



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Produção animal e emissões de gases de efeito estufa em
pastos de capim-ipyporã e capim-mulato II no bioma Amazônia**

Débora Samara Morais Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção animal.

Sinop, Mato Grosso

Fevereiro de 2018

DÉBORA SAMARA MORAIS SILVA

**Produção animal e emissões de gases de efeito estufa em
pastos de capim-ipyporã e capim-mulato II no bioma Amazônia**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso,
Campus Universitário de Sinop, como parte das exigências
para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Carneiro e Pedreira

Coorientador: Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira

Sinop, Mato Grosso

Fevereiro de 2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M827p Morais Silva, Debora Samara.
Produção animal e emissões de gases de efeito estufa em pastos de capim-ipyporã e capim-mulato II no bioma Amazônia / Debora Samara Morais Silva. -- 2018
95 f. ; 30 cm.

Orientador: Bruno Carneiro e Pedreira.
Co-orientador: Dalton Henrique Pereira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Sinop, 2018.
Inclui bibliografia.

1. cigarrinha-das-pastagens. 2. emissão de metano entérico. 3. emissão de óxido nitroso. 4. intensificação da produção. 5. lotação contínua. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Avenida Alexandre Ferronato, 1200 - Reserva 35 - Distrito Industrial - Cep: -Sinop/MT
Tel : - Email : ppgzootecnia@ufmt.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : "Produção animal e emissões de gases de efeito estufa em pastos capim-ipyporã e capim-mulato II no bioma amazônia"

AUTOR : Mestranda DEBORA SAMARA MORAIS SILVA

Dissertação defendida e aprovada em 16/02/2018.

Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / Orientador Doutor(a) Bruno Carneiro e Pedreira
Instituição: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL

Examinador Interno Doutor(a) Dalton Henrique Pereira
Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Externo Doutor(a) Denise Baptaglin Montagner
Instituição: EMBRAPA GADO DE CORTE

Examinador Suplente Doutor(a) Eduardo da Silva Matos
Instituição: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL

SINOP, 16/02/2018.

DEDICATÓRIA

À minha Família e ao Jean, pelo incansável apoio, pelo carinho, compreensão e paciência. E por todos que a mim dedicam, eu dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus pela vida e por ter me concebido a capacidade de realizar as coisas simples do dia-dia.

Gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos ao meu orientador Prof. Bruno Carneiro e Pedreira, que me deu a oportunidade de fazer parte de sua equipe de trabalho, tanto no estágio da graduação, como no programa de mestrado. Ao meu co-orientador professor Dr. Dalton Henrique Pereira e demais professores do PPGZ – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – da UFMT.

Agradeço a Universidade Federal de Mato Grosso campus Sinop ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade da realização do Mestrado em Produção Animal. Também a Unipasto pelo apoio financeiro, e a CAPES pela concessão da bolsa e Acrinorte pelo fornecimento dos animais para realização do projeto, tornando a pesquisa possível, à Embrapa Agrossilvipastoril por toda estrutura, desde laboratório, campo, carros, em fim por permitir que tudo fosse desenvolvido da melhor forma possível.

Gostaria de agradecer a algumas pessoas, que sem elas eu não teria conseguido o êxito que foi obtido nos trabalhos desenvolvidos, que foram fundamentais no desenvolvimento desse trabalho. Aos doutorandos Mircéia, Perivaldo e Fagner, ao graduado Rodrigo e aos colaboradores Seu Edgar, Janderson e Clóvis, pela parceria em todo o período de coleta, muito obrigada! Em especial a toda a equipe de trabalho que de uma forma ou outra contribuíram para que tudo acontecesse: Hemython, Leandro, Catia, Maira, Isadora, Flabiele, Josiane, Rafael, Gabriel e Marília, pelo suporte a realização deste experimento, pelo apoio imprescindível no estabelecimento da área experimental, pelo manejo com animais, pelas separações morfológicas e análises laboratoriais.

Agradeço também a doutoranda Ana Paula, a mestranda Isadora Paraíso e o graduando João Marcos, pela continuidade da pesquisa e coletas dados, no segundo ano do experimento VCU (valor, cultivo e uso).

Ao GEPI – Grupo de Estudos sobre Pecuária Integrada – da UFMT pela troca de experiência profissional e conhecimento agregado.

