



**ITALO BRAZ GONÇALVES DE LIMA**

**NITROGÊNIO MINERAL OU ORIUNDO DA FIXAÇÃO  
BIOLÓGICA EM PASTAGEM TROPICAL: RESPOSTAS NA  
PRODUTIVIDADE ANIMAL E EMISSÃO DE METANO  
ENTÉRICO**

**LAVRAS – MG  
2018**

**ITALO BRAZ GONÇALVES DE LIMA**

**NITROGÊNIO MINERAL OU ORIUNDO DA FIXAÇÃO BIOLÓGICA EM PASTAGEM  
TROPICAL: RESPOSTAS NA PRODUTIVIDADE ANIMAL E EMISSÃO DE METANO  
ENTÉRICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes – Forragicultura e Pastagens, para obtenção do título de Mestre.

**Orientador**

Profº. Dr. Daniel Rume Casagrande

**LAVRAS – MG**

**2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Lima, Italo Braz Gonçalves de.

Nitrogênio mineral ou oriundo da fixação biológica em  
pastagem tropical: respostas na produtividade animal e emissão de  
metano entérico / Italo Braz Gonçalves de Lima. - 2018.

57 p.

Orientador(a): Daniel Rume Casagrande.

Coorientador(a): Marina de Arruda Camargo Danes.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. *Arachis pintoi*. 2. Intensificação. 3. Pasto consorciado. I.  
Casagrande, Daniel Rume. II. Danes, Marina de Arruda Camargo.  
III. Título.

**ITALO BRAZ GONÇALVES DE LIMA**

**NITROGÊNIO MINERAL OU ORIUNDO DA FIXAÇÃO BIOLÓGICA EM PASTAGEM  
TROPICAL: RESPOSTAS NA PRODUTIVIDADE ANIMAL E EMISSÃO DE METANO  
ENTÉRICO**

**MINERAL NITROGEN OR COMING FROM BIOLOGICAL FIXATION IN TROPICAL  
PASTURE: RESPONSE IN THE ANIMAL PRODUCTIVITY AND ENTERIC  
METHANE EMISSION**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes – Forragicultura e Pastagens, para obtenção do título de Mestre.

APROVADO em, 25 de junho de 2018.

Dra. Fabiana Lana de Araújo UFRB

Dr. Mateus Pies Gionbelli UFLA



Prof. Dr. Daniel Rume Casagrande

**Orientador**

**LAVRAS – MG**

**2018**

***DEDICO***

**Aos meus pais Jucélia Gonçalves de Lima e Braz Sales de Lima**

Pela motivação, amor e conselhos de sabedoria.

**Aos meus irmãos**

**Juliana Lima, Edlon Lima, Icaro Lima e Igor Lima**

Pelas palavras de incentivo.

**Aos Incentivadores**

**Jario Cerqueira Martins (*in memoriam*) e José Nogueira Nunes**

Pelo “empurrão” e apoio.

**Aos meus amigos, colegas e companheiros de estrada**

Por construírem comigo esta vitória.

**Ao NEFOR e a família “Casagrandes”**

Por sempre estarem comigo.

## AGRADECIMENTOS

As coisas que realizamos nunca são tão belas como as que sonhamos, mas as vezes, nos acontecem coisas tão belas que nunca pensávamos em sonhá-las. E aconteceu, nesse momento quero agradecer a Deus pelo dom da vida; aos meus pais: Jucélia Gonçalves e Braz Sales pela criação que foi me dada e pelo exemplo de honestidade e perseverança em que sempre me espelhei. Aos meus incentivadores: Jário Martins (*in memoriam*) e José Nogueira por me encorajarem a enfrentar a nova jornada. Aos meus irmãos, tios, e primos que me acompanharam nessa trajetória. Aos amigos, especialmente aos “Casagrandes”, por sempre estarem ao meu lado em todos os momentos. Aos Mestres: Daniel Casagrande, Carla Ávila, Márcio Lara, Thiago Bernardes e Fabiana Lana pela amizade, conselhos, ensinamentos e confiança. Aos membros da banca Prof<sup>a</sup> Dra. Fabiana Lana Prof<sup>o</sup> Dr. Márcio Machado Ladeira, Prof<sup>o</sup> Dr. Mateus Gionbelli, Prof<sup>o</sup> Dr. Márcio Duarte pela contribuição e disponibilidade. Aos membros do NEFOR no auxílio aos trabalhos desenvolvidos. À Universidade Federal de Lavras em especial aos demais professores e funcionários do Departamento de Zootecnia, que contribuíram de alguma forma com este trabalho. À CAPES, CNPq e FAPEMIG, pela concessão da bolsa de mestrado e apoio à pesquisa. Por fim obrigado a todas as pessoas que contribuíram para meu sucesso e para meu crescimento como pessoa, sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês.

O meu AGRADECIMENTO.

## RESUMO

Na intensificação dos sistemas de produção, a entrada de nitrogênio visa melhorar a produtividade e a otimização dos recursos, tornando o sistema mais eficiente. O nitrogênio (N) advindo da fixação biológica de nitrogênio (FBN) via leguminosas torna-se uma alternativa sustentável nesses sistemas. Dessa forma, objetivou-se avaliar a produtividade animal e as emissões de metano entérico de novilhas Nelore em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubadas ou não com nitrogênio, ou consorciadas com *Arachis pintoii* cv. BRS Mandobi. Um ensaio experimental constituído por 12 piquetes sendo, oito piquetes constituídos exclusivamente com a *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf cv. Marandu, sendo quatro sem entrada de N, quatro adubados com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N e os demais foram consorciados com *Arachis Pintoii* cv. Mandobi. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três tratamentos e quatro repetições, com medidas repetidas no tempo (estações do ano). As variáveis mensuradas foram submetidas à análise de variância para os efeitos fixos utilizando o PROC MIXED do SAS. As médias foram comparadas pelo teste de *Fisher's difference* (LSD) a 10% de probabilidade. No outono, a massa de forragem, massa de forragem verde, massa de folhas, massa de colmo foram maiores no tratamento adubado em relação ao controle e ao consórcio ( $P \leq 0,001$ ). Maior ganho de peso individual e por área foi observado no tratamento adubado em relação ao controle e ao consórcio ( $P = 0,010$  e  $P \leq 0,001$ , respectivamente) devido a melhora na digestibilidade e valor nutritivo da dieta. Observou-se maior ganho por área e taxa de lotação no tratamento adubado ( $P = 0,020$  e  $P = 0,047$  respectivamente) reflexo do aumento da capacidade de suporte proporcionado pela adubação nitrogenada. Nas emissões de metano diária e equivalente por estação não houve diferença entre os tratamentos ( $P = 0,188$  e  $P = 0,189$ , respectivamente). Nas emissões de metano por lotação foi maior no tratamento adubado em relação ao controle, porém não houve diferença do consórcio ( $P = 0,001$ ). Por ser o primeiro ano de implantação da leguminosa, sua contribuição no dossel foi baixa, sendo assim o amendoim forrageiro apresentou melhoras no valor nutritivo da dieta, consumo de proteína bruta, aumento na taxa de lotação, mas não o suficiente para se igualar a adubação nitrogenada, sendo necessários novos estudos em um dossel com mais tempo de estabelecimento. O uso do nitrogênio nas pastagens tem resposta direta na produtividade. A entrada de nitrogênio no sistema permitiu maior produtividade por unidade de área. Nenhum dos sistemas causou redução nas emissões de metano entérico.

**Palavras-chave:** *Arachis pintoii*, Intensificação, Metano entérico, Pasto consorciado

## ABSTRACT

In the intensification of the production systems, the input of nitrogen aims to improve the productivity and the optimization of the resources, making the system more efficient. Nitrogen (N) coming from the biological nitrogen fixation (BNF) through legumes becomes a sustainable alternative in these systems. The study aimed to evaluate the animal productivity and enteric methane emissions of Nellore heifers in pasture of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu fertilized or not with nitrogen, or intercropped with *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi. An experimental trial consisting of 12 paddocks, eight paddocks consisting exclusively of *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf cv. Marandu, four of them without N input, four fertilized with 150 kg ha<sup>-1</sup> of N and the others were intercropped with *Arachis Pintoi* cv. Mandobi. The experimental design was a randomized block, with three treatments and four replicates and with repeated measures over time (seasons). The measured variables were submitted to analysis of variance using PROC MIXED of SAS. The means were compared by the Student t test, at 10% probability. In autumn, forage mass, green forage mass, leaf mass, stem mass was greater in fertilized treatment compared to control and intercropped ( $P \leq 0.001$ ). The individual weight gain and gain per area in fertilized treatment was greater than control and the intercrop ( $P = 0.010$  and  $P \leq 0,001$ , respectively) due to the improvement in the digestibility and nutritive value of the diet. It was observed higher gain per area and stocking rate in fertilized treatment ( $P = 0.020$  and  $P = 0.047$ , respectively), reflecting the increase of the support capacity provided by the nitrogen fertilization. In the daily and equivalent methane emissions per station there was no difference between treatments ( $P = 0.186$  and  $P = 0.189$ , respectively). In the methane emissions by stocking was higher in the fertilized treatment compared to the control, but there was no difference of the intercropped ( $P = 0.001$ ). As it was the first year of legume implantation, its contribution in the canopy was low, so the forage peanut presented improvements in the nutritive value of the diet, crude protein intake, increase in the stocking rate, but not enough to match nitrogen fertilization, being necessary new studies in canopy with more time of establishment. The use of nitrogen in pastures has a direct response in the productivity. The nitrogen input into the system allowed higher productivity per unit of area. Neither system has caused a reduction in enteric methane emissions.

**Keywords:** *Arachis pintoi*, Enteric methane, Intensification, Mixture pasture.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Médias climáticas mensais de Lavras-MG, durante o período experimental .....	20
Figura 2 - Croqui da área experimental – DZO/UFLA.....	22
Figura 3 - Altura do dossel (cm) ao longo do período experimental.....	23
Figura 4 - Teor de fibra em detergente neutro em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoi</i> cv. BRS Mandobi).....	35
Figura 5 - Digestibilidade da fibra em detergente neutro em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoi</i> cv. BRS Mandobi).....	35
Figura 6 - Relação entre proteína bruta e matéria orgânica digestível em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoi</i> cv. BRS Mandobi).....	36
Figura 7 - Consumo de proteína bruta (g.dia <sup>-1</sup> ) em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoi</i> cv. BRS Mandobi).....	40
Figura 8 - Consumo de proteína bruta (g.dia <sup>-1</sup> ) em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoi</i> cv. BRS Mandobi).....	40
Figura 9 - Ganho médio diário em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoi</i> cv. BRS Mandobi).....	44
Figura 10 - Emissões diárias de metano em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoi</i> cv. BRS Mandobi) nas três estações avaliadas.....	45
Figura 11 - Emissões metano equivalente por estação em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoi</i> cv. BRS Mandobi) nas três estações avaliadas.....	45
Figura 12 - Emissões de metano por ganho de peso médio diário em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoi</i> cv. BRS Mandobi) nas três estações avaliadas.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Massa de forragem total, massa de forragem verde e massa de componentes morfológicos em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoii</i> cv. BRS Mandobi) durante as três estações avaliadas.....	31
Tabela 2 -	Descrição da massa de gramínea e leguminosa e a participação da leguminosa no sistema de produção com pasto consorciado de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoii</i> cv. BRS Mandobi durante as três estações avaliadas.....	33
Tabela 3 -	Valor nutritivo da dieta dos animais em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoii</i> cv. BRS Mandobi) durante as três estações avaliadas.....	34
Tabela 4 -	Descrição do valor nutritivo na dieta dos animais no sistema de produção com pasto consorciado de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoii</i> cv. BRS Mandobi durante as três estações avaliadas.....	36
Tabela 5 -	Consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente neutro de diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoii</i> cv. BRS Mandobi) durante as três estações avaliadas.	39
Tabela 6 -	Descrição do consumo de gramínea e leguminosa e a porcentagem de leguminosa consumida pelos animais no sistema de produção com pasto consorciado de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoii</i> cv. BRS Mandobi durante as três estações avaliadas.....	42
Tabela 7 -	Ganho por área e taxa de lotação em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoii</i> cv. BRS Mandobi) durante as três estações avaliadas.....	43
Tabela 8 -	Emissão de metano por consumo de matéria seca e por lotação em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu e <i>Arachis pintoii</i> cv. BRS Mandobi) durante as três estações avaliadas.....	47

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Intensificação com uso de N e seus efeitos na produtividade .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Uso de leguminosas (FBN).....</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Metano entérico.....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Local do experimento.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Tratamentos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3</b>	<b>Avaliações.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Massa de forragem.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Valor nutritivo.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Consumo.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Digestibilidade.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Desempenho animal.....</b>	<b>28</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Emissão de metano entérico dos animais.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Massa de forragem.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>Valor nutritivo e digestibilidade.....</b>	<b>33</b>
<b>4.3</b>	<b>Consumo.....</b>	<b>37</b>
<b>4.4</b>	<b>Desempenho animal.....</b>	<b>43</b>
<b>4.5</b>	<b>Metano entérico.....</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Existe uma preocupação mundial em relação a demanda crescente de alimentos devido ao crescimento da população. Porém, se faz necessário aumentar a produção de alimentos sem a abertura de novas áreas ou mudando o modelo de exploração, reduzindo assim os efeitos negativos da produção como emissão de gases do efeito estufa, a exemplo o metano entérico ( $\text{CH}_4$ ). No mundo, os ruminantes são responsáveis por 25% das emissões de metano  $\text{CH}_4$ , enquanto que no Brasil, esta contribuição pode atingir valores acima de 70% das emissões (MCTI, 2016). Reduções nessas emissões são fundamentais, por meio da realização de estudos que mostrem os impactos que os ruminantes causam no ambiente, especialmente no que se refere na dinâmica planta-animal-solo-clima (BLANCO et al., 2007).

A entrada de nitrogênio mineral no sistema de produção a pasto é uma das principais formas de intensificação, pois promove melhora em termos de produtividade, principalmente pelo fato de que a adubação nitrogenada promove maiores taxas de acúmulo e por consequência impacta no aumento significativo da capacidade de suporte. Porém não é possível observar seu efeito no desempenho animal no que diz respeito ao ganho individual (FAGUNDES et al. 2005; EUCLIDES et al. 2007), proporcionando assim maior ganho por área e conseqüentemente maiores lucros para os produtores. Entretanto, as fontes nitrogenadas são limitadas por serem oriundas de fontes de energia não renováveis e demanda um gasto energético muito elevado na fabricação pois, para cada kg de N como fertilizante produzido no processo industrial de Haber-Bosch há um consumo de 58 MJ além ainda, de emitir quantidades significativas de gases de efeito estufa (8,6 kg de  $\text{CO}_2\text{eq}$ ) (IPCC, 2006).

