E. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. *Soil tillage Research*, Amsterdam, V.43, n.2, p.205-217, 1997.

BUSSCHER, W.J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. Transactions of the American Society of Agriculture Engineering, v.3, p.519-524, 1990.

CARVALHO, M. S. S. Desempenho agrônômico e análise de crescimento de capins do gênero *Cynodon* em resposta a frequência de pastejo. 2011. p.95, Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superiora “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CASSEL, D. K.; BOWEN, H. D.; NELSON, L. A.; An evaluation of mechanical impedance for three tillage treatments on Norfolk Loamy Sand. Soil Science Society of America. Journal, Madison, v.42, p.116-120, 1978.

CAVALIERI KMV, SILVA AP, TORMENA CA, LEÃO TP, DEXTER AR, HAKANSSON I. Long-term effects of no-tillage on dynamic soil physical properties in a Rhodic Ferrasol in Parana, Brazil. Soil Till Res;103:158-64. 2009.

COHRON, G. T. Forces causing soil compactation. In: BARKES, K. K.; CARLETON, W. M.; TAYLOR, H. M.; THROCKMORTON, R.; VANDER BERG, G. E. Compaction of agricultural soils. Beltsville, ASAE. P. 106-122. 1972.

COSTA, M. A. T.; TORMENA, C. A.; LUGÃO, S. M. B.; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W. G.; MEDEIROS, F. M. Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36:993-1004, 2012.

CQFS RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre, 2004.

CUNHA, F. F.; RAMOS, M. M.; ALENCAR, C. A. B.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; OLIVEIRA, R. A. Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá, v. 32, n. 2, p. 351-357, 2010.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 4.ed.rev. atual. e ampl. Belém: Ed. do Autor, 216p. 2011.

DORE, R. T. Comparing bermudagrass and bahagrass cultivars at different stages of harvest for dry matter yield and nutrient content. 2006. p.87. Thesis (Magister of Science) – Louisiana State University, Baton Rouge, 2006.

Embrapa Gado de leite, Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01\\_53\\_2172003923\\_9.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_53_2172003923_9.html),

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Solos Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª edição revista e ampliada, Embrapa Brasília, DF 2013.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2ª edição. Centro Nacional de Pesquisa de Solos Rio de Janeiro. 1997.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. Disponível em: <https://www.fao.org.br/>, 2013.

FERREIRA, R.R.M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V.M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, out./dez. 2010.

FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L.C.; CARVALHO, P.C.F.; LEITE, J.G.B. & FRAGA, T.I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. R. Bras. Ci. Solo, 31:771-780, 2007.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A. C.; COSTA, A. R.; OLIVEIRA, G. C.; BALBINO, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de latossolo vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiás, v. 37, n. 1, p. 22-30. 2007.

GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; CECATO, U.; VIEIRA, C. V.; SAPIAS, J. G.; SANCHES, A. C. Produtividade de capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, UAEA/UFCG v.19, n.4, p.317-323, 2015.

GRABLE, A.R. & SIEMER, E.G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 32:180- 186, 1968.

GREENWOOD, K. L.; MCKENZIE, B. M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture, Collingwood, v. 41, n. 8, p. 1231-1250, 2001.

GUEDES FILHO, O.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A. Permeabilidade ao Ar da Cama de Semeadura do Solo em Sistema Semeadura Direta. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 39:841-851, 2015.

GUPTA, S.C.; ALLMARAS, R.R. Models to access the susceptibility of soil to excessive compaction. Adv. Soil Sci., 6:65-100, 1987.

GUBIANI, P.I.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; GELAIN, N.S.; MINELLA, J.P.G. Permeâmetro de carga decrescente associado a programa computacional para a determinação da condutividade hidráulica do solo saturado. R. Bras. Ci. Solo, 34:993-997, 2010.

GUIMARÃES, M. S. Desempenho produtivo, análise de crescimento e características estruturais do dossel de dois capins do gênero *Cynodon* sob duas estratégias de pastejo intermitente. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2012.

HILLEL, D. Environmental soil physics. São Diego, Academic Press, 1998.