Em especial a família, meus pais Marcone e Cleuza, aos meus irmãos Wuarla e Welmark, pelo o amor e pelo apoio que me deram nessa fase, agradeço também ao Jean, pela paciência, pelos puxões de orelha e pelo amor. Obrigada família, por me permitir ir muito além dos nossos sonhos, espero contribuir dando-lhes muito orgulho.

EPÍGRAFE

“Feliz o homem que acha a sabedoria, e o homem que adquire o conhecimento; porque melhor é o lucro que ela dá do que o da prata, e melhor a sua renda do que o ouro mais fino. Mais preciosa é do que as pérolas, e de tudo o que podes desejar não é comparável a ela”.
(Provérbios 3. 13 – 15)

BIOGRAFIA

Filha do Marcone Silva e da Cleuza Marcolino de Moraes Silva. Nascida em Peixoto de Azevedo-MT, no dia 25 de fevereiro 1993. Graduada em Zootecnia pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) - Campus Sinop (2016). Foi bolsista durante o período de graduação na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agrossilvipastoril), atuando na área de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), com o projeto: Balanço de Carbono e Dinâmica e Gases de Efeito Estufa em Sistemas Soja/Algodão/Milho+Braquiária no Bioma Cerrado. Participações nas atividades do Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa - Setor Agricultura, coordenado pelo Dr. Renato Rodrigues. Realizou o estágio obrigatório de graduação, na mesma instituição, atuando na área de Forragicultura, Pastagens e Produção Animal em Sistemas Integrados, participando do projeto: Avaliação do comportamento, padrão ingestivo e desempenho de bovinos em sistemas em integrados no Mato Grosso, coordenado pelo Dr. Bruno Carneiro e Pedreira. Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - UFMT campus Sinop na área de Produção Animal com ênfase em Forragicultura e Pastagem.

RESUMO

SILVA, Débora Samara Morais. Dissertação de Mestrado (Zootecnia), Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, fevereiro de 2018, 109 f. **Produção animal e emissões de gases de efeito estufa em pastos de capim-ipyporã e capim-mulato II no bioma Amazônia.** Orientador: Prof. Dr. Bruno Carneiro e Pedreira. Coorientador: Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira.

Objetivou-se avaliar a produtividade e emissões de gases de efeito estufa por unidade de produto em um sistema de produção utilizando novilhos Nelore em pastos de capim Ipyporã e Mulato II. O Delineamento foi em blocos completos casualizados com duas cultivares (Ipyporã e Mulato II) e quatro repetições, em duas estações (seca e águas). O período experimental foi de 31 de maio de 2016 a 01 de junho de 2017. A cada 28 dias foram mensurados a massa de forragem (MF), o acúmulo de forragem (AF) e o desempenho animal, este foi determinado pelo ganho médio diário (GMD) e ganho de peso por área (GPA) de novilhos bovinos da raça Nelore (*Bos taurus indicus*), não castrados. A avaliação de gases de efeito estufa (GEE) do solo, foi por meio câmaras estáticas modelo base-topo dispostas aleatoriamente nos piquetes. A emissão de metano (CH₄) entérico foi determinada por equipamentos automatizados de medição de gases (GreenFeed®, C-Lock, Dakota do Sul, EUA). A maior MF foi registrada para a cultivar Ipyporã (7717 kg ha⁻¹). Os valores de AF foram semelhantes entre as cultivares, todavia houve diferença entre épocas, com maior acúmulo na época das águas (20.805 kg ha⁻¹). Observou-se incidência de cigarrinhas-das-pastagens em pastos de capim-mulato II no período chuvoso. O ganho médio diário (GMD) apresentou média de 730 g dia⁻¹ em pastos de capim-ipyporã e capim-mulato II. As maiores emissões de GEE ocorreram após a adubação nitrogenada. A cada quilograma de forragem acumulada, houve a emissão de 0,041 g de N₂O, 337 g de CO₂ e -0,032 g de CH₄ ha⁻¹. As maiores emissões de CH₄ entérico ocorreram para o capim-mulato II com média de 828 g ha⁻¹ dia⁻¹, enquanto o capim-ipyporã obteve média de 508 g ha⁻¹ dia⁻¹. Há correlação ($r= 0,98$) positiva entre GPA com a emissão de CH₄, porém, quanto maior a eficiência de produção menor é a emissão CH₄. Conclui-se o manejo adequado do pasto e da pastagem gerou padrões semelhantes de desempenho animal individual para ambas as cultivares. Contudo, pastos de capim-mulato II tem maior produtividade, desde que haja controle de pragas. Além disso, o manejo da pastagem utilizado resultou em baixas emissões de GEE por unidade de produto.