O aumento na preocupação com a preservação ambiental e os impactos ambientais relacionados a atividade humana na produção de alimento faz com que se busque fontes sustentáveis de produção de alimento. Assim o uso de leguminosas surge como uma alternativa ao uso da adubação nitrogenada devido ao potencial de fixação biológica de nitrogênio (FBN) fornecendo assim uma fonte de N de forma mais lenta e persistente (LIU et al., 2016). O que

permite que a planta absorva de forma gradual evitando assim maiores perdas diferentemente do que acontece com a adubação nitrogenada dentro do sistema solo-planta e com vantagem de ser de baixo custo, trazendo melhorias na qualidade do solo, redução das emissões de gases de efeito estufa e melhora no valor nutritivo da dieta (MUIR et al., 2014). Essa melhora no valor nutritivo resulta principalmente do aumento na digestibilidade e teores de proteína na dieta, que está relacionado a características morfológicas, anatômicas e fisiológicas de leguminosas (C3) em relação a gramíneas (C4).

Além de todas as vantagens citadas acima, o uso do pasto consorciado surge como uma alternativa para intensificação de maneira sustentável com menores impactos ao meio ambiente, tendo em vista que o uso de leguminosas em pastagens afeta a emissão de gases de efeito estufa, dentre eles a produção de metano entérico, principalmente por unidade de consumo (LÜSCHER et al., 2014). Estudos relataram que animais ruminantes alimentados com leguminosas forrageiras emitem menor quantidade de CH<sub>4</sub> em relação à animais alimentados em dietas exclusivas de gramíneas (ARCHIMÈDE et al., 2011; ANDRADE et al., 2016).

Entender o processo de entrada de nitrogênio no sistema e seus efeitos na produção animal se faz necessário, promovendo assim ganhos em produtividade na pecuária e redução nos impactos ambientais. Compreender que o uso de leguminosas surge como uma alternativa sustentável no sistema de produção de bovinos a pasto com melhora no valor nutritivo da dieta.

Dessa forma hipotetizou-se que o uso de fontes de nitrogênio, seja oriundo de fontes minerais ou da fixação biológica, aumenta a produtividade animal e promove a redução das emissões de metano entérico.

Objetivou-se avaliar a produtividade animal e redução de metano entérico de novilhas Nelore em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com ou sem nitrogênio, ou consorciadas com *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Intensificação com uso de N e seus efeitos na produtividade

A pecuária brasileira é sustentada principalmente com a produção de bovinos a pasto, o que torna a carne brasileira competitiva em relação ao mercado mundial por ser produzida com menor custo. Porém as áreas destinadas a pastagens são áreas marginais de fronteiras agrícolas ou de baixa fertilidade ou não agricultáveis tidas assim como áreas vulneráveis (OENEMA et al., 2014). Considerando a extensão territorial do Brasil e as variações no que diz respeito ao clima, índices pluviométricos, temperatura e demais variáveis que atuam diretamente sobre a produção vegetal, tais variações refletem na produtividade das gramíneas de clima tropical que de modo geral são reduzidas quando um ou mais destes fatores tornam-se limitantes.

Apesar da pecuária nacional ter destaque no mundo pelo tamanho do nosso rebanho e dimensão das áreas destinadas a produção, a produtividade no Brasil é baixa em relação a outros países produtores como os Estados Unidos. A lotação média das pastagens brasileiras é aproximadamente 0,81 UA, sendo que as taxas de lotação variam de acordo com a região brasileira avaliada, podendo encontrar níveis mais baixos como 0,73 UA.ha<sup>-1</sup> na região Nordeste a níveis mais elevados de 1,06 UA.ha<sup>-1</sup> na região Sul do Brasil (IBGE, 2006). Diante desse cenário, a produtividade calculada da pecuária de corte é 150 kg de peso corporal.ha<sup>-1</sup> ano (DIAS-FILHO, 2011), o que é considerado muito baixa.

Uma alternativa para melhoria na produtividade brasileira é a utilização de espécies forrageiras com maior potencial produtivo e com a entrada de nitrogênio no sistema por meio da adubação (EUCLIDES et al., 1999). Em pastagens de *Brachiaria* submetidas a quatro níveis de adubação nitrogenada, sendo elas 75, 150, 225 e 300kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em dois anos de experimento observou-se que a adubação nitrogenada não influenciou o ganho de peso individual dos novilhos, mas aumentou na dose de N de 75 para 300kg.ha<sup>-1</sup> a taxa de lotação (TL) de 3,6 para 5,3 e de 3,7 para 5,2 UA.ha<sup>-1</sup> no primeiro e segundo ano, respectivamente e a produção animal por área da

pastagem de 404,2 para 737,9 e de 619,7 para 1008,4 kg.ha<sup>-1</sup> no primeiro e segundo anos, respectivamente (MOREIRA et al., 2011). Além disso, a resposta animal e as relações entre características da pastagem e o desempenho animal em pastos de capim-tanzânia aplicando doses de (N) de 100, 200, 300 e 400 kg.ha<sup>-1</sup> encontrou-se que o número de animais.ha<sup>-1</sup> aumentou linearmente com as aplicações de N. Nas doses de N de 100, 200, 300 e 400 kg.ha<sup>-1</sup>, encontrando um crescimento linear em produtividade sendo de 399 kg de peso corporal.ha<sup>-1</sup> na dose de 100 kg.ha<sup>-1</sup> e 895 kg de peso corporal.ha<sup>-1</sup> na dose de 400 kg.ha<sup>-1</sup> (CANTO et al., 2009).

A melhoria na produtividade está relacionada ao uso da adubação nitrogenada no esbabelecimento, manutenção da pastagem ou após um evento de desfolhação (ALEXANDRINO et al., 2008). O N influencia diretamente as características morfológicas e estruturais das plantas, tais como o tamanho das folhas, taxa de aparecimento foliar, tamanho dos colmos, formação, desenvolvimento e longevidade dos perfilhos (WERNER, 1986; CRUZ e BOVAL, 1999), devido a sua atuação na formação das proteínas, cloroplastos e outros compostos que participam ativamente da fotossíntese, elevando assim a qualidade e produção da forrageira pois, a adubação nitrogenada tem efeito direto no crescimento e rebrotação do dossel forrageiro aumentando a capacidade de suporte das pastagens. Avaliando o acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* Stapf sob as doses de N de 75, 150, 225 e 300 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> foi observado o incremento de produção de matéria seca proporcional às doses de nitrogênio além de maiores valores de taxa de acúmulo forragem (FAGUNDES et al., 2005).

Impactos negativos da adubação nitrogenada estão relacionados ao fato de o N ser um nutriente obtido de fontes energéticas limitadas e finitas e não renováveis, além de demandar um gasto energético muito elevado no processo de fabricação pois, para cada kg de N como fertilizante produzido no processo industrial de Haber–Bosch há um consumo de 58 MJ. Outro fator relacionado ao processo de fabricação diz respeito a emissão de quantidades significativas de gases de efeito estufa de 8,6 kg de CO<sub>2</sub>eq.kg de N<sup>-1</sup> (IPCC, 2006). Com isso, o uso das leguminosas surge como uma alternativa de introdução de N no sistema de forma mais sustentável, persistente e de baixo custo devido a capacidade de FBN.

## 2.2 Uso de leguminosas e a fixação biológica de nitrogênio (FBN)

Atualmente, a sociedade tem exercido forte pressão no sentido de promover mudanças dos modelos de exploração. A preservação dos recursos naturais e da biodiversidade e a mitigação dos impactos relacionados às mudanças climáticas globais, decorrentes das alterações no uso da terra, além da qualidade e segurança dos produtos alimentares, fazem parte da pauta de discussões e ações governamentais (BARCELLOS et al., 2008).

Aumentos em ganho de peso ou produção de leite, seja por animal ou por hectare nas áreas de pastagens no Brasil dependem de melhorias no manejo do sistema solo-planta-animal. Uma grande proporção dessas pastagens, principalmente aquelas de capim-braquiária, geralmente recebem poucos fertilizantes químicos e em consequência, a produtividade é baixa (BODDEY et al., 2016). Frente a essa situação, o aumento da produtividade em pastagens está principalmente ligado ao aporte de N.

Em alternativa ao uso de adubos nitrogenados, têm-se o N advindo da FBN via leguminosas, que pode fornecer uma fonte de N de forma mais lenta e persistente (LIU et al., 2016). As transferências do N pelas leguminosas ocorrem abaixo e acima da superfície do solo, direta ou indiretamente para a planta mais próxima, seja pela exsudação de N na rizosfera das raízes da leguminosa, pela decomposição de raízes e nódulos, pela conexão por micorrizas das raízes da gramínea com as da leguminosa, ou ainda pela ação da fauna do solo sobre raízes e nódulos da leguminosa (CANTARUTTI e BODDEY, 1997). Já a transferência de N na superfície do solo, ocorrerá pela decomposição da serrapilheira de folhas e na superfície pela lixiviação de compostos nitrogenados do dossel da pastagem passíveis de absorção pela gramínea (BARCELLOS et al., 2008).

Uma forma mais rápida de retorno do N ao sistema comparada à via serrapilheira é pelas excretas (fezes e urina) dos animais em pastejo. Cerca de 75 a 95 % do N ingerido pelo animal, retorna à superfície do solo como excreta, sendo que 50 a 80 % dessa excreção é via urina (BARCELLOS et al., 2008). A maior parte do N ingerido pelo animal é excretado na forma de



fezes e urina, permanecendo uma pequena porção desse N ingerido no corpo do animal saindo do sistema em forma de produto (HAYNES; WILLIAMS, 1993) e um dos aspectos determinantes no impacto da excreção animal na ciclagem de nutrientes é a sua distribuição no campo.

O aumento na produtividade pela inclusão da leguminosa no dossel está relacionado a sua capacidade de FBN e seu potencial de reciclagem de nutrientes. Segundo Barcelos e Vilela (1994) a capacidade de fornecimento de N pelas leguminosas variam de 40 a 290 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, porém de um modo geral entre a maioria das leguminosas esse potencial gira em torno de 70 a 140 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. A maior entrada e conseqüentemente maior estoque de N na serrapilheira ocorre quando há baixa intensidade de pastejo, ou seja, promovendo maior material senescente, mas isso só é possível em sistemas de pastejo onde a eficiência e uso da forragem não é elevada (30-40 %). E vale destacar que a excreção de N via urina será aumentada quanto maior for o valor nutritivo da forragem (LEDGARD; STEELE, 1992) com isso, a inclusão da leguminosa melhora o valor nutritivo da dieta e por conseqüência aumenta o N excretado.

Trabalhos mostram que existe uma grande variação nas taxas de lotação em pastagens consorciadas e essas diferenças são devido a variação entre espécie utilizada, condições de clima, solo e manejo empregado, sendo assim é possível observar taxas bastante variáveis, desde 0,3 até 2,25 UA unidade animal.

O N advindo da FBN dá suporte à produtividade de forragem e amplia a vida útil da pastagem. Leguminosas bem adaptadas e estabelecidas nos dosséis, persistem e são compatíveis em consórcio com gramínea, podendo ainda diminuir a estacionalidade da produção de forragem verificada em pastos exclusivos de gramíneas (BARCELLOS et al., 2008).

É importante salientar que se faz necessário um equilíbrio nessa associação e essa depende do grau de compatibilidade entre as espécies forrageiras a serem utilizadas. O crescimento das plantas forrageiras e a competição que se estabelece entre elas por água, nutrientes e luz determinam sua produtividade e persistência (MALDONADO et al., 1995). O desafio do uso de leguminosas está nas respostas com o passar dos anos após implantação.

Respostas com uso do consórcio são esperadas com maior capacidade de fixação biológica e por conseqüência seus efeitos na produtividade e redução nas emissões de metano entérico, isso só é possível com um dossel estabelecido de forma correta.

### 2.3 Metano entérico

Os gases de efeito estufa (GEE's) estão presentes naturalmente na atmosfera e tem a função de bloquear parte da radiação infravermelha que chega a terra por meio dos raios solares. Muitos deles, como vapor d'água, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e ozônio (O<sub>3</sub>), são essenciais para a manutenção da vida no planeta, desde que em níveis aceitáveis (BRASIL, 2016). Desses, a agropecuária contribui com a emissão de dois deles: metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (IPCC, 2006; PEREIRA et al., 2013; CARDOSO et al., 2016).

O setor da agropecuário é o maior responsável pelas emissões entrópicas de CH<sub>4</sub> podendo atingir valores acima de 70 % das emissões, sendo que desse total 89,9 % das emissões de CH<sub>4</sub> é advinda da fermentação entérica (eructação) de ruminantes, quase todo referente a bovinos com uma emissão de metano que varia de 39,1 a 109,5 kg.ano<sup>-1</sup>.

A mitigação dos GEE's tem sido destaque nas discussões em todo o mundo e busca-se cada vez mais estratégias para reduzir essas emissões, além da melhora na eficiência animal (MACHADO et al., 2011; MEKURIAW et al., 2014). Os ruminantes representam uma das poucas fontes emissoras de CH<sub>4</sub> que tem o potencial de ser manipulada, pois a produção de metano por bovinos está ligada a nutrição que afeta a fermentação ruminal, na qual relaciona-se diretamente ao tipo de animal, ao consumo e à digestibilidade do alimento (RIVERA et al., 2010). Nos sistemas de produção de bovinos a pasto, o nível de consumo, qualidade da forragem disponível e a digestibilidade da massa ingerida são fatores determinantes para a produção de metano entérico pelos animais (COTTLE et al., 2011).