HERINGER, I.; CARVALHO, P. C. F. Ajuste de carga animal em experimentos de pastejo: uma nova proposta. Ciências Rural, Santa Maria, v.32, n.4, p. 675-679, 2002.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA/ Pesquisa de Pecuária Municipal e Censo Agropecuário. SIDRA. Disponível em [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br), 2015.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasil, v.35, n.7, p.1493-1500, jun. 2000.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia: Relação solo-água-plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 262p.1979.

KIRBY, J. M. The influence of soil deformations on the permeability to air. European Journal of Soil Science. v. 42, p. 227-235, 1991.

KLEIN, V.A. Física do solo. Passo Fundo: EDIUPF, 212p. 2008.

KROULIK, M.; KUMHALA, F.; HULA, J. & HONZÍK, I. The evaluation of agricultural machines field trafficking intensity for different soil tillage technologies. Soil Tillage Res., 105:171-175, 2009.

KUNZ, M.; GONÇALVES, A. D. M. A.; REICHERT, J. M.; GUIMARÃES, R. M. L.; REINERT, D. J.; RODRIGUES, M. F. Compactação do solo na integração soja-pecuária de leite em Latossolo Argiloso com semeadura direta e escarificação. R. Bras. Ci. Solo, 37:1699-1708, 2013

KUNZ, M.; Relações físico – hídricas de um Latossolo sob plantio direto. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C. & REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 31:1131-1140, 2007.

LANZANOVA, M.E. Atributos físicos do solo em sistemas de culturas sob plantio direto na integração lavoura-pecuária. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 125p. (Tese de Doutorado). 2005.

LEÃO, T. P.; SILVA, A. P.; MACEDO, M. C. M.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V. P. B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campina, v. 28, p. 415-423, 2004.

LIMA, I. M. A.; ARAÚJO, M. C.; BARBOSA, R. S. Avaliação das propriedades físicas do solo em sistemas silvipastoris, região centro-norte, estado do Piauí, Universidade Federal de

Campina Grande (UFCG), Centro de Saúde e Tecnologia Rural – CSTR, Campus de Patos-PB, V.9, n.1, p.117-124, jan-mar, 2013.

LIMA, H.V.; LIMA, C.L.R.; LEÃO, T.P.; COOPER, M.; SILVA, A.P. & ROMERO, R.E. Tráfego de máquinas agrícolas e alterações de bioporos em área sob pomar de laranja. R. Bras. Ci. Solo, 29:677-684, 2005.

LUCAS, N. M. Desempenho Animal em Sistema Silvipastoril com Acácia-Negra (*Acácia mearnsii* De Wild.) e Rendimento de Matéria Seca de Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. Sob Dois Regimes de Luz Solar. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004, 127p. (Tese de Doutorado)

MACEDO, M. C. M. Degradação de Pastagens: Conceitos e Métodos de Recuperação. In: Anais do Simpósio Sustentabilidade da Pecuária de Leite no Brasil. Editado por Vilela, Duarte; Martins, Carlos Eugênio; Bressan, Matheus e Carvalho, Limírio de Almeida. Embrapa Gado de Leite. 1999, p.137-150.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. Sistemas pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. (Eds.) Simpósio Sobre Ecossistemas das Pastagens, 2, 1993. Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP: UNESP, 1993, p.216-245.

MACIEL, G. A. Manejo de pastagem e sua inter-relação com atributos físicos do solo, Tese, UFLA, Lavras, MG, 2006.

MAIXNER, A. R. Gramíneas forrageiras perenes tropicais em sistemas de produção de leite a pasto no noroeste do Rio Grande do Sul. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. Dissertação (Mestrado) Zootecnia- Produção Animal. UFSM, 2006. 73p.

MCQUEEN, D. J.; SHEPHERD, T. G. Physical changes and compaction sensitivity of a fine-textured, poorly drained soil (Typic Endoaquept) under varying durations of cropping, Manawatu Region, New Zealand. Soil Till Res. 25:217-30. 2002.

MENTGES, M. I. Parâmetros de compressibilidade e permeabilidade ao ar de solos sob plantio direto, Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2014.

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. Ciência Rural, v.34, n.3, mai-jun, 2004.

MOREIRA, W. H.; BETIOLI JUNIOR, E.; PETEAN, L. P.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J.; COSTA, M. A. T.; FRANCO, H. H. S. Atributos Físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36:389-400, 2012.