Palavras-chave: cigarrinha-das-pastagens, emissão de metano entérico, emissão de óxido nitroso, intensificação da produção, lotação contínua

ABSTRACT

SILVA, Débora Samara Morais. Dissertação de Mestrado (Zootecnia), Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, february de 2018, 109 f. **Animal production and emissions of greenhouse gases in pastures of ipyporã grass and mulatto grass II in the Amazon biome.** Adviser: Prof. Dr. Bruno Carneiro e Pedreira. Co-adviser: Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira.

The objective of this study was to evaluate the productivity and emissions of greenhouse gases per product unit in a production system using Nelore steers in Ipyporã and Mulato II grass pastures. The design was in randomized complete blocks with two cultivars (Ipyporã and Mulato II) and four replications, in two seasons (dry and water). The experimental period was from May 31, 2016 to June 1, 2017. Forage mass (MF), forage accumulation (AF) and animal performance were measured every 28 days, determined by the mean daily gain (GMD) and weight gain per area (GPA) of beef cattle of the breed Nelore (*Bos taurus indicus*), not castrated. The evaluation of greenhouse gases (GHG) of the soil was by means of stationary model's base-top model arranged randomly in the pickets. The emission of enteric methane (CH₄) was determined by automated gas measurement equipment (GreenFeed®, C-Lock, South Dakota, USA). The highest MF was recorded for the cultivar Ipyporã (7717 kg ha⁻¹). The values of FA were similar among cultivars, however there was a difference between seasons, with a higher accumulation in the water season (20,805 kg ha⁻¹). It was observed the incidence of spittlebug in pastures of mulatto grass II in the rainy season. The average daily gain (ADG) presented a mean of 730 g day⁻¹ in grasses of ipyporã grass and mulatto grass II. The highest GHG emissions occurred after nitrogen fertilization. Each kilogram of accumulated forage yielded 0.041 g of N₂O, 337 g of CO₂ and -0.032 g of CH₄ ha⁻¹. The highest enteric CH₄ emissions occurred for mulatto II grass with a mean of 828 g ha⁻¹ day⁻¹, while the ipyporã grass averaged 508 g ha⁻¹ day⁻¹. There is a positive relation ($r=0.98$) between GPA and CH₄ emission, however, the higher the production efficiency the lower the CH₄ emission. It is concluded that adequate management of pasture and pasture generated similar patterns of individual animal performance for both cultivars. However, mulatto grass pastures have greater productivity, provided there is pest control. In addition, the pasture management used resulted in low GHG emissions per unit of product.

Keywords: enteric methane emission, emission of nitrous oxide, intensification of production, spittlebug, stocking continues

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

AF- acúmulo de forragem

CH₄ – metano

CO₂ – dióxido de carbono

FDA – fibra digestvel em detergente cido

FDN – fibra digestvel em detergente neutro

GEE – gs de efeito estufa

GMD – ganho médio diário

GPA – ganho de peso por rea

IPCC – painel intergovernamental de mudanças climáticas

MS – matéria seca

N₂O – xido nitroso

NH₄⁺ – amônio

NO₃⁻ – nitrato

OF – oferta de forragem

PB – proteína bruta

PC – peso corporal

TAF – Taxa de acúmulo de forragem

TL – taxa de lotao

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Importância da <i>Brachiaria</i> para pecuária brasileira	3
2.1.1 Capim-ipyporã.....	5
2.1.2 Capim-mulato II	7
2.2 Manejo da pastagem.....	9
2.3 Contribuição da agropecuária brasileira e medidas mitigadoras de GEE	13
2.4 Uso de fertilizante em forrageiras e emissão de GEE	15
2.5 Emissão de metano pelos bovinos em pastejo	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
CAPÍTULO 1: Respostas agronômicas, valor nutricional e desempenho animal em pastos de ipyporã e mulato II no Bioma Amazônia	31
Introdução.....	32
Material e métodos	33
Resultados	39
<i>Anual: Produção de forragem e animal acumulados no período</i>	39
<i>Época</i>	39
Discussão.....	43
Conclusões	46
Referências	47
CAPÍTULO 2: Sistema de produção com bovinos de corte em pastagens e as emissões de gases de efeito estufa na Amazônia brasileira	50
Introdução.....	51
Material e métodos	53
Resultados	60
<i>Produção de forragem, valor nutritivo e emissão de GEE do solo</i>	60
<i>Desempenho animal e emissão de GEE do rebanho</i>	62
<i>Emissões relativas de GEE</i>	63
Discussão.....	65
<i>Produção de forragem, valor nutritivo e emissão de GEE do solo</i>	65
<i>Desempenho animal e emissão de GEE do rebanho</i>	67