A mitigação do CH<sub>4</sub> em ruminantes é possível por meio de várias estratégias como o aumento da qualidade da forragem fornecida, o uso de concentrados e de aditivos como os ionóforos e leveduras que melhoram a digestibilidade da dieta e a eficiência do metabolismo energético devido principalmente a mudanças na microbiota ruminal e no perfil fermentativo (JOHNSON; JOHNSON, 1995; MEKURIAW et al., 2014)

Estudos sugerem que uma das formas iniciais de reduzir as emissões de metano por bovinos é o aumento na produtividade. Segundo Zen et al. (2008) essa simples mudança reduz em 10% a emissão de metano por quilo de carne produzida. Assim é de fundamental importância a intensificação do sistema no que se diz respeito a redução das emissões de metano por unidade de produto. Recentes trabalhos buscam mostrar como a intensificação tem impacto direto na redução das emissões de GEE's. Cardoso et al. (2016) investigaram o impacto do aumento da produtividade animal usando fertilizantes, leguminosas forrageiras, suplementos e concentrados sobre as emissões de GEE's. Avaliando cinco cenários e constatou-se que dentre outros resultados, que o aumento da digestibilidade da forragem consumida promoveu uma redução na ingestão por unidade de ganho de peso e uma redução nas emissões de CH<sub>4</sub>. Assim como Primavesi et al. (2004), avaliando produção de metano entérico em novilhas mestiças leiteiras mantidas em pastagem de capim-marandu, sem adubação e em vacas secas mantidas em pastagem de capim Tobiatã, adubado no verão, encontraram que novilhas ingerindo pastagem adubada emitiram de 45 a 58 g.kg<sup>-1</sup> vs. 58 a 62 g.kg<sup>-1</sup> em novilhas em pastagem sem adubo.

O uso de leguminosas pode ser uma estratégia para reduzir as emissões de CH<sub>4</sub> por ruminantes devido justamente a melhora no valor nutritivo da dieta (ARCHIMÈDE et al., 2011). Devido ao fato de que a constituição da parede celular das plantas forrageiras e sua relação com o conteúdo celular são os principais fatores envolvidos na produção de metano (PEDREIRA et al. 2009). Uma melhor relação entre parede celular e conteúdo celular pode ser observada em leguminosas (C3) diferentemente das gramíneas (C4) que possuem maiores proporções de fibra promovendo assim uma fermentação acética, com maior produção de metano (g.dia<sup>-1</sup>). Ainda segundo Alan (2008), a redução de CH<sub>4</sub> pode ser atribuída à menor proporção de carboidratos estruturais em leguminosas e uma taxa de passagem mais rápida que altera o padrão de fermentação para uma maior produção de propionato. Ao comparar efeitos de gramíneas C4 e C3 e leguminosas climáticas quentes e frias sobre a produção de CH<sub>4</sub> por ruminantes. Archimède et al. (2011) observaram que os ruminantes alimentados com gramíneas C4 produziram 17 % mais de CH<sub>4</sub> em comparação com aqueles alimentados com gramíneas C3 e que animais alimentados com leguminosas de clima tropical emitiram 20 % menos CH<sub>4</sub> em relação aos alimentados com gramíneas C4. Além disso Primavesi et al. (2004) encontrou resultados mostrando que a emissão

de CH<sub>4</sub> por bovinos leiteiros ingerindo gramíneas tropicais é superior à emissão por bovinos ingerindo gramíneas de clima temperado.

Sendo assim, é possível obter uma resposta rápida e satisfatória com uma simples mudança no modelo de criação, otimizando o uso de recursos como fertilizantes e corretivos que muitas vezes não são utilizados, devido ao fato de que muitos produtores não consideram a pastagem como uma cultura tornando o sistema mais produtivo e sustentável e ainda a inclusão de leguminosa no sistema surge como uma alternativa a fontes nitrogenadas ao sistema, além da melhoria na dieta tanto na produtividade como na redução das emissões de CH<sub>4</sub>.

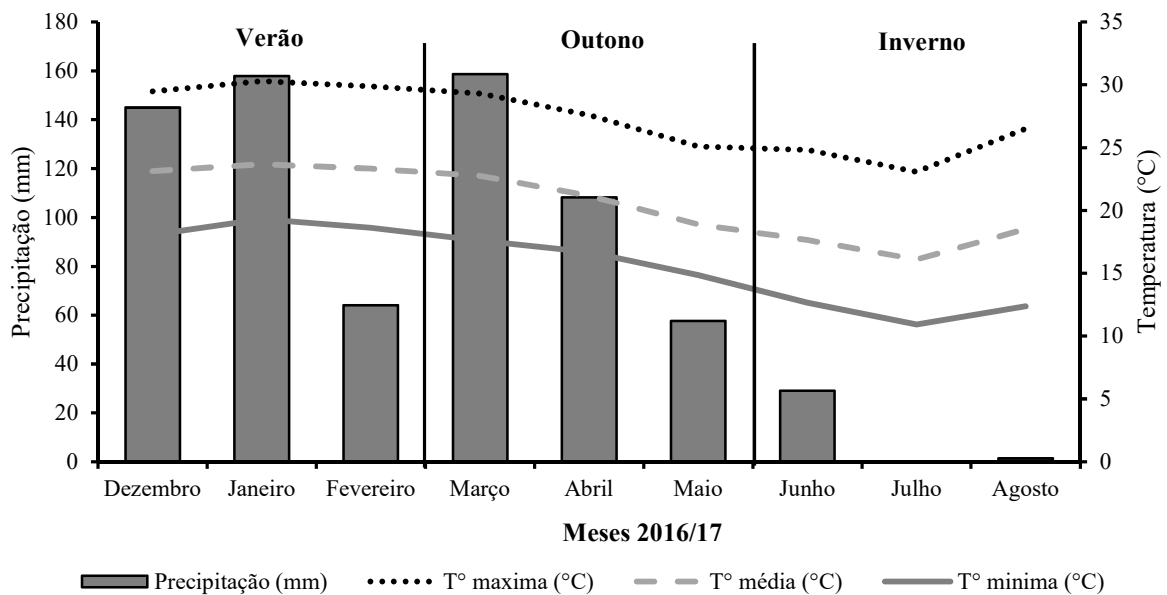
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais desse estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética e Bem-Estar Animal da Universidade Federal de Lavras. E declara que é parte do protocolo número 064/2015.

#### 3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras UFLA, em Lavras, MG, localizada a 21°14'06'' de latitude sul, 44°58'06'' de longitude oeste e 918 metros de altitude. O clima é mesotérmico úmido subtropical de inverno seco (classificação climática de Köppen-Geiger: Cwa (SÁ JÚNIOR et al., 2002)). Os dados climáticos da região foram obtidos por meio de estação meteorológica, distante 1000 m da área experimental (Figura 1). O período experimental foi de 9 meses (dezembro de 2016 a agosto de 2017) dividido em três estações considerando de dezembro a março (verão), de março a junho (outono) e de junho a agosto (inverno).

Figura 1 – Médias climáticas mensais de Lavras-MG, durante o período experimental.



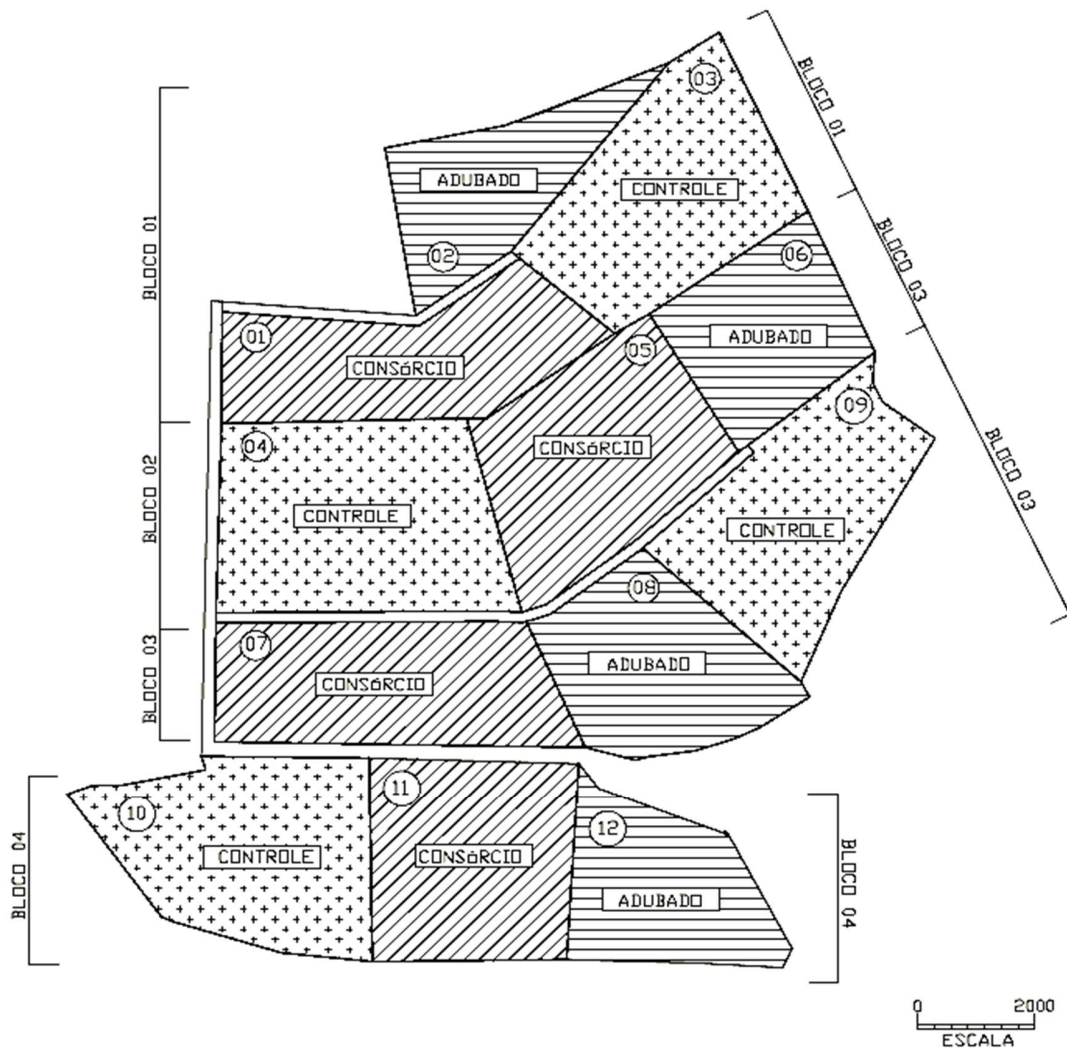
A implantação da área experimental foi em novembro de 2014. Inicialmente realizou-se a calagem com uso do calcário dolomítico  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  sendo que após 30 dias aplicou-se superfosfato simples ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) juntamente com o estabelecimento da pastagem que foi realizado em dezembro de 2014 com  $12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de sementes puras viáveis de *B. brizantha* cv. Marandu realizada a lanço. Em dezembro de 2015, 12 meses após o estabelecimento da gramínea foi implantado a leguminosa em quatro piquetes. A semeadura da leguminosa foi com  $10 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de sementes de *Arachis pintoi* (Amendoim forrageiro) cv. BRS Mandobi por meio de semeadora de plantio direto, realizando o plantio em linhas. As adubações de manutenção foram realizadas no início do período experimental em dezembro de 2016 aplicando  $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de cloreto de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ).

A área experimental foi dividida em 12 piquetes com uso de cerca elétrica. Cada piquete continha água *ad libitum* e cocho para fornecimento de suplemento mineral.

### 3.2 Tratamentos

Foram avaliados três sistemas de produção (**SP**) (Figura 2): i) Controle (**C**), monocultivo de capim-marandu sem receber adubação nitrogenada; ii) Adubado (**AD**), monocultivo capim-marandu adubado com  $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  de N (Ureia; 45% de N, dividida em três aplicações de  $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  realizadas em dezembro, fevereiro e abril; iii) Consórcio (**CO**), pasto misto de capim-marandu com amendoim forrageiro, sem a aplicação de fertilizante nitrogenado.

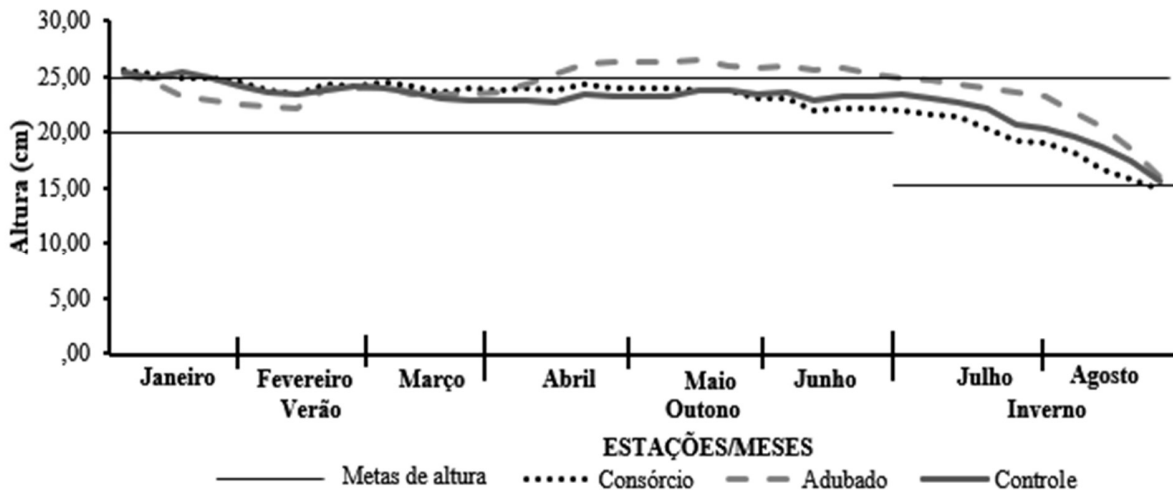
Figura 2 – Croqui da área experimental – DZO/UFLA



Os tratamentos C, CO e AD foram alocados nos piquetes com área de 1,3, 1,0 e 0,7 ha, respectivamente, considerando a expectativa de maior lotação alcançada com a aplicação dos tratamentos. Para que tivessem o número mais próximo possível de animais, em cada piquete evitando assim efeito de grupo. Todos os tratamentos foram manejados com método de lotação contínua com taxa de lotação variável (ALLEN et al., 2011). O critério para ajuste da lotação foi a manutenção da altura do dossel entre 20 a 25 cm. No inverno os piquetes foram manejados até atingirem altura limite de 15 cm para saída de todos os animais. A altura do dossel foi monitorada semanalmente com “*sward stick*” (BARTHAM, 1985) medindo 100 pontos em cada unidade experimental.

No final do inverno, houve redução da altura dossel o que acarretou com término do período experimental em agosto (Figura 3).