MORAES, A. de. Produtividade animal e dinâmica de uma pastagem de pangola (*Digitaria decumbens* Stent), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e trevo branco (*Trifolium repens* L.) submetida a diferentes pressões de pastejo. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991.



OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R.; OBEID, J.A.; CECON, P.R.; MORAES, S.A.; SILVEIRA, P.R. Rendimento e Valor Nutritivo do Capim-Tifton 85 (*Cynodon* spp.) em Diferentes Idades de Rebrotas. *Rev. bras. zootec.*, 29(6):1949-1960, 2000.

PEDREIRA, C. G. S. Capins do gênero *Cynodon*: histórico e potencial para a pecuária brasileira. In: *Cynodon: Forrageiras que Estão Revolucionando a Pecuária Brasileira*. Vilela, D.; J. C. Resende, J. Lima. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. 250. p.33-58. 2005.

PEDREIRA, C. G. S.; NUSSIO, L. G.; SILVA, S. C.. Condições edafo-climáticas para produção de *Cynodon* spp. In: *Simpósio sobre Manejo da Pastagem*, 15, 1998. Piracicaba. Anais... FEALQ. Piracicaba. p.85-114. 1998.

REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo - protótipos e teste. *Ci. Rural*, 36:1931-1935, 2006.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciências e Ambiente*, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 29-48, 2003.

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

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo : Manole, 1990. 188p.

REZENDE, A. V.; RABÊLO, F. H. S.; RABELO, C. H. S.; LIMA, P. P.; BARBOSA, L. A.; ABUD, M. C.; SOUZA, F. R. C. Características estruturais, produtivas e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Jiggs fertilizados com alguns macronutrientes. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1507-1518, maio/jun. 2015.

RODRIGUES, C. A. G.; GREGO, C. G.; VALLADARES, G. S.; TORRESAN, F. E.; QUARTAROLI, C. F. Fertilidade do solo de pastagens com *Brachiaria* sob diferentes níveis de degradação em Guararapes (SP), XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia. MG, 2012.

RODRIGUES, S.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B.; ROSA, J. A. Permeabilidade ao ar em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, 35:105-114, 2011.

RUPOLLO, C. Z. Produção e qualidade de pastagens perenes de verão e qualidade do solo, no terceiro ano de cultivo. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), IJUÍ, 2013.

SCHNEIDER, P. R.; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J. Influência do pisoteio de bovinos em áreas florestais. *Revista Floresta*, v. 19, n. 1, p. 19-23, 1978.

SOIL SURVEY DIVISION STAFF. Soil survey manual. Soil Conservation Service. U. S. Department of Agriculture Handbook 18. 1993.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, n. 11, p.1135-1139, 2005.

SILVA, V. B.; SILVA, A.P.; DIAS, B. O.; ARAUJO, J. L.; SANTOS, D.; FRANCO, R.P. Decomposição e liberação de N, P e K de esterco bovino e de cama de frango isolados ou misturados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38:1537-1546, 2014.

SILVA, A. P.; LEÃO, T. P.; TORMENA, C. A.; GONÇALVES, A. C. A. Determinação da permeabilidade ao ar em amostras indeformadas de solo pelo método da pressão decrescente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1535-1545, 2009.

SPOHR, R. B. Influência das características físicas do solo nas perdas de água por escoamento superficial no Sul do Brasil e Uruguai. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2007.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.F. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, 174p (Boletim Técnico de Solos, 5). 1995.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. da; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 573-581, out./dez. 1998.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S. & GONÇALVES, A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo Vermelho distrófico sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Sci. Agric.*, 59:795- 801, 2002.

TREVISAN, N. B.; QUADROS, F. L. F.; SILVA, A. C. F.; BANDINELLI, D. G.; MARTINS, C. E. N.; SIMÕES, L. F. C.; MAIXNER, A. R.; PIRES, D. R. F. Comportamento ingestivo de novilhos de pastejo em pastagem de aveia preta e azevém com níveis distintos de folhas verdes. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.5, p.1543-1548, set-out, 2004.

TRINDADE, E. F. S.; VALENTE, M. A.; JÚNIOR, M. M. Propriedades físicas do solo sob diferentes sistemas de manejo da capoeira no nordeste paraense. *Agroecossistemas*, v. 4, n. 1, p. 50-67, 2012.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Land degradation in drylands (LADA): GEF grant request. Nairobi, Kenya, 2004.

VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. *Revista Ceres*, 56(4): 460-472, 2009

Van LIER, Q.J. Oxigenação do sistema radicular: uma abordagem física. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:233-238, 2001.

VENDRAMINI, J.M.B.; ADESOGAN, A.T.; SILVERIA, M.L.A; SOLLENBERGER, L.E.; QUEIROZ, O.C.; ANDERSON, W.E. Nutritive value and fermentation parameters of warm-season grass silage. *The Professional Animal Scientist*, Champaign, v.26, p.193-200, 2010.

VEPRASKAS, M. J. Plant response mechanisms to soil compaction, In: WILKINSON, R. (ed). *Plant environment interactions*. New York: M. Dekker, p.263-287, 1994.

VIANA, J.G.A.; ZEN, B.; KARLEC, F.; SOUZA, R.S. Comportamento dos preços históricos do leite no Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, v. 34, n. 2, p. 451-460, mar./abr., 2010.

VILELA, H. Série Gramíneas Tropicais – Gênero *Cynodon* (Bermuda – Capim). Portal Agronomia. Disponível em:  
<[http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos\\_gramineas\\_tropicais\\_cynodon](http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_gramineas_tropicais_cynodon).

VOMOCIL, J.A. & FLOCKER, W.J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil air and water. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 4:242-246, 1961.

WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I. C.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; Elias Nascentes BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 256-265, Mar. 2012.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. Degradação, recuperação e renovação de pastagens. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Gado de Pestejo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento ISSN 1983-974X Novembro, 2010.

ZOCCAL, R.; ALVES, E. R.; GASQUES, J. G. Diagnóstico da pecuária de leite nacional. Estudo preliminar, Contribuição para o plano pecuário 2012.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A

#### ANÁLISE DE SOLO

Registro	Cx.	Cel	Identificação da amostra	Área (hectares)	Sistema cultivo	Prof. (cm)
8697	B23	36	Campo exp. Palmeira	2	Convencional	0 - 20

Diagnóstico para acidez do solo e calagem

pH em água	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efet.	Saturação (%)		Índice SMP
	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					Al	Bases	
6,4	8,1	4,3	0	2	12,5	0	86,5	6,7

Diagnóstico para macronutrientes e recomendações de adubação NPK-S

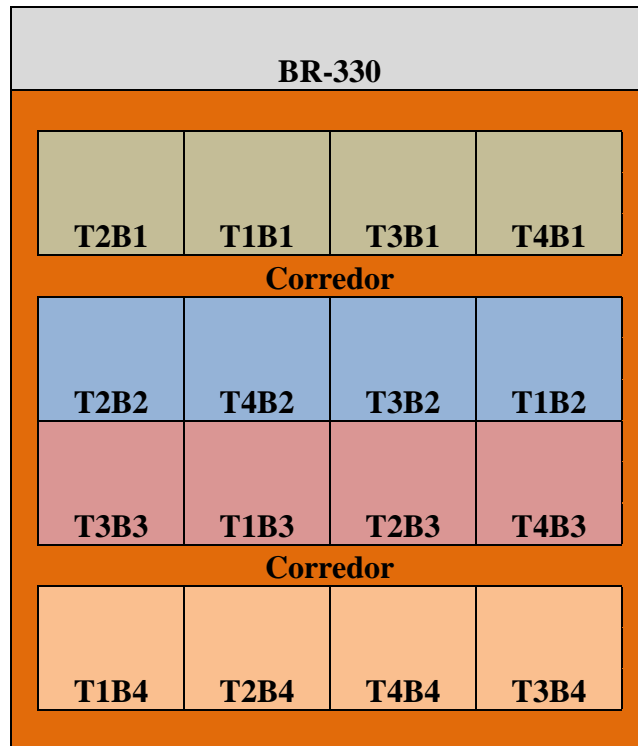
% MO	% Argila	Textura	P-Mehlich	K	CTC pH7	K
m/v				cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		mg/dm <sup>3</sup>
2,3	56	2	13,5	0,133	14,5	52

Relações molares

Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	K/(Ca+Mg) <sup>1/2</sup>
1,9	93,4	0,038

## APÊNDICE B

### CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL



T1: INTENSIDADE 0%

T2: 30%

T3: 50%

T4: 70%