<i>Emissões relativas de GEE</i>	69
Conclusões	71
Referências	72
CONCLUSÕES GERAIS	79
ANEXOS (CAPÍTULO 1)	80
ANEXOS (CAPÍTULO 2)	86

1. INTRODUÇÃO GERAL

Com o rebanho de 211 milhões de bovinos, o Brasil se mantém como segundo colocado no ranking mundial na produção de bovinos que são criados e terminados basicamente em áreas de pastagens (Anualpec, 2017). Isso representa, para a economia brasileira, uma participação de 6,8% no PIB. Em 2016, o Brasil produziu cerca de 9,14 milhões de toneladas de carne bovina, dentre os quais exportou 1,83 milhões de toneladas em equivalente carcaça com faturamento de US\$ 18,61 milhões (Anualpec, 2017).

A necessidade de melhorar a competitividade da pecuária brasileira no mercado externo faz com que o Brasil estabeleça estratégias para superar seus desafios pela busca de mais qualidade, produtividade e rentabilidade aliado à sustentabilidade do sistema. Dentre os desafios, os produtores e pesquisadores buscam uma melhora na utilização da pastagem e transformação em produto, sem abrir novas áreas para a pecuária. Buscam forrageiras que sejam capazes de se adaptar a diferentes condições do ambiente e que sejam tolerantes a pragas, como a cigarrinhas-das-pastagens (Da Silva et al., 2007).

O desenvolvimento de novas cultivares pode promover significativos avanços e aumentos na produtividade pecuária e a diversificação de espécies. Como é o caso dos híbridos Ipyorã (BRS- 331) e Mulato II (HD – 364), exemplos de sucesso do melhoramento forrageiro e possuem como principal característica o valor nutricional e produtividade, tornando-os alternativas viáveis a serem utilizadas no sistema de produção em pastos (Valle et al., 2017; Silva et al., 2016).

Outro desafio é atender à crescente demanda por proteína animal e ao mesmo tempo reduzir os impactos ambientais causado pelo sistema de produção animal em pastos, dentre eles, reduzir a emissão dos gases de efeito estufa (GEE) emitido pelo solo e pelos bovinos. Essa preocupação fez com o que o Brasil assinasse acordos internacionais no qual assumiu compromissos em reduzir as emissões dos GEE em todos os setores, dentre eles o setor

agrícola e pecuário. Com esse intuito, o Brasil criou o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (ABC). Estes rumos tem a finalidade de organizar o planejamento das ações a serem realizadas para adoção das tecnologias sustentáveis de produção, para responder aos compromissos assumidos pelo país de redução de emissão de GEE no setor agropecuário (Brasil, 2008).

Desse modo, as maiorias das pesquisas tem se concentrado no uso de tecnologias como os sistemas integrados e recuperação de áreas degradadas de pastagens (Fernandes & Finco 2014; Figueiredo et al. 2016; Nogueira et al. 2016; Crestani et al. 2017). Estas medidas e outras como a adoção de Sistemas Agroflorestais (SAFs); Sistema Plantio Direto (SPD); Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN); e Florestas Plantadas fazem parte do plano ABC com o intuito de reduzir as emissões de GEE. Todavia, o mesmo efeito pode ser obtido em sistemas pastoris com a utilização do manejo adequado e aumento da produtividade por meio de adubação e novas ferrageiras.

Nesse sentido, o objetivo com este estudo é avaliar a produtividade e emissões de gases de efeito estufa por unidade de produto em um sistema de produção utilizando novilhos Nelore em pastos dos capins ipyporã e mulato II manejados sob lotação contínua, no bioma Amazônia.