Figura 3 – Altura do dossel (cm) ao longo do período experimental



Para o pastejo foram utilizados em cada unidade experimental duas novilhas da raça Nelore, com peso corporal inicial de  $214 \pm 17$  kg e idade de  $12 \pm 1,3$  meses. Além dos dois animais testes por unidade experimental, quando necessário para ajuste da taxa de lotação em função da altura do dossel foram acrescentados ou retirados animais de equilíbrio dos respectivos piquetes. Os animais de equilíbrio foram do mesmo grupo de animais teste. Quando os animais de equilíbrio não foram utilizados nas unidades experimentais, permaneceram em pastagem reserva de capim-marandu, com área 3,0 ha.

### 3.3 Avaliações

#### 3.3.1 Massa de forragem

A massa de forragem foi amostrada usando 6 molduras de 1,0 x 0,5 m a cada 28 dias. Após a colheita da forragem, foram realizadas separações botânicas e morfológicas. As amostras de gramínea e leguminosas foram separadas em colmo (colmo + bainha), folha (lâmina da folha) e



material morto. As amostras de forragem foram secas em estufa de circulação forçada a 55 °C durante 72 h. A massa de forragem total foi a massa de gramínea acrescido da leguminosa quando existente. A massa total verde foi a massa total sem material morto.

### 3.3.2 Valor nutritivo

O valor nutritivo da dieta dos animais foi analisado em amostras do pastejo simulado (“*hand plucking*”), realizada a cada 28 dias. A avaliação foi feita por uma equipe de três avaliadores que observaram o comportamento do animal em pastejo por 15 a 20 minutos e foi colhida amostra representativa da ingestão dos animais.

Após a colheita as amostras foram identificadas, levadas ao laboratório e separados os componentes botânicos e morfológicos de cada espécie. Nos pastos consorciados as amostras separadas de gramínea e leguminosa. Na sequência, as diferentes frações foram pesadas e secas em estufa com circulação de ar a 55 °C por 72 horas e pesadas novamente. Após obter as proporções das respectivas frações, realizou-se amostra composta por unidade experimental obtendo assim uma amostra média representativa de cada estação, as quais foram processadas em moinho do tipo *Willey*, com peneira de 1 e 2 mm, dependendo da finalidade de uso da amostra (análise bromatológica ou incubação ruminal, respectivamente). A matéria seca de cada amostra foi obtida por secagem em estufa a 105 °C durante 16 horas (método 934.01, AOAC, 2000). O teor de cinzas foi determinado pelo processo de incineração de 4 h em um forno de mufla de 600 °C (método 942.05; AOAC, 2000). O teor de proteína bruta (PB) foi obtido com base no teor de N pelo procedimento Kjeldahl (método 920.87, AOAC, 2000). A fibra de detergente neutro (FDN) foi determinada por método da autoclave 40 minutos em à pressão de 1,1 kg.cm<sup>-2</sup> e 110 °C (SENGER et al., 2008).

### 3.3.3 Consumo

O consumo foi calculado utilizando as estimativas da produção fecal com a técnica de marcador externo de óxido de titânio e o uso de um marcador interno, medida por meio da avaliação de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi). Foi fornecido 10 gramas.dia<sup>-1</sup> do indicador dióxido de titânio em cápsulas de papel por 11 dias por via oral com auxílio de aplicador, sendo

seis dias de adaptação e cinco de coleta de fezes. As fezes foram coletadas diretamente no reto no tronco, sendo todas entre 11h00 e 13h00 durante o período de avaliação. As fezes frescas excretadas foram secas em estufa de circulação forçada de ar 55 °C durante 72 horas ou até atingir peso constante para secagem das fezes. Posteriormente, foram moídas em moinho tipo *Willey* em peneira de 1 ou 2 mm, dependendo da finalidade de uso da amostra (análise bromatológica ou incubação ruminal, respectivamente). As amostras fecais foram avaliadas quanto a concentração de dióxido de titânio utilizando espectroscopia de absorção colorimétrica descrita por Titgemeyer et al. (2001). E utilizado para estimar a produção fecal (MYERS; ROBBINS, 1991) nas três estações ano.

A FDNi foi determinada por meio da incubação no rúmen (*in situ*) por 288 horas das amostras compostas moídas a 2 mm de pastejo simulado e fezes (HUHTANEN; et al., 1994) utilizando sacos de TNT, com 0,8 g de MS de amostra. Após a retirada dos sacos do rúmen, os mesmos foram lavados com água corrente até total clareamento e imediatamente transferidos para estufa de ventilação forçada (55 °C), onde foram mantidos por 72 horas. Posteriormente, para obtenção da FDNi os sacos foram tratados com solução de detergente neutro (MERTENS, 2002) por 40 minutos em autoclave à pressão de 1,1 kg.cm<sup>-2</sup> e 110 °C (SENGER et al., 2008). Em seguida foram lavados com água quente e acetona para retirada do detergente e secos em estufa a 105 °C por 12 horas e acondicionados em dessecador para pesagem.

O consumo de forragem, gramínea e leguminosas totais foram estimados por meio da proporção de isótopos naturais <sup>12</sup>C e <sup>13</sup>C nas fezes (LOPES DE SÁ, 2017) onde essas mostras foram submetidas a uma moagem ainda mais fina (pulverização) em moinho de rolos similar ao descrito por Arnold e Schepers (2004) na qual as mesmas foram pesados cerca de 2,00 mg de cada sub-amostra utilizando-se uma balança de cinco casas decimais (modelo AG 245, Mettler Toledo). As sub-amostras foram pesadas e embrulhadas em cápsulas de estanho e armazenadas em placa tipo Elisa, identificadas em formulário próprio e levadas para análises de relação delta <sup>12</sup>C e <sup>13</sup>C em espectrômetro de massas de razão isotópica modelo Delta V Advantage, da marca Thermo,

acoplado a um analisador elementar automático de C e N localizados no Laboratório John M. Day de Isótopos Estáveis da Embrapa Agrobiologia.

A produção fecal (PF) (kg MS.dia<sup>-1</sup>) foi estimada, baseando-se na razão entre a quantidade do indicador administrado ao animal e sua concentração nas fezes:

$$PF = \frac{\text{indicador ingerido (g/dia)}}{\text{Concentração de indicador nas fezes (g/dia MS)}}$$

Por meio da produção total de fezes, sabe-se a quantidade da fração indigestível excretada diariamente. Sendo assim, é possível estimar quanto foi consumido pela excreção diária de FDNi de gramínea ou leguminosa. Em seguida, com o valor da FDNi da forragem (pastejo simulado), obteve-se o valor estimado de consumo de forragem.

O consumo de matéria seca (CMS) de forragem nos tratamentos controle e adubado foram calculadas utilizando a seguinte equação:

$$CMS (g/dia) = \frac{PF * \%FDNi \text{ das fezes}}{\%FDNi \text{ simulado}}$$

Para determinação do consumo nos pastos consorciados, foi levado em consideração a proporção que cada uma na composição da dieta determinada pela técnica de <sup>13</sup>C. para o cálculo do consumo foi necessário determinar a proporção de C nas fezes (% C<sub>Leg</sub>) advindos da leguminosa, calculado a partir da equação (COATES et al., 1987):

$$\%C_{leg} = 100. (\delta^{13}C_G - \delta^{13}C_S) / (\delta^{13}C_G - \delta^{13}C_L)$$

Sendo,  $\delta^{13}C_G$ ,  $\delta^{13}C_L$  e  $\delta^{13}C_S$  os valores da abundância de <sup>13</sup>C das fezes coletadas de animais alimentados com gramínea pura (G), leguminosa pura (L) e a dieta sendo amostrada (S), respectivamente.

Após a determinação da porcentagem de leguminosa na dieta dos animais o consumo de gramínea ou leguminosa (g.dia<sup>-1</sup>) foi calculada usando a seguinte fórmula:

$$CMS_{L \text{ ou } G} (g/dia) = \frac{PF * (FDNi \text{ das fezes } \% \text{ de } L \text{ ou } G)}{\% FDNi \text{ de } L \text{ ou } G \text{ do pastejo simulado}}$$

Para determinar o consumo de matéria seca dos animais que consumiram pastagem consorciado soma-se os valores de consumo de cada componente obtido com a fórmula acima e aplica a seguinte fórmula:

$$CMS (g/dia) = CMS_L + CMS_G$$

### 3.3.3 Digestibilidade

Para determinar a digestibilidade dos nutrientes utilizou-se a metodologia da digestibilidade aparente (SCHNEIDER; FLATT, 1975) com as amostras de pastejo simulado. Sendo uma amostra composta por unidade experimental obtendo assim uma amostra média representativa de cada estação. Para as fezes dos animais foram realizadas uma amostra composta por animal e por unidade experimental em cada estação. As amostras de pastejo simulado e de fezes foram analisadas para teor de matéria seca por meio de secagem em estufa a 105 °C durante 16 horas (método 934.01, AOAC, 2000). O teor de cinzas foi determinado pelo processo de incineração de 4 h em um forno de mufla de 600 °C (método 942.05; AOAC, 2000). O teor PB foi obtido com base no teor de N pelo procedimento Kjeldahl (método 920.87, AOAC, 2000). A fibra de detergente neutro (FDN) foi determinada por método de autoclave a 105 ° C durante 40 min (SENGER et al., 2008).

Para determinação do coeficiente de digestibilidade (CD) da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, utilizou-se a equação descrita por Schneider e Flatt (1975):

$$CD = \frac{(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado})}{\text{nutriente ingerido}} \times 100$$

Com os resultados das análises de proteína bruta, matéria orgânica e fibra em detergente neutro das fezes e do pastejo simulado, foram calculados a digestibilidade da FDN, relação proteína bruta.matéria orgânica digestível<sup>-1</sup>, porcentagem de matéria seca e orgânica digestível, matéria orgânica em kg.dia<sup>-1</sup> e matéria orgânica por porcentagem de peso corporal.

### 3.3.4 Desempenho animal

A pesagem dos animais foi realizada a cada 28 dias, com isso foi estimado o ganho médio diário (GMD) por meio de regressão linear em cada estação. O GMD correspondeu ao coeficiente angular da equação criada com as respectivas pesagens dentro de cada estação. A taxa de lotação foi medida pelo somatório de animais pastejando por dia em cada piquete, dividido pelo número de dias do período e pela área de cada piquete. A taxa de lotação foi expressa em UA. O ganho por área foi calculado pela multiplicação do ganho médio diário pelo número de dias animais por hectare em cada estação.

### 3.3.5 Emissão de metano entérico dos animais

Nos períodos em que foi avaliado o consumo de forragem, foi estimada a emissão de metano entérico dos animais em pastejo. Os animais foram submetidos a um período de 15 dias de adaptação ao uso do cabresto e a canga coletora, antes de iniciar as coletas, com a finalidade de evitar alterações induzidas pelo estresse. A técnica empregada para a mensuração de CH<sub>4</sub> foi aquela denominada técnica do traçador interno SF<sub>6</sub> (JOHNSON; JOHRSON, 1995). Para tanto, foi utilizado uma canga coletora-armazenadora em tubo de PVC de 60 mm de classe 20, tendo pressão interna próxima de zero atmosfera, calibrada para atingir 50 % da pressão atmosférica no final do período de coleta, mediante tubo capilar de aço inoxidável com 0,127 mm de diâmetro interno preso a um cabresto.

A calibração foi determinada pelo comprimento do tubo capilar. A canga foi conectada ao tubo capilar por meio de engate rápido. Após a adaptação dos animais ao aparato de amostragem, as coletas de gases ruminais foram realizadas ao longo de cinco dias consecutivos em intervalos de 24 horas ou com a obtenção de cinco coletas perfeitas de cada animal. As concentrações de CH<sub>4</sub> e SF<sub>6</sub> foram determinadas em cromatografia gasosa (HP6890) instalado no laboratório EMBRAPA Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP. O cromatógrafo é equipado com detector de ionização de chama (FID) e coluna megabore (0,53m, 30 m) Plot HP-Al/M (para CH<sub>4</sub>) e detector de captura de elétrons ( $\mu$ -ECD) e coluna megabore HP-MolSiv (para SF<sub>6</sub>), com dois loops de 0,5 cm<sup>3</sup> acoplados a duas válvulas de seis vias. A pressurização das cangas até atingir uma pressão aproximada de 1,2 atm foi realizada com N S5.0, com as leituras de pressão feitas em medidor digital ( $\pm 0,01$ ). As

curvas de calibração foram estabelecidas utilizando-se padrões de gases certificados pela White Martins (Praxair), com concentração em ppt ( $34 \pm 9$ ,  $91 \pm 9$  e  $978 \pm 98$  ppt) para SF<sub>6</sub> e em ppm (4,85 e 20 ppm) para CH<sub>4</sub>, conforme Westberg et al. (1998). O fluxo de CH<sub>4</sub> liberado pelo animal é calculado em relação ao fluxo de SF<sub>6</sub>, correlacionando os resultados à taxa conhecida de liberação do traçador no rúmen (WESTBERG et al., 1998). Com os dados de emissão foi calculada a emissão potencial de CH<sub>4</sub> em gramas por dia. Ao se determinar os valores de emissão diária e multiplicado pelos dias de duração de cada estação calcula-se a emissão equivalente para cada estação avaliada. Fazendo a relação da emissão diária com a ingestão de matéria seca diária chegou-se aos dados de quilograma por consumo de matéria seca. Ao relacionar os dados de emissão diária de metano com os dados de ganho médio diário calculou-se o metano por ganho médio diário. Por fim ao relacionar os dados de emissão diária com os dados de taxa de lotação calculou-se a emissão de metano por lotação.

### 3.4 Análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com três tratamentos (Sistemas de produção) e quatro repetições (piquetes), com medidas repetidas no tempo (estações do ano). Os dados foram analisados usando modelos lineares mistos (LITTELL et al., 2000), realizado pelo procedimento MIXED do programa SAS 9.0. Os efeitos do sistema de produção e das estações foram considerados fixos e o efeito de blocos como aleatório. O critério de informação de Akaike (AIC) foi utilizado para escolher a melhor estrutura de covariância (AKAIKE, 1974). Todos os componentes de variância foram estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita. As médias do tratamento foram estimadas usando a instrução LSMEANS e comparadas usando o teste *Fisher's difference* (LSD) com  $P \leq 0,10$ . O modelo estatístico para análise de dados foi o seguinte:

$$y_{ijk} = \mu + B_i + SP_j + \varepsilon_{ij} + E_k + (SP*E)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

$y_{ijk}$  é o valor observado no  $i$ -ésimo bloco, da  $j$ -ésima sistema de produção, do  $k$ -ésimo período avaliado;

$\mu$  é a média geral;

$B_i$  é o efeito aleatório associado ao  $i$ -ésimo bloco,  $i = 1,2,3,4$ ;

$SP_j$  é o efeito fixo associado a  $j$ -ésima sistema de pastejo,  $j = 1,2,3$ ;

$\varepsilon_{ij}$  é o erro aleatório associado ao  $i$ -ésimo bloco no  $j$ -ésimo tratamento.