O produto final deste estudo será apresentado em dois capítulos. O capítulo 1 com os resultados do primeiro ano de estudo (em aguardo a inclusão do segundo ano) e o capítulo 2. Ambos sob forma de artigo científico, ainda não traduzido, de acordo com as normas do periódico Crop and Pasture Science.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da *Brachiaria* para pecuária brasileira

O Brasil é um país que pode produzir até três safras anuais, pois possui condições climáticas que favorecem o desenvolvimento vegetativo de gramíneas forrageiras tropicais. Silva et al. (2010) destacam que dentre essas características climáticas, está a temperatura, fotoperíodo, precipitação e inverno rigoroso ausente. Esses fatores contribuem para a produção considerada de baixo custo baseada em pastagens. Silva et al. (2010) relatam que o uso de gramíneas tropicais, dentre as espécies nativas e introduzidas, o gênero *Brachiaria* teve maior destaque, devido adaptação a diferentes tipos de solo e tornando-se a mais utilizado pelos produtores.

Após a introdução de forrageiras do gênero *Brachiaria*, foi possível perceber um aumento da produção animal, em paralelo com o desenvolvimento da região Centro-Oeste a partir da década de 1960 (Martins et al., 200). Nesse período foram utilizados diversos cultivares de braquiárias, como a *Brachiaria decumbens* cvs. Ipean e Basilisk, *B. ruziziensis* e *B. humidicola*. Destas forrageiras destacaram-se as cultivares *B. humidicola*, principalmente na Amazônia, e *B. decumbens*, no Cerrado e outras regiões do Brasil.

A gramínea *B. decumbens* provavelmente é a forrageira tropical com maior área cultivada no mundo, devido a sua grande expansão no Brasil. Esta espécie se adaptou às condições de solos ácidos e de baixa fertilidade do Cerrado e Amazônia, proporcionou um aumento da taxa de lotação de 5-10 vezes maiores que as pastagens nativas (Zimmer & Corrêa, 1993). As cultivares do gênero *Brachiaria*, se destacaram ainda, por serem eficientes na condição de pastejo sob lotação contínua e por isso, ficaram “enraizadas” nos sistemas de produção à pasto em grande parte do país (Da Silva et al., 1997).

Como resultado, em menos de 60 anos, de 25 milhões de hectares de pastagens cultivadas (Karia, 2006), passou a 167 milhões de hectares de pastagens no Brasil (ABIEC,

2016). Desta área, estima-se que 60 milhões de hectares são utilizados de uma única cultivar de *B. brizantha*, a cv. Marandu (CONAB, 2015).

A cultivar Marandu foi uma forrageira pioneira desenvolvida pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) na década de 80 pelos primeiros programas de melhoramento forrageiro. Apresentou grande aceitação pelos produtores, devido a sua resistência à cigarrinha-das-pastagens dos gêneros *Deois* e *Notozulia* (Valério, 2009). Além desta, foram lançados o *Andropogon gayanus* cv. Planaltina e diversos cultivares de *P. maximum*, como o Tobiataã, Tanzânia - 1, Mombaça, Centenário, Vencedor, Aruana e outros (Zimmer & Corrêa, 1993).

O uso de uma única espécie forrageira utilizada no plantio comercial caracteriza-se em situação de risco para os produtores, devido à baixa variabilidade genética. Esse fato é perceptível no caso do capim Marandu, que com o surgimento de um novo gênero de cigarrinhas (*Mahanarva*), apresentou susceptibilidade a este inseto (Monteiro, 2016). As cigarrinhas do gênero *Mahanarva* eram insetos pragas característicos da cana de açúcar, todavia, com grandes cultivos e uso de mesma espécie de canaviais, a mesma passou a atacar gramíneas forrageiras (Valério et al., 2011).

Outro problema da não diversificação é a utilização de espécies pouco adequadas a condições de solo ou ao clima do local inserido, causando o insucesso no estabelecimento, utilização e persistência da forrageira. Um exemplo clássico é a utilização da *B. brizantha* cv. Marandu em solos com baixa drenagem, causando morte súbita da forrageira, como é o caso da síndrome da morte do capim-brachiarão (Dias-filho, 2010).

Para contornar os problemas causados pela não diversificação e atender os nichos de produção de gramíneas, os programas de melhoramento forrageiro buscam espécies mais tolerantes e resistentes a condições adversas, como a ataque de cigarrinhas, nematoides, ou que tenham como característica a tolerância ao encharcamento ou a sombra. Tendo em vista,

que o objetivo do melhoramento de forrageiras tem desígnios semelhantes a outras culturas. O lançamento de novas cultivares que sejam produtivas e atendam as pressões ambientais e nichos específicos, fomentando o mercado do melhoramento forrageiro (Dias-Filho, 2014; Valle et al., 2009).

2.1.1 Capim-ipyporã

A BRS Ipyporã é um híbrido apomítico, resultado do cruzamento entre *B. ruziziensis* com um acesso de *B. brizantha*. O cruzamento que deu origem a este híbrido foi realizado em 1992 pela Embrapa Gado de Corte. A BRS Ipyporã se destaca pelo vigor e quantidade de folhas, além da persistência. É uma planta de porte baixo, prostrado, apresenta colmos delgados com bainhas muito pilosas e folhas pilosas em ambas as faces, suas inflorescências são na forma de espiguetas são uniseriadas e com pouca ou nenhuma pilosidade (Valle et al., 2017).

A BRS Ipyporã foi desenvolvida com intuito de atender a demanda por uma cultivar de *Brachiaria* de boa produtividade e de fácil manejo como a cv. Marandu, porém com elevado grau de resistência à cigarrinha da cana do gênero *Mahanarva*, que atacam pastagens, além de apresentar resistência às cigarrinhas típicas de pastagem dos gêneros *Deois* e *Notozulia* (principais insetos-praga de pastagens de braquiária no Brasil). Segundo Valério et al. (2011), dentre os maiores desafios enfrentado pelos pecuaristas está a cigarrinha das pastagens e seus principais sintomas são o amarelecimento das folhas, restrição no crescimento, redução na produção de forragem e redução da capacidade suporte, além de possuir alta capacidade de competir com animais de pastagens, reduzindo a qualidade da forrageira.

Valério et al. (2012) avaliaram híbridos do gênero *Brachiaria*, dentre eles BRS Ipyporã quanto à resistência à cigarrinha *Mahanarva* sp., através dos parâmetros de sobrevivência e

duração do período ninfal, no qual a BRS ipyporã, apresentou ter a antibiose com as cigarrinhas, principalmente a *Mahanarva* sp.

Em relação ao manejo, Valle et al. (2017) compararam a BRS Ipyporã com a cultivar Marandu, formando um relvado mais prostrado e denso, com alta porcentagem de folhas, resultando em excelente cobertura de solo e competição com plantas invasoras. Essas características foram observadas em diferentes ensaios conduzidos na Embrapa Gado de Corte. Todavia, a taxa de acúmulo de forragem foi menor em pastos de capim-ipyporã com 40,1 kg ha dia⁻¹ relacionar com a cultivar Marandu com 46,8 kg ha dia⁻¹.

Dias-Filho (2017) citado por Valle et al. (2017), avaliou essa forrageira sob alagamento do solo e concluiu que a mesma não deve ser recomendada para sistemas onde há a possibilidade de alagamento. Em um outro ensaio, com solos mal drenados comprovou a inadequação do híbrido em solos encharcados. Desta forma a BRS Ipyporã não deve ser cultivada em áreas onde há incidência da síndrome da morte do capim-marandu.

Em ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) sob corte decorrido entre o ano de 2009 a 2011 no bioma Cerrado, a BRS ipyporã apresentou bom desempenho agrônômico, com massa total seca de 1330 kg ha⁻¹ nas águas e 1214 kg ha⁻¹ no período seco com proporção de 70% de folhas no período chuvoso e 49% no período seco. Nesse mesmo período, em um segundo ensaio em solo arenoso e médio (35% argila), obteve uma massa de forragem média de matéria seca total 1400 kg ha⁻¹ no período das águas e 1184 kg ha⁻¹ no período da seca, com proporção de 710 g kg⁻¹ de folhas no período chuvoso e 600 g kg⁻¹ no período seco (Valle et al., 2017).

Em ensaio de valor, cultivo e uso sob pastejo intermitente, realizado na Embrapa Gado de Corte no período de 2012 a 2014, a BRS Ipyporã obteve massa de forragem média de 3200 kg ha⁻¹, produção semelhante a produção da cv. Marandu com 3790 kg ha⁻¹, a taxa de acúmulo média diária é de 40 kg ha dia⁻¹ para a BRS Ipyporã, com proporção de 400 g kg⁻¹ de

folha. Em relação ao valor nutritivo, o valor de proteína de 112 g kg⁻¹, com digestibilidade in vitro de 652 g kg⁻¹ com 697 g kg⁻¹ de FDN. Isso resultou em um ganho médio diário de 675 g animal⁻¹, com taxa de lotação de 3 UA ha⁻¹ (Valle et al., 2017).