$E_k$  é o efeito fixo associado a  $k$ -ésima período avaliado,  $k = 1,2,3$ ;

$(SP^*E)_{jk}$  é o efeito da interação do  $j$ -ésimo sistema de pastejo com a  $k$ -ésima período avaliado;

$\varepsilon_{ijk}$  é o erro aleatório associado ao  $i$ -ésimo bloco na  $j$ -ésima sistema de pastejo com o  $k$ -ésimo período de avaliado (erro residual).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Massa de forragem e componentes morfológicos

A massa de forragem ( $P \leq 0,001$ ), massa de forragem verde ( $P \leq 0,001$ ), massa de folha ( $P \leq 0,01$ ), massa de colmo ( $P \leq 0,001$ ) e material morto ( $P \leq 0,001$ ) foram influenciadas pela interação entre SP x E (Tabela 1).

Tabela 1 - Massa de forragem total, massa de forragem verde e massa de componentes morfológicos em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoii* cv. BRS Mandobi) durante as três estações avaliadas.

Estação	Sistemas de Produção (SP)			EPM	Valor de P		
	Controle	Adubado	Consórcio		SP	E	SP*E
----- Massa de forragem total (kg de MS.ha <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	7733 Ca	7785 Ca	8618 Ba				
<b>Outono</b>	10433 Ab	12497Aa	9447 Ab	765	0,030	≤0,01	≤0,001
<b>Inverno</b>	8697 Bb	10288 Ba	7310 Cc				
----- Massa verde (kg de MS.ha <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	3721 Bb	4952 Ba	5202 Aa				
<b>Outono</b>	4483 Ab	7577 Aa	4764 Ab	400	≤0,001	≤0,001	≤0,001
<b>Inverno</b>	2470 Cb	3983 Ca	2413 Bc				
----- Massa de folha (kg de MS.ha <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	1637 Ab	2313 Ba	2260 Aa				
<b>Outono</b>	1811 Ab	3236 Aa	1729 Bb	172	≤0,001	≤0,001	≤0,001
<b>Inverno</b>	784 Bb	1336 Ca	652 Cb				
----- Massa de colmo (kg de MS.ha <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	2085 Bb	2639 Bab	2942 Aa				
<b>Outono</b>	2672 Ab	4341 Aa	3035 Ab	251	≤0,001	≤0,001	≤0,001
<b>Inverno</b>	1685 Cb	2647 Ba	1761 Bb				
----- Massa de material morto (kg de MS.ha <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	4012 Ba	2833 Cb	3415 Bab				
<b>Outono</b>	5949 Aa	4920 Bab	4684 Ab	444	≤0,001	≤0,001	≤0,001
<b>Inverno</b>	6227 Aa	6305 Aa	4896 Ab				

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste *fisher's difference* ( $P \leq 0,10$ ). EPM: Erro padrão da média; SP: sistema de pastejo; E: estações do ano.



No verão a massa de forragem não variou em função dos tratamentos. Entretanto a massa de forragem verde, massa de folhas e massa de colmos foram maiores nos tratamentos adubado e consórcio comparativamente ao tratamento controle com um incremento médio de 30 %. A massa de material morto foi maior nos tratamentos controle em relação ao adubado, mas não diferiram entre si do consórcio. Sendo que entre o tratamento adubado em relação ao consórcio a diferença foi de 17,0 % a diferença entre consórcio e controle foi de 14,8 % e entre o tratamento adubado e controle uma diferença de 29,3 %.

No outono, a massa de forragem, massa de forragem verde, massa de folhas e massa de colmo foram maiores no tratamento adubado em relação ao controle e ao consórcio com incrementos próximos a 16,5 %, 37,1 %, 43,8 % e 30,0 % respectivamente na produção das massas. Entretanto a massa de material morto foi maior nos tratamentos controle em relação ao consórcio, mas não diferiram entre si do adubado. Sendo que entre o tratamento consórcio em relação ao adubado a diferença foi de 4,79 % a diferença entre adubado e controle foi de 17,2 % e entre o tratamento consórcio e controle uma diferença de 21,2 %.

No inverno a massa de forragem, massa de forragem verde foram maiores no tratamento adubado, intermediário no consórcio e menor no controle com diferenças próximas a 15,0 % entre elas. Diferentemente da massa de folha e massa de colmo onde foi observado maiores valores no tratamento adubado em relação ao controle e ao consórcio com valores superiores a 50,0 % de incremento na massa em relação aos demais. Porém, a massa de material morto foi maior no tratamento controle e adubado em relação ao consórcio com acréscimo próximo aos 22,3 % nos tratamentos de maiores massas.

Observa-se a contribuição da leguminosa no dossel do sistema de produção consórcio (Tabela 2). Sendo que a composição botânica esteve próxima a 12% em média na massa de forragem total, 20% nas massas dos componentes morfológicos e valores de no máximo 1% na massa de material morto.

Tabela 2 – Descrição da massa de gramínea e leguminosa e a participação da leguminosa no sistema de produção com pasto consorciado de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi durante as três estações avaliadas.

Estação	(SP) Consórcio		% Composição botânica
	Gramínea	Leguminosa	
----- Massa de forragem total (kg de MS.ha <sup>-1</sup> ) -----			
Verão	7358	1260	14,6
Outono	8327	1121	11,9
Inverno	6806	504	6,9
----- Massa verde (kg de MS.ha <sup>-1</sup> ) -----			
Verão	3963	1239	23,8
Outono	3695	1069	22,4
Inverno	1938	475	19,7
----- Massa de folha (kg de MS.ha <sup>-1</sup> ) -----			
Verão	1809	451	20,0
Outono	1356	373	21,6
Inverno	573	79	12,1
----- Massa de colmo (kg de MS.ha <sup>-1</sup> ) -----			
Verão	2154	788	26,8
Outono	2339	696	22,9
Inverno	1365	396	22,5
----- Massa de material morto (kg de MS.ha <sup>-1</sup> ) -----			
Verão	3395	20	0,6
Outono	4632	52	1,1
Inverno	4868	28	0,6

#### 4.2 Valor nutritivo e digestibilidade

O teor de matéria orgânica ( $P \leq 0,001$ ) e proteína bruta ( $P = 0,070$ ) variaram em função da interação entre SP x E (Tabela 3).

Tabela 3 - Valor nutritivo da dieta dos animais em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi) durante as três estações avaliadas.

Estação	Sistemas de Produção (SP)			EPM	Valor de P		
	Controle	Adubado	Consórcio		SP	E	SP*E
----- % Matéria Orgânica -----							
<b>Verão</b>	90,5 Cb	92,5 Aa	91,7 Aa				
<b>Outono</b>	92,5 Aab	92,9 Aa	91,8 Ab	0,36	≤0,001	≤0,001	≤0,001
<b>Inverno</b>	91,3 Ba	91,5 Ba	91,5 Aa				
----- % Proteína Bruta -----							
<b>Verão</b>	8,65 Ac	14,1 Aa	11,1 Ab				
<b>Outono</b>	8,23 Ab	14,5 Aa	8,7 Bb	0,87	≤0,001	≤0,001	0,070
<b>Inverno</b>	7,74 Ab	10,2 Ba	9,2 Bab				

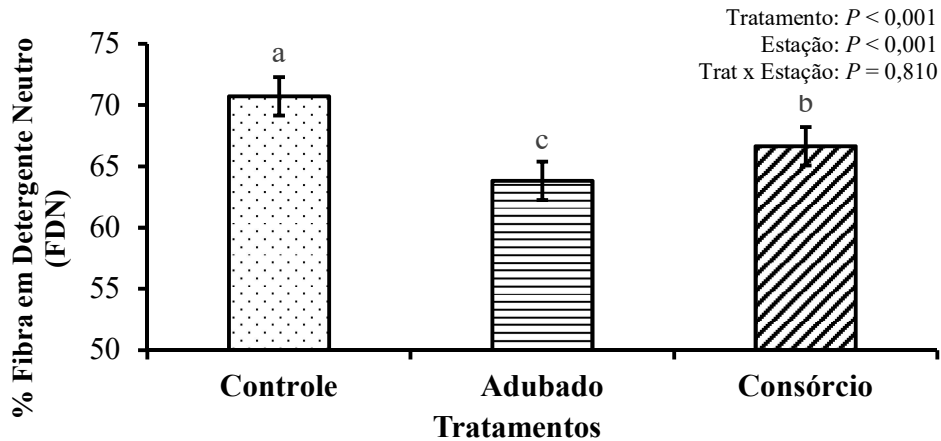
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo o teste *fisher's difference* ( $P \leq 0,10$ ). EPM: Erro padrão da média; SP: sistema de pastejo; E: estações do ano.

Sendo que no verão o teor de matéria orgânica foi maior nos tratamentos adubado e consórcio em relação ao controle com uma diferença média de 2,17 % entre o de menor valor para o maior. Diferentemente do teor de proteína bruta que foi maior no tratamento adubado, intermediário no consórcio e menor no controle. Sendo que a diferença do tratamento controle em relação ao consórcio e entre consórcio e adubado foi próximo a 22,0 % e a diferença entre o tratamento controle em relação ao adubado foi de 38,6 %.

No outono o teor de matéria orgânica e de proteína bruta foram maiores no tratamento adubado relação ao controle e ao consórcio, sendo possível observar diferença de 1,18 % entre consórcio e adubado para teores de matéria orgânica e 43,2 % de diferença entre controle e adubado para teores de proteína bruta. Entretanto, no inverno o teor de matéria orgânica não variou em função dos tratamentos. Porém, o teor de proteína bruta foi maior no tratamento adubado em relação ao controle, ambos não diferiram do consórcio sendo 24,1 % de diferença entre o tratamento controle e adubado.

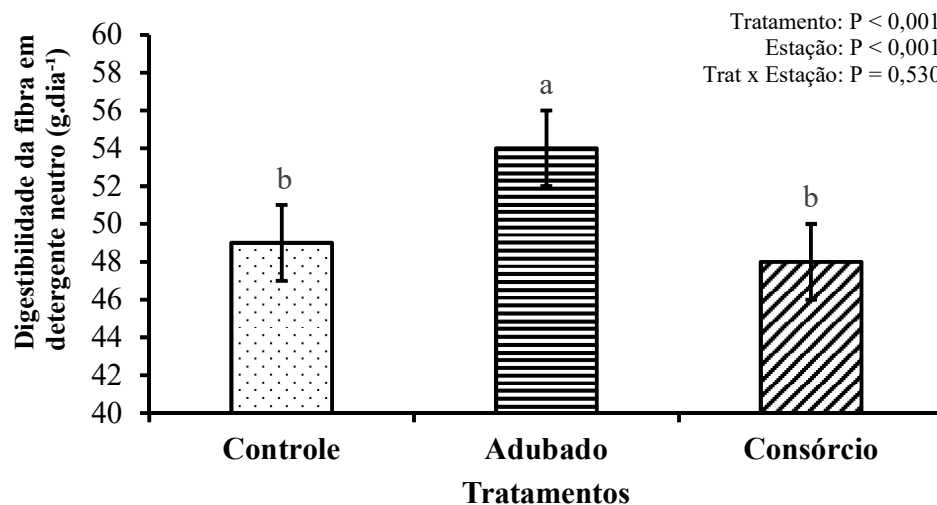
O teor de fibra em detergente neutro (FDN) ( $P \leq 0,001$ ) foi maior no tratamento controle, intermediário no consórcio e menor no adubado (Figura 4). Sendo que entre o tratamento controle em relação ao consórcio foi de 4,20 % a diferença entre consórcio e adubado foi de 5,74 % e entre o tratamento controle e adubado uma diferença de 9,75 %. Entretanto a FDN foi maior na estação outono, intermediário no inverno e menor no verão ( $P \leq 0,001$ ).

Figura 4 – Teor de fibra em detergente neutro em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi).



A digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) ( $P \leq 0,001$ ) foi maior no tratamento adubado em relação ao consórcio e controle (Figura 5). Sendo uma diferença de 10,5 % entre o tratamento de maior média o adubado em relação ao consórcio. Entretanto a DFDN foi maior na estação verão e outono em relação ao inverno ( $P \leq 0,001$ ).

Figura 5 – Digestibilidade da fibra em detergente neutro em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi).



A relação entre proteína bruta e matéria orgânica digestível ( $P \leq 0,001$ ) foi maior no tratamento adubado em relação ao consórcio e controle (Figura 6). Sendo observado uma diferença de 23,7 % entre o tratamento adubado em relação ao controle. Entretanto a relação entre proteína bruta e matéria orgânica digestível não variou em função das estações. ( $P = 0,930$ ).

Figura 6 – Relação entre proteína bruta e matéria orgânica digestível em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pinto* cv. BRS Mandobi).

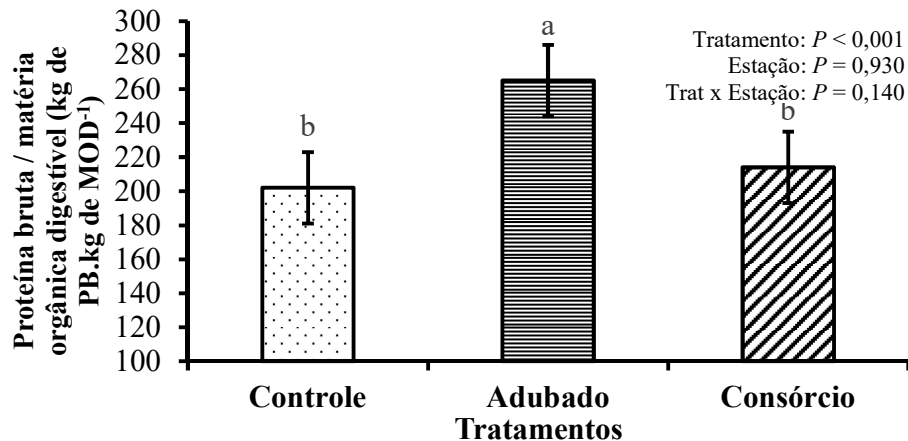


Tabela 4 – Descrição do valor nutritivo na dieta dos animais no sistema de produção com pasto consorciado de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pinto* cv. BRS Mandobi durante as três estações avaliadas.