Em relação à altura de manejo recomendada para a BRS Ipyporã, Echeverria (2016) evidenciou esse genótipo em pastejo intermitente (mob-stocking) com estratégias de entrada aos 95% de interceptação luminosa, como resposta, à altura de pré-pastejo em torno de 27 cm de altura aos 95% de interceptação luminosa, com altura de resíduo a 15 cm pós-pastejo, sem prejudicar a produção de forragem e a população de plantas no dossel. Valle et al. (2017) recomendaram a altura meta de pastejo em torno de 30 cm no pré-pastejo e de 15 cm no pós-pastejo, e em pastejo sob lotação contínua, a meta de pastejo em torno de 30 cm para obter uma colheita eficiente de forragem com bom valor nutritivo.

Ainda faltam informações sobre as estratégias de manejo com lotação contínua, produção de forragem e desempenho animal em outras regiões do Brasil com esta cultivar.

2.1.2 Capim-mulato II

O híbrido Mulato II pertence ao gênero *Brachiaria*, introduzido após o híbrido Mulato, muito utilizado em diversas áreas da América Latina tropical. Os híbridos Mulato e Mulato II foram desenvolvidos pelo programa de melhoramento forrageiro do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). O híbrido Mulato é o resultado do cruzamento entre *Brachiaria ruziziensis* tetraploide e *Brachiaria brizantha* (Pereira et al, 2012).

A dificuldade de estabelecimento e de propagação vegetativa dificultou a continuidade das pesquisas com o Mulato, fatores que contribuíram para o desenvolvimento de uma segunda geração do híbrido. A CIAT desenvolveu o híbrido Mulato II, pelo resultado do cruzamento entre a *Brachiaria ruziziensis*, *B. decumbens* cv. *Basilisk* e *B. brizantha*, com o

objetivo de reunir em uma mesma cultivar a produtividade e digestibilidade (Argel et al., 2005).

A Mulato II (Convert – HD364) se destaca pelo crescimento, perfilhamento, a alta capacidade de estabelecimento e vigor. É uma forrageira de hábito de crescimento cespitoso decumbente, apresenta folhas lineares lanceoladas, possui raízes profundas, que garante resistência a seca. Outra característica do híbrido Mulato II é o mecanismo de rebrota por gemas basais ou coroa radial, mostrando boa capacidade de recuperação ao pastejo ou ao corte (Argel et al., 2007).

A Mulato II possui adaptabilidade às condições tropicais e subtropicais, apresenta exigência de fertilidade média a alta e com boa drenagem do solo, apresenta boa produção de forragem, Argel (2007) relata que a produção varia entre 10 e 27 Mg ha⁻¹ ano. Em um experimento no Panamá, o híbrido Mulato II apresentou produção de massa seca de 25 Mg ha⁻¹ ano, que conferiu a cultivar uma maior capacidade de suporte, possibilitando trabalhar com sistemas com alta carga animal (Guiot & Meléndez, 2003).

Pequeno et al. (2015), encontraram valores de acúmulo diário de 58 e 149 kg ha⁻¹ de matéria seca na estação seca e chuvosa respectivamente. Em outro estudo, com pastagens a altura de 25 cm de altura de entrada e 10 a 15 cm de altura pós-corte, Demski (2013) não encontrou diferença entre as cultivares híbrido Mulato II e o capim-marandu para acúmulo de forragem durante a estação chuvosa, com valores de 8,1 e 8,6 Mg ha⁻¹ de matéria seca respectivamente, e recomendou a altura de corte de 25 a 30 cm baseado na interceptação luminosa a 95%.

Em um ensaio realizado em Piracicaba pela Universidade de São Paulo "Luiz de Queiroz", com manejo sob lotação contínua, Silva et al. (2016) manejaram pastos de capim-mulato II com 3 diferentes alturas (10, 25 e 40 cm) e 2 diferentes níveis de adubação nitrogenada (50 e 250 kg ha⁻¹). Os pastos manejados com maiores alturas receberam maiores

doses de nitrogênio e obtiveram maiores acúmulos de forragem (altura de 40 cm com 13.400 kg ha⁻¹ ano de matéria seca), enquanto pastos manejados com altura a 10 cm com mesmo nível de adubação obtiveram acúmulos de 8.460 kg ha⁻¹ ano de matéria seca. Em relação a digestibilidade *in vitro* avaliado, observou que quanto maior a altura, menor a sua digestibilidade, conferindo assim, menor qualidade a forrageira. Silva et al. (2016) recomendaram a altura de manejo entre 25 – 30 cm.