Estação	(SP) Consórcio	
	Gramínea	Leguminosa
----- % Matéria Orgânica -----		
Verão	91,63	92,59
Outono	91,68	93,15
Inverno	91,27	92,70
----- % Proteína Bruta -----		
Verão	9,09	17,93
Outono	7,31	16,49
Inverno	7,49	13,86
----- % Fibra em Detergente Neutro (FDN) -----		
Verão	68,03	44,98
Outono	72,93	54,17
Inverno	73,13	49,35

### 4.3 Consumo

O consumo de matéria seca ( $\text{kg.dia}^{-1}$ ) ( $P \leq 0,001$ ) foi influenciada pela interação entre SP x E (Tabela 5). Sendo que no verão e no outono não houve variação em função do tratamento. Entretanto para a estação inverno foi observado maiores médias para o tratamento adubado em relação ao controle e ao consórcio com diferenças de 45,0 % entre o tratamento controle e adubado.

Consumo de matéria seca ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P \leq 0,001$ ) foi influenciada pela interação entre SP x E (Tabela 5). Sendo que no verão não houve variação em função do tratamento. Porém, no outono nota-se que as médias foram maiores no tratamento consórcio em relação ao controle, mas não diferiu do adubado, com uma diferença de 4,54 % entre o tratamento controle e adubado, uma diferença de 8,04 % entre o adubado e consórcio e 23,1 % entre o tratamento controle em relação ao consórcio. Entretanto para a estação inverno foi observado maiores médias para o tratamento adubado em relação ao controle e ao consórcio com diferenças de 41,3 % entre o tratamento controle e adubado.

O consumo de matéria orgânica ( $\text{kg.dia}^{-1}$ ) ( $P \leq 0,001$ ) foi influenciada pela interação entre SP x E (Tabela 5). Sendo que no verão e no outono não houve variação em função do tratamento. Porém no inverno foi observado maiores médias no tratamento adubado em relação ao controle e ao consórcio com uma diferença de 45,1 % entre o tratamento controle e adubado.

O consumo de matéria orgânica ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P = 0,020$ ) foi influenciada pela interação entre SP x E (Tabela 5). Sendo que no verão e no outono não houve variação em função do tratamento. Porém no inverno foi observado maiores médias no tratamento adubado em relação ao controle e ao consórcio com uma diferença de 41,3 % entre o tratamento controle e adubado.

Consumo de fibra em detergente neutro (FDN) ( $\text{kg.dia}^{-1}$ ) ( $P \leq 0,001$ ) e consumo de fibra em detergente neutro (FDN) ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P = 0,020$ ) foram influenciadas pela interação entre SP x E (Tabela 5). Porém nas estações verão e no outono não foi possível observar variação em função do tratamento. Entretanto no inverno foi observado maiores médias no tratamento adubado em relação

ao controle e ao consórcio com uma diferença de 38,0 % e 33,5 % entre o tratamento controle e adubado respectivamente.

O consumo de matéria orgânica digestível ( $\text{g.dia}^{-1}$ ) ( $P = 0,030$ ) e consumo de matéria orgânica digestível ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P = 0,070$ ) foram influenciadas pela interação entre SP x E (Tabela 5) sendo que no verão o consumo de matéria orgânica digestível ( $\text{g.dia}^{-1}$ ) não variou em função dos tratamentos. Porém, o consumo de matéria orgânica digestível ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) foi maior no consórcio em relação ao adubado, mas não diferiu do controle. Sendo uma diferença de 9,56 % entre o tratamento controle e adubado, uma diferença de 14,1% entre o controle e consórcio e 22,3 % entre o tratamento adubado em relação ao consórcio.

Entretanto no outono consumo de matéria orgânica digestível ( $\text{g.dia}^{-1}$ ) foi maior no adubado em relação ao consórcio e controle com diferença de 21,7 % entre o tratamento controle e adubado e dentro da mesma estação o consumo de matéria orgânica digestível ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) foi maior no tratamento adubado e consórcio comparando ao controle com diferença superior a 28,0 % entre o tratamento controle e consórcio. Na estação inverno ambas as variáveis tiveram o mesmo comportamento sendo médias superiores entre o tratamento adubado em relação ao consórcio e controle com diferença de 27,5 % e 57,0 % entre o tratamento de maior e menor média respectivamente.

Tabela 5 – Consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente neutro de diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoii* cv. BRS Mandobi) durante as três estações avaliadas.

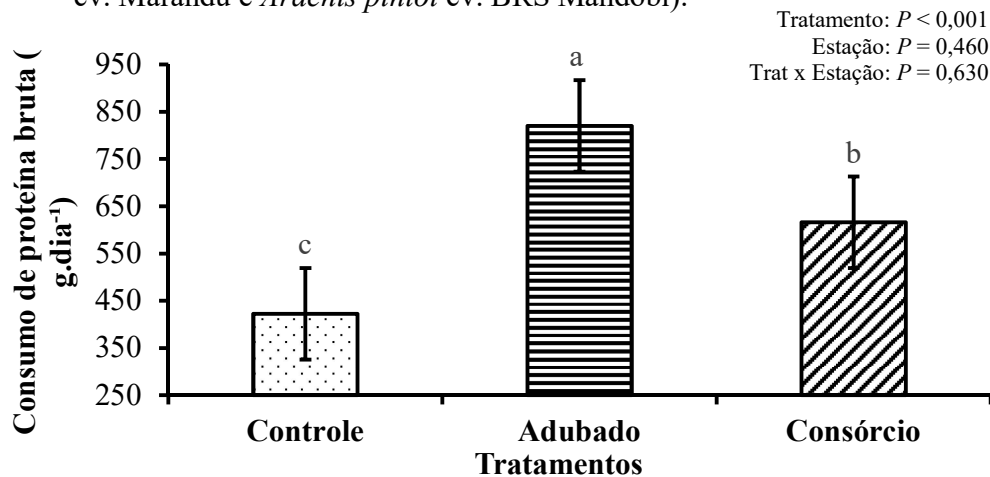
Estação	Sistemas de Produção (SP)			EPM	Valor de P		
	Controle	Adubado	Consórcio		SP	E	SP*E
----- Consumo de matéria seca (kg.dia <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	5,64 Aa	5,43 Ba	6,25 ABa				
<b>Outono</b>	5,27 Aa	5,85 Ba	7,09 Aa	0,77	0,090	0,620	≤0,001
<b>Inverno</b>	4,56 Ab	8,29 Aa	5,63 Bb				
----- Consumo de matéria seca (g.kg <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	2,35 Aa	2,17 ABa	2,52 Aa				
<b>Outono</b>	1,89 Bb	1,98 Bab	2,46 Aa	0,21	0,140	0,130	≤0,001
<b>Inverno</b>	1,50 Bb	2,53 Aa	1,80 Bb				
----- Consumo de matéria orgânica ( kg.dia <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	5,10 Aa	5,03 Ba	5,73 Aa				
<b>Outono</b>	4,88 Aa	5,44 Ba	6,51 Aa	0,77	0,070	0,670	≤0,001
<b>Inverno</b>	4,16 Ab	7,58 Aa	5,16 Ab				
----- Consumo de matéria orgânica (g.kg <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	2,10 Aa	1,98 ABa	2,32 Aa				
<b>Outono</b>	1,74 Ba	1,84 Ba	2,27 Aa	0,23	0,070	0,080	0,002
<b>Inverno</b>	1,36 Bb	2,32 Aa	1,65 Bb				
----- Consumo de fibra em detergente neutro (FDN) ( kg.dia <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	3,81 Aa	3,33 Ba	3,90 Ba				
<b>Outono</b>	3,84 Aa	3,89 Ba	4,94 Aa	0,42	0,210	0,230	≤0,001
<b>Inverno</b>	3,25 Ab	5,25 Aa	3,78 Bb				
----- Consumo de fibra em detergente neutro (FDN) (g.kg <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	1,57 Aa	1,31 Aa	1,57 Ba				
<b>Outono</b>	1,38 ABa	1,32 Aa	1,73 Aa	0,16	0,26	0,190	0,020
<b>Inverno</b>	1,07 Bb	1,61 Aa	1,21 Cb				
----- Consumo de matéria orgânica digestível (g.dia <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	54,7 Aa	52,5 Aa	57,9 Aa				
<b>Outono</b>	45,0 Bb	57,5 Aa	48,0 Bb	3,02	≤0,01	≤0,001	0,030
<b>Inverno</b>	37,3 Cb	51,5 Aa	43,6 Bb				
----- Consumo de matéria orgânica digestível (g.kg <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	1,15 Aab	1,04 Ab	1,34 Aa				
<b>Outono</b>	0,79 Bb	1,07 Aa	1,10 Aa	0,12	≤0,001	0,020	0,070
<b>Inverno</b>	0,52 Bb	1,21 Aa	0,73 Bb				

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo o teste *fisher's difference* ( $P \leq 0,10$ ). EPM: Erro padrão da média; SP: sistema de pastejo; E: estações do ano.



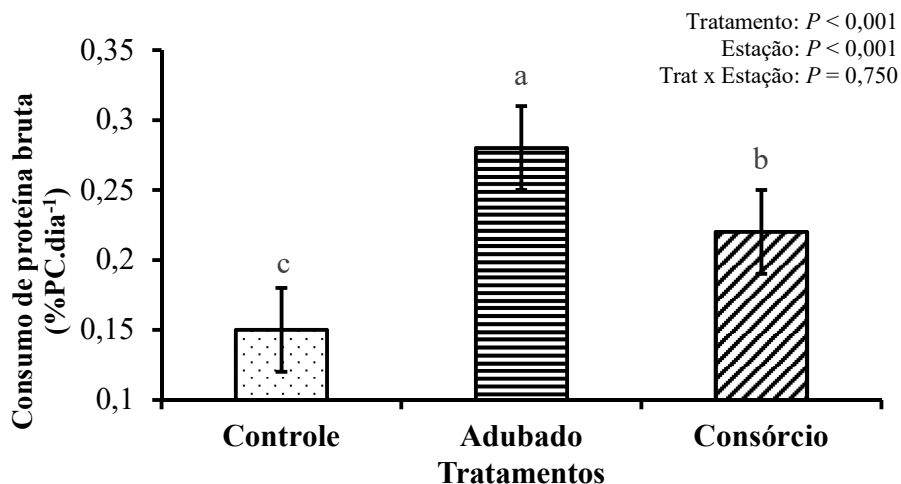
O consumo de proteína bruta ( $\text{g.dia}^{-1}$ ) ( $P \leq 0,001$ ) foi maior no tratamento adubado, intermediário no consórcio e menor no controle (Figura 7). Na qual as maiores médias foram observados no tratamento adubado, intermediário no consórcio e menor no controle. Sendo uma diferença de 31,4 % entre o tratamento controle e consórcio, 24,8 % entre o consórcio e adubado e 48,5 % entre o tratamento adubado em relação ao controle. Entre as estações, o consumo de proteína bruta ( $\text{g.dia}^{-1}$ ) foi maior no verão, intermediário no outono e menor no inverno ( $P = 0,460$ ).

Figura 7 – Consumo de proteína bruta ( $\text{g.dia}^{-1}$ ) em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi).



O consumo de proteína bruta ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P \leq 0,001$ ) foi maior no tratamento adubado, intermediário no consórcio e menor no controle (Figura 8).

Figura 8 – Consumo de proteína bruta ( $\text{g.dia}^{-1}$ ) em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi).



Na qual as maiores médias foram observados no tratamento adubado, intermediário no consórcio e menor no controle. Sendo uma diferença de 29,9 % entre o tratamento controle e consórcio, entre o consórcio e adubado a diferença foi de 27,1 % e entre o tratamento adubado em relação ao controle 44,1 % de diferença entre as médias. Em relação as estações, o consumo de proteína bruta ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) foi maior no verão, intermediário no outono e menor no inverno ( $P \leq 0,001$ ).

Tabela 6 – Descrição do consumo de gramínea e leguminosa e a porcentagem de leguminosa consumida pelos animais no sistema de produção com pasto consorciado de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi durante as três estações avaliadas.

Estação	(SP) Consórcio		% Leguminosa no consumo
	Gramínea	Leguminosa	
----- Consumo de matéria seca (kg.dia <sup>-1</sup> ) -----			
<b>Verão</b>	4,83	1,42	22,7
<b>Outono</b>	6,00	1,09	15,4
<b>Inverno</b>	4,31	1,32	23,4
----- Consumo de matéria seca (g.kg <sup>-1</sup> ) -----			
<b>Verão</b>	1,95	0,57	22,6
<b>Outono</b>	2,09	0,37	15,0
<b>Inverno</b>	1,38	0,42	23,3
----- Consumo de matéria orgânica (kg.dia <sup>-1</sup> ) -----			
<b>Verão</b>	4,42	1,31	22,9
<b>Outono</b>	5,50	1,01	15,5
<b>Inverno</b>	3,93	1,23	23,8
----- Consumo de matéria orgânica (g.kg <sup>-1</sup> ) -----			
<b>Verão</b>	1,79	0,53	22,8
<b>Outono</b>	1,92	0,35	15,4
<b>Inverno</b>	1,26	0,39	23,6
----- Consumo de proteína bruta (g.dia <sup>-1</sup> ) -----			
<b>Verão</b>	438,35	257,63	37,0
<b>Outono</b>	441,09	187,96	29,9
<b>Inverno</b>	325,25	200,68	38,2
----- Consumo de proteína bruta (g.kg <sup>-1</sup> ) -----			
<b>Verão</b>	0,18	0,10	35,5
<b>Outono</b>	0,15	0,06	27,3
<b>Inverno</b>	0,10	0,06	37,5
----- Consumo de fibra em detergente neutro (FDN) (kg.dia <sup>-1</sup> ) -----			
<b>Verão</b>	3,28	0,62	15,9
<b>Outono</b>	4,37	0,58	11,7
<b>Inverno</b>	3,16	0,63	16,7
----- Consumo de fibra em detergente neutro (FDN) (g.kg <sup>-1</sup> ) -----			
<b>Verão</b>	1,33	0,25	15,9
<b>Outono</b>	1,53	0,20	11,6
<b>Inverno</b>	1,02	0,20	16,5

#### 4.4 Desempenho animal e produtividade

O ganho por área ( $P = 0,020$ ) e a taxa de lotação ( $P = 0,047$ ) foram influenciadas pela interação entre SP x E (Tabela 7). Sendo que no verão o ganho por área foi maior no tratamento adubado em relação ao consórcio e ao controle com uma diferença de 47,4 % entre os tratamentos controle e adubado. Porém, para a variável taxa de lotação as médias foram maiores no adubado em relação ao controle, mas ambos não diferiram entre si do consórcio. Sendo uma diferença de 9,49 % entre o tratamento controle e consórcio, uma diferença de 21,7 % entre o consórcio e adubado e 29,2 % entre o tratamento controle em relação ao adubado.

Tabela 7 – Ganho por área e taxa de lotação em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoii* cv. BRS Mandobi) durante as três estações avaliadas.

Estação	Sistemas de Produção (SP)			EPM	Valor de P		
	Controle	Adubado	Consórcio		SP	E	SP*E
----- Ganho por área (GA) (kg.ha <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	125 Ab	238 Aa	148 Ab				
<b>Outono</b>	92,7 Ab	211 Aa	121, Ab	28	≤0,01	≤0,001	0,020
<b>Inverno</b>	36,7 Bb	85,2 Ba	43,2 Bb				
----- (Taxa de lotação (UA. há <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	1,43 Ab	2,02 Aa	1,58 Aab				
<b>Outono</b>	1,05 Bb	2,37 Aa	1,36 Ab	0,22	≤0,01	≤0,001	0,047
<b>Inverno</b>	0,97 Bb	1,54 Ba	0,99 Bb				

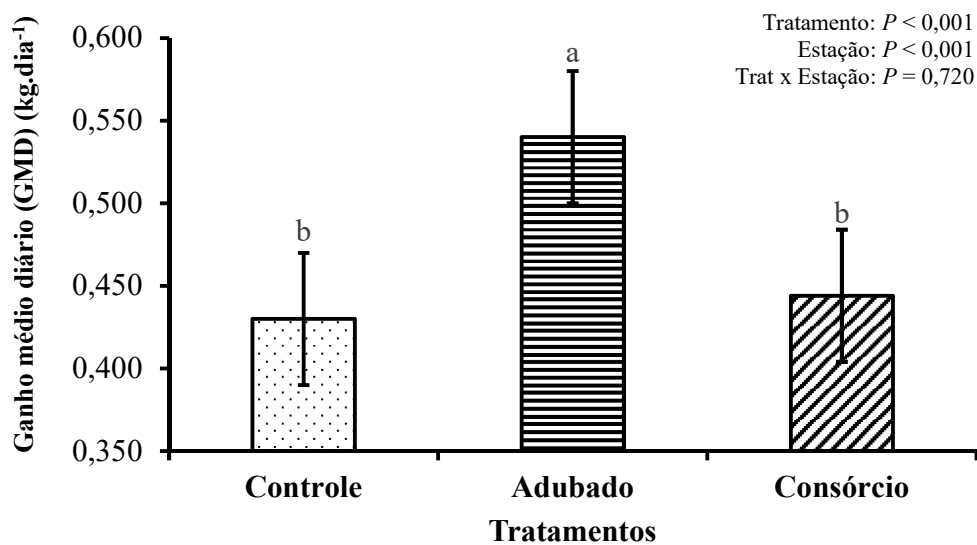
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste *fisher's difference* ( $P \leq 0,10$ ). EPM: Erro padrão da média; SP: sistema de pastejo; E: estações do ano.

No outono o ganho por área e taxa de lotação foram maiores no tratamento adubado relação ao controle e ao consórcio. Sendo observado uma diferença próxima a 56,0 % em ambas as variáveis entre o tratamento controle e adubado. Seguindo o mesmo comportamento do outono, no inverno o ganho por área e taxa de lotação foram maiores no tratamento adubado relação ao controle e consórcio com diferença de 56,9 % e 37,1 % respectivamente entre o tratamento controle e adubado para as variáveis analisadas.

O ganho médio diário ( $P \leq 0,001$ ) foi maior no tratamento adubado em relação ao consórcio e ao controle (Figura 9). Sendo observado uma diferença de 20,3 % entre o tratamento controle em

relação ao adubado. Entre as estações o ganho médio diário foi maior nas estações verão e outono em relação ao inverno ( $P \leq 0,001$ ).

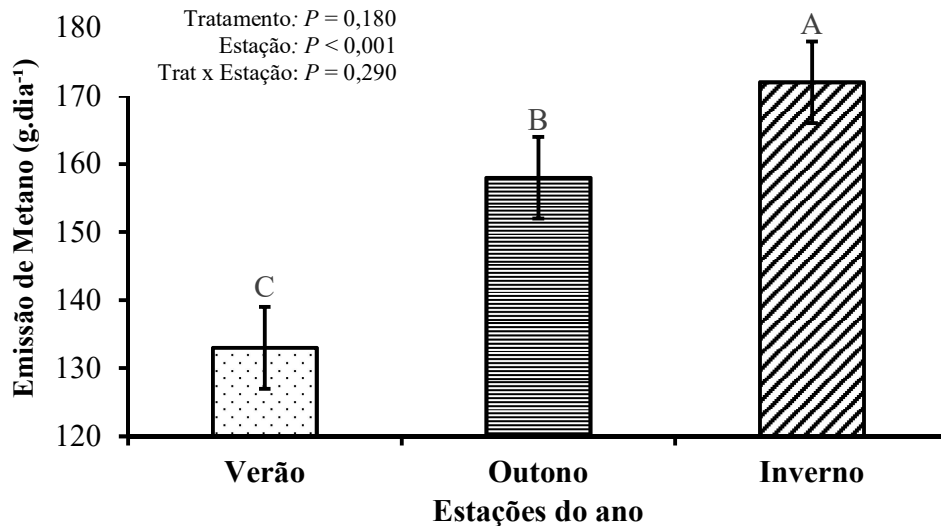
Figura 9 – Ganho médio diário em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pinto* cv. BRS Mandobi).



#### 4.5 Metano entérico

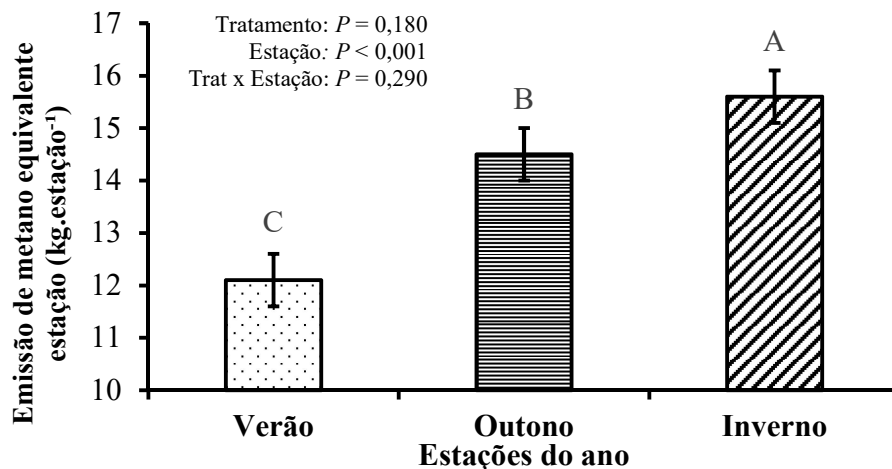
As emissões diárias não variaram em função dos tratamentos ( $P = 0,180$ ). Porém, houve diferença entre as estações ( $P \leq 0,001$ ) sendo que as emissões diárias maiores na estação inverno em relação ao outono e ao verão respectivamente (Figura 10). Na qual é possível observar uma diferença de 15,8 % entre o verão e outono, 11,2 % entre outono e inverno e 25,2 % entre as estações inverno e verão nas emissões diárias de metano entérico.

Figura 10 – Emissões diárias de metano em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi) nas três estações avaliadas.



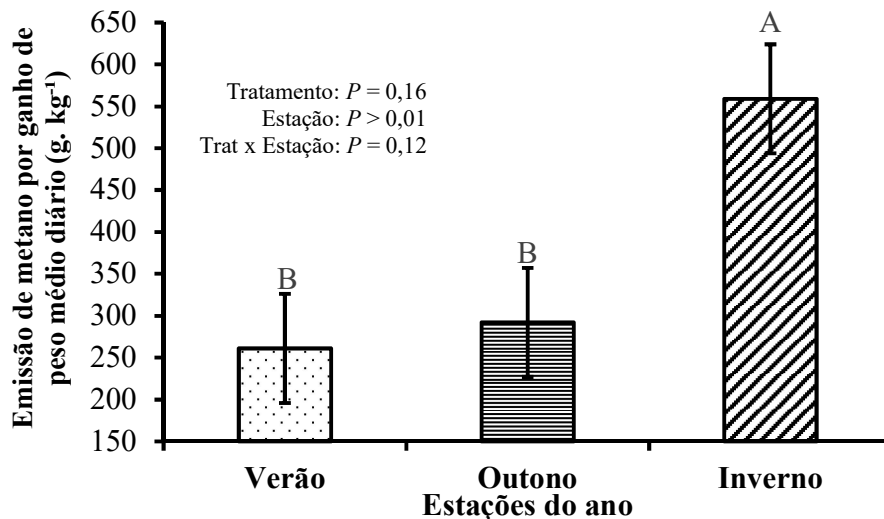
As emissões metano equivalente por estação não variaram em função dos tratamentos ( $P = 0,180$ ). Porém, houve diferença entre as estações ( $P \leq 0,001$ ) sendo que as emissões diárias maiores na estação inverno em relação ao outono e ao verão respectivamente. Na qual é possível observar uma diferença de 16,5 % entre o verão e outono, 7,05 % entre outono e inverno e 21,7 % entre as estações inverno e verão nas emissões de metano equivalente por estação.

Figura 11 – Emissões metano equivalente por estação em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi) nas três estações avaliadas.



As emissões de metano por ganho de peso médio diário não variaram em função dos tratamentos ( $P = 0,160$ ). Porém, houve diferença entre as estações ( $P \leq 0,001$ ) sendo que as emissões diárias maiores na estação inverno em relação ao outono e ao verão. Na qual é possível observar uma diferença de 52,2% entre as estações inverno e verão nas emissões de metano por ganho de peso médio diário.

Figura 12 – Emissões de metano por ganho de peso médio diário em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoii* cv. BRS Mandobi) nas três estações avaliadas.



O metano por consumo de matéria seca ( $P = 0,080$ ) e metano por área e ( $P = 0,040$ ) foram influenciados pela interação entre SP x E (Tabela 8). No verão o metano por consumo de matéria seca não variou em função dos tratamentos. Entretanto o metano por lotação foi maior no tratamento adubado em relação ao controle, porém não foi diferente do consórcio. Sendo uma diferença de 14,1 % entre o tratamento controle e consórcio, uma diferença de 22,2 % entre o consórcio e adubado e 33,2 % entre o tratamento controle em relação ao adubado. Na estação outono o metano por consumo de matéria seca foi maior no adubado em relação ao consórcio, porém não foi diferente do controle. Na qual foi observada uma diferença de 30,7 % entre o tratamento consórcio e controle, diferença de 4,03 % entre o controle e adubado e 34,3 % entre o tratamento consórcio em relação ao adubado. Diferentemente do metano por lotação que foi maior

no tratamento adubado relação ao controle e ao consórcio com diferença de 54,4 % entre as médias do tratamento controle em relação ao adubado.

Tabela 8 – Emissão de metano por consumo de matéria seca e por lotação em diferentes sistemas de produção a pasto (gramínea com ou sem adubação nitrogenada e de pastos consorciados de *B. brizantha* cv. Marandu e *Arachis pintoii* cv. BRS Mandobi) durante as três estações avaliadas.

Estação	Sistemas de Produção (SP)			EPM	Valor de P		
	Controle	Adubado	Consórcio		SP	E	SP*E
----- Emissão de metano por consumo de MS (met. consumo <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	23,1 Ba	25,4 ABa	21,7 Aa				
<b>Outono</b>	30,9 ABab	32,6 Aa	21,4 Ab	4,47	0,080	0,070	0,080
<b>Inverno</b>	38,8 Aa	23,7 Bb	28,4 Ab				
----- Emissão de metano por área (g. há <sup>-1</sup> ) -----							
<b>Verão</b>	408 Ab	611 Aa	475 Aab				
<b>Outono</b>	317 ABb	696 Aa	381 Bb	57	≤0,001	≤0,001	0,040
<b>Inverno</b>	284 Bb	451 Ba	258 Cb				

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo o teste *fisher's difference* ( $P \leq 0,10$ ). EPM: Erro padrão da média; SP: sistema de pastejo; E: estações do ano.

Por fim, no inverno o metano por consumo de matéria seca foi maior no tratamento controle em relação ao adubado e consórcio observando-se uma diferença entre os tratamentos consórcio e controle de 38,9 %. Comportamento diferente do metano por lotação na qual foi maior no tratamento adubado relação ao controle e ao consórcio com diferença de 42,7 % entre os tratamentos controle e adubado.



## 5 DISCUSSÃO

O ganho médio diário de animais em pastejo está diretamente relacionado com o consumo de forragem e o valor nutritivo da dieta (MERTENS, 1994). Esses fatores ajudam a explicar o maior desempenho das novilhas no pasto adubado. O consumo de forragem foi maior na pastagem adubada. Nota-se incremento no consumo de MOD e PB, de aproximadamente 30 %, nos animais mantidos nos pastos adubado em relação aos demais. A melhora no valor nutritivo está relacionada principalmente ao menor teor de FDN na dieta, com redução de até 7 % no pasto adubado. Essa variável influencia a digestibilidade da dieta e tempo de retenção do alimento no rúmen. O animal que consome uma dieta de melhor valor nutritivo por consequência menor tempo de retenção no rúmen e assim maior consumo e isso reflete em maior ganho médio diário. Esse efeito está relacionado a adubação nitrogenada pois afeta o desenvolvimento das plantas pela ação nas características morfogênicas determinantes da estrutura da pastagem (CRUZ; BOVAL, 1999), o que proporciona aparecimento de folhas mais jovens com menor teor de fibra, permitindo assim o melhor aproveitamento do conteúdo celular e nutrientes.

A relação proteína bruta e matéria orgânica digestível está ligada a maior síntese microbiana no rúmen, na qual foi encontrado valores superiores no pasto adubado em comparação com os demais nessa relação e o acréscimo de aproximadamente 25 % nos valores médios quando comparado com os demais, outro ponto a se destacar é o intervalo entre essa relação. Detmann et al. (2014) encontraram nessa relação um platô que inicia a partir de 216 g de PB.kg de MOD<sup>-1</sup>, sendo esse o ponto ótimo da relação. Porém como resultado desse trabalho, encontrou-se valores que variam de 100 a 440 g de PB.kg de MOD<sup>-1</sup>. Nota-se que os valores em todas as dietas desse presente estudo ficaram acima de 210 g de PB.kg de MOD<sup>-1</sup>, sendo que animais mantidos em pasto adubado tiveram valores médios de 265 g de PB.kg de MOD<sup>-1</sup> nessa relação.

Além do efeito no consumo e no valor nutritivo, a adubação nitrogenada impacta na produtividade em relação ao ganho por área. No pasto adubado durante o período de verão e outono observou-se maior taxa de lotação, com valores acima de 2 UA. ha<sup>-1</sup>, porém no outono observa-se que o valor para este parâmetro foi de 1,54 UA. ha<sup>-1</sup>. Considerando os demais sistemas de produção é notável que os pastos adubados apresentaram maior taxa de lotação em quaisquer estações do

ano que foram avaliados e tais incrementos refletiram em um aumento de quase 100 kg. ha<sup>-1</sup> no ganho por área.

Em relação ao uso do pasto consorciado, a participação da leguminosa no dossel forrageiro visando persistência e harmonia evitando assim competição principalmente por luz fica entre 20 a 45 % em relação à massa de forragem total (THOMAS, 1992,1995). Isso ajuda a explicar os resultados inferiores no pasto consorciado. No primeiro ano, a leguminosa possui baixa capacidade de fixação biológica de N, usando assim suas “reservas” para crescimento e estabelecimento do dossel e esse valor não pode ser atingido no primeiro ano pós implantação da pastagem consorciada. Além da baixa contribuição na massa de forragem pela leguminosa no primeiro ano, outro efeito seria a reduzida capacidade de fornecimento de N ao sistema advindo da fixação biológica.

A principal via de entrada de N no sistema pela implantação da leguminosa é via ciclagem de nutrientes. No entanto, com a baixa participação da leguminosa no dossel forrageiro e sendo consumida pelos animais, essa via tende a ser pouco aproveitada. Os benefícios da entrada de N no sistema foram destacados acima, no qual traz a expectativa que na pastagem consorciada quando estabelecida, proporcione o mesmo efeito que a adubação nitrogenada no dossel, levando a maiores ganhos por área devido ao aumento na lotação e ganho individual.

E estrutura do dossel tem relação direta com o consumo pois para Silva (2013), a ingestão de forragem pode ser controlada através de variações na estrutura do dossel forrageiro. O manejo do dossel visando a mesma estrutura para os três pastos foi responsável direto pelos ganhos de peso próximos, sendo que o pasto adubado proporcionou um ganho de 100g.dia<sup>-1</sup> a mais em relação ao tratamento controle. Outra resposta de manejo visível no experimento foi que mesmo no dossel manejado sem entrada de N a média de 360 kg de peso vivo. ha<sup>-1</sup> ano, superior à média nacional que segundo Pedreira (2016) é algo entre 150 a 180 kg de peso vivo. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Em relação as emissões de metano, o uso de leguminosas tropicais resulta em menor emissão de metano em g.dia<sup>-1</sup> (ARCHIMÈDE et al., 2011). O efeito da inclusão de leguminosas na produção

de metano por kg de consumo de MS também pode estar associada à características de pastagem, como composição química e digestibilidade (ANDRADE et al., 2016). Porém, não foi encontrado diferença entre os pastos neste experimento, que podem estar relacionadas à pouca participação da leguminosa na massa de forragem e na dieta dos animais. Em relação a produção de metano por consumo de matéria seca, foi possível observar redução com a inclusão de leguminosa.

O aumento entre as estações foi esperado devido ao fato do crescimento dos animais com passar do tempo como pode ser observado principalmente nas emissões de metano por ganho médio diário, onde com aumento de peso dos animais com o decorrer da idade e das estações foi possível observar maiores emissões. Pode-se destacar que os maiores ganhos em todo o sistema estudados devido ao manejo do pastejo leva a uma redução no tempo de vida desse animal, pois o mesmo será abatido mais cedo e com isso reduz a emissão por esse animal durante a vida.

Os maiores valores de emissão por taxa de lotação podem ser explicados devido ao fato de ter maior número de animais no pasto adubado, consequência de tudo que foi discutido anteriormente. Porém, vale destacar que quando se leva em consideração a otimização do uso da área por meio da intensificação do sistema é possível produzir mais em uma menor área e com isso reduzir a abertura de novas áreas ou ainda recuperar áreas já existentes para uso de estratégias como reflorestamento, reduzindo emissão de outros gases de efeito estufa.

## **6 CONCLUSÕES**

O uso do nitrogênio nas pastagens tem resposta direta na produtividade. A falta de nitrogênio no sistema acarretou em menores ganhos individuais, em lotação e por consequência menor ganho por área. O uso do amendoim forrageiro apresentou melhoras em alguns índices, mas não o suficiente para se igualar à adubação nitrogenada, sendo necessários novos estudos em um dossel com mais tempo de estabelecimento. Nenhum dos sistemas causou redução nas emissões de metano entérico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE transactions on automatic control**, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.

ALEXANDRINO, E.; MOSQUIM, P.R.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; VAZ, R.G.M.V.; DETMANN, E. Evolução da biomassa e do perfil da reserva orgânica durante a rebrotação da "Brachiaria brizantha" cv. Marandu submetida a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p.190-200, 2008.

ALLEN, V. G.; BATELLO, C.; BERRETTA, et al. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 2-28, 2011.

ANDRADE, E. A.; ALMEIDA, E. X.; RAUPP, G. T.; MIGUEL, M. F.; DE LIZ, D. M.; CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO-FILHO, H. M. N. Herbage intake, methane emissions and animal performance of steers grazing dwarf elephant grass v. dwarf elephant grass and peanut pastures. **Animal**, v. 10, n. 10, p. 1684-1688, 2016.

AOAC. **Official methods of analysis**. 17th ed. Assoc. Off. Anal. Chem. Arlington, VA. 2000.

ARCHIMÈDE, H.; EUGÈNE, M.; MAGDELEINE, C. M.; BOVAL, M.; MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; DOREAU, M. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166, p. 59-64, 2011.

ARNOLD, S.L.; SCHEPERS, J.S. A simple roller-mill grinding procedure for plant and soil samples. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 35: 537-545, 2004.

BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial p.51-67, 2008.

BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: ALCOCK, M.M. (Ed.) **Biennial Report of the Hill Farming Research Organization**. Midlothian: Hill Farming Research Organization, 1985. p.29-30.

BLANCO, C.; SOSINSKI, E.; SANTOS, B.; SILVA, M.; PILLAR, V. On the overlap between effect and response plant functional types linked to grazing. **Community Ecology**, v. 8, n. 1, p. 57-65, 2007.

BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; OITICICA, I.N. et al. Contribuição do nitrogênio fixado biologicamente para pastagens consorciadas. In: 7º Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, 2016, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMFOR, 2016, p. 85-115.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume III/ Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

CANTARUTTI, R. B.; BODDEY, R. M. Transferência de nitrogênio das leguminosas para as gramíneas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1997. p. 431-445.

CANTO, M. W. D.; BONA FILHO, A.; MORAES, A. D.; HOESCHL, A. R.; GASPARINO, E. Animal production in Tanzania grass swards fertilized with nitrogen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1176-1182, 2009.

CARDOSO, A. S.; BERNDT, A.; LEYTEM, A.; ALVES, B. J.; DE CARVALHO, I. D. N.; DE BARROS SOARES, L. H.; BODDEY, R. M. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**, v. 143, p. 86-96, 2016.

COATES, D. B.; SCHACHENMANN, P.; JONES, R. J. Reliability of extrusa samples collected from steers fistulated at the oesophagus to estimate the diet of resident animals in grazing experiments. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 27, n. 6, p. 739-745, 1987.

COTTLE, D.J.; NOLAN, J.V.; WIEDEMANN, S.G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Animal Production Science**, v.51, p.491-514, 2011.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetical traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 1999, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1999. p.134-150.

DETMANN, E.; VALENTE, É. E.; BATISTA, E. D.; HUHTANEN, P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, v. 162, p. 141-153, 2014.

DIAS FILHO, M.B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Embrapa Amazônia Oriental- **Documentos (INFOTECA-E)**, 2014.

- EUCLIDES, V. P. B.; COSTA, F. P.; MACEDO, M. C. M.; FLORES R.; OLIVEIRA, M. P. Eficiência biológica e econômica de pasto de capim-tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.9, p.1345-1355, set. 2007.
- EUCLIDES, V.P.B.; THIAGO, L.R.S.; MACEDO, M.C.M. Consumo voluntário de forragem de três cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.1177-1185, 1999.
- IBGE 2006. Censo Agropecuário 2006. Grandes Regiões e Unidades da Federação, Rio de Janeiro, Brasil.
- IPCC, 2006. In: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change, vol. 4. IGES, Japan.
- JOHNSON, A.D. **Sample preparation and chemical analysis of vegetation**. In: t MANNETJE, L. (Ed.). Measurement of grassland vegetation and animal production. Aberystwyth: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1978. p.96-102.
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science** 1995, v. 73, p. 2483-2492.
- LEDGARD, S. F.; STEELE, K. W. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. **Plant and Soil**, The Hague, v. 141, n. 1/2, p. 137-154, 1992.
- LITTELL, R. C.; PENDERGAST, J.; NATARAJAN, R. Tutorial in biostatistics: modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. **Statistics in medicine**, v. 19, n. 13, p. 1793-1819, 2000.
- LIU, Q.; YU, P.; GUANGDI, L. Grass–legume ratio can change soil carbon and nitrogen storage in a temperate steppe grassland. **Soil & Tillage Research**, v.157, p.23–31, 2016.
- LOPES DE SÁ, O. A. A. Leguminosas forrageiras em pastos consorciados: Métodos para mensurar a composição botânica da dieta e diversidade e eficiência de bactérias fixadoras de N em amendoim forrageiro. 2017, no pleito.
- LÜSCHER, A.; MUELLER, H. I.; SOUSSANA, J. F.; REES, R. M.; PEYRAUD, J. L. Potential of legume based grassland–livestock systems in Europe: a review. **Grass and Forage Science**, v. 69, n. 2, p. 206-228, 2014.
- MACHADO, F. S.; PEREIRA, L. G. R.; GUIMARAES JUNIOR, R.; LOPES, F. C. F.; CHAVES, A. V.; CAMPOS, M. M.; MORENZ, M. J. F. Emissões de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação. **Embrapa Gado de Leite- Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

- MALDONADO, H. et al. Produção de pastagens associadas sob três taxas de lotação. **Pasturas Tropicales**, v.17, n. 3, p. 23-26, 1995.
- MCTI, 2016. Estimativas Anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, Terceira Edição. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação**, Brasília, Brazil.
- MEKURIAW, W S.; TEGEGN, F.; MENGISTU, A. A review on reduction of greenhouse gas emission from ruminants through nutritional strategies. **Academia Journal of Environmental Sciences**, v. 2, n.1, p. 006-014, 2014.
- MERTENS, D.R. **Regulation of forage intake**. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). Forage quality, evaluation and utilization. Winsconsin: American Society of Agronomy. 1994.
- MOREIRA, L.M.; SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C. Produção animal em pastagem de capim-braquiária adubada com nitrogênio. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.4, p.914-921, 2011.
- MUIR, J. P.; PITMAN, W. D.; DUBEUX JR, J. C.; FOSTER, J. L. The future of warm-season, tropical and subtropical forage legumes in sustainable pastures and rangelands. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 31, n. 3, p. 187-198, 2014.
- MYERS, R. J. K.; ROBBINS, G. B. Sustaining productive pastures in the tropics: 5., maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 25, p. 104-110, 1991.
- OENEMA, O.; DE KLEIN, C.; ALFARO, M. Intensification of grassland and forage use: driving forces and constraints. **Crop and Pasture Science**, v. 65, n. 6, p. 524-537, 2014.
- PEDREIRA, B. (2016). **4 passos para atingir 32 arrobas de boi gordo por hectare**. Disponível em: <http://blogs.canalrural.com.br/kellensevero/2016/09/21/4-passos-para-atingir-32-arrobas-de-boi-gordo-por-hectare/>. Acesso em: 18 de maio de 2018.
- PEREIRA, L. G. R. Métodos de avaliação e estratégias de mitigação de metano entérico em ruminantes. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 26, p. 264-277, 2013.
- PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.; PEDREIRA, M.S.; LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; BARBOSA, P.F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.277- 283, 2004.



RIVERA, A.R.; BERCHIELLI, T.T.; MESSANA, J.D.; VELASQUEZ, P.T.; FRANCO, A.V.M.; FERNANDES, L.B. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.617-624, 2010.

SÁ JÚNIOR, A.; DE CARVALHO, L. G.; DA SILVA, F. F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**. v.108, p.1-7, 2012.

SCHNEIDER, B.H.; FLATT, W.P. **The evaluation of feeds through digestibility experiments**. Athens: University Georgia, 1975. 423p.

SENGER, C. C.; KOZLOSKI, G. V.; SANCHEZ, L. M. B.; MESQUITA, F. R.; ALVES, T. P.; CASTAGNINO, D. S. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 146, n. 1-2, p. 169-174, 2008.

THOMAS, R. J. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. **Plant and Soil**, v. 174, n. 1-2, p. 103-118, 1995.

THOMAS, R. J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass and Forage Science**, v. 47, n. 2, p. 133-142, 1992.

TITGEMEYER, E. C.; ARMENDARIZ, C. K. ; BINDEL, D. J. ; GREENWOOD, R. H.; LOEST, C. A. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 4, p. 1059-1063, 2001.

WERNER, J. C. Adubação de pastagens. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (**Boletim Técnico**, 18).

WESTBERG, H.H.; JOHNSON, K.A.; COSSALMAN, M.W.; MICHAEL, J.J. **A SF6 tracer technique: methane measurement from ruminants**. Washington State University, Pullman, Washington, 1998. 40p.

ZEN, S.; BARIONI, L.G.; BONATO, D.B.B.; ALMEIDA, M.H.S.P.; RITLL, T.F. 2008. **Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa (GEE)**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/pecuaria-de-corte-brasileira-impactos-ambientais-e-emissoes-de-gases-efeito-estufa-gee.aspx>  
Acesso em: 18 de maio de 2018.