Para os indicadores de qualidade para a Mulato II, como a proteína bruta, fibra insolúvel em detergente neutro para pastos irrigados e não irrigados, Pequeno et al. (2015) encontraram valores de PB de 131 g kg⁻¹ em pastos não irrigados e pastos irrigados com 132 g kg⁻¹; fibra insolúvel em detergente neutro de 530 g kg⁻¹ em pastos não irrigados durante a estação seca e 524 g kg⁻¹ em pastos irrigados na mesma estação. Considerado promissor, pelo mérito de associar produtividade e aceitabilidade por bovinos em pastejo, além de um bom valor nutritivo (Vendramini et al. 2012).

2.2 Manejo da pastagem

O manejo da pastagem é um conjunto de ações nos fatores solo, planta e animal que visam a produção animal, a produtividade da forrageira e a conservação do solo (Da Silva e Nascimento Junior, 2007). Em sistemas de produção animal em pastejo, os estágios do processo de produção (crescimento, utilização e conversão) são influenciados por fatores bióticos e abióticos que refletem na eficiência energética dentro das etapas de produção (Hogson, 1990).

O crescimento forrageiro depende da capacidade fotossintética da folha, em sua captação da energia luminosa proveniente do sol e do suprimento de nutrientes no solo (absorção pelas raízes) para o desenvolvimento vegetativo através de processos fotossintéticos. Esse processo é considerado eficaz, pois a planta utiliza recursos físicos (água,

nutrientes e energia luminosa) e os transforma em biomassa por meio da fotossíntese (Hogson, 1990). Da Silva & Sbrissia (2001) ressaltam que a eficiência do crescimento de uma forrageira depende principalmente do potencial genético dessa planta e a capacidade de utilizar os recursos disponíveis. Todavia, entender esses processos de crescimento e o desenvolvimento morfológico das plantas forrageiras é de suma importância para o manejo do pastejo.

A segunda e terceira etapa de produção é a utilização da forrageira e a conversão desta pelo animal em produto (carne, leite ou lã). Essas eficiências são consideradas contrastantes devido aos processos bioquímicos e fisiológicos envolvidos. A conversão da forragem em produto animal é atribuída ao mérito genético animal e aos processos fisiológicos que ocorrem no interior de seu organismo, etapa pouco controlada pelo manejador (Hogson, 1990).

A etapa de utilização é considerada de maior interferência por consequência que a maioria dos processos de colheita de forragem pelo animal em pastejo seja passível de monitoramento, pois o manejo do pastejo realizado é uma alternativa lógica para qualquer intervenção que possa ser considerada (Hogson, 1990). Além disso, o manejo da pastagem é um paradoxo em manter a produtividade das plantas forrageiras, principalmente folhas (área de foliar) e atender a necessidade dos animais (Da Silva e Nascimento Junior, 2007).

O manejo do pastejo é definido segundo Hogson (1990) como a proporção da forragem acumulada removida por animais em pastejo antes de entrar em senescência. Ou seja, é a colheita do máximo de material verde possível, reduzindo as perdas por senescência e decomposição de tecidos a um patamar mínimo, considerando a técnica de manejo como conceito de manejo racional de pastagens (Da Silva & Pedreira, 1997). O acúmulo de forragem corresponde a produção da forrageira em determinado período ou espaço de tempo (Jones, 1974).

Quanto maior o acúmulo de forragem, menor será o ganho animal por área e maior o ganho animal individual, porém terá dupla perda, uma em relação à utilização da área e outra em relação à forrageira. Em relação a perda da utilização da área, Mott (1960) relata que quanto menor a taxa de lotação (número de animais em uma determinada área), menor o aproveitamento da forrageira produzida na área, ou seja, menor eficiência de utilização da forragem e da área. Todavia, o ganho individual desses animais poderá ser maior, pois os mesmos selecionariam a dieta conforme a condição da forragem.

Por outro lado, em condição de máximo aproveitamento do acúmulo de forragem, Parsons et al. (1983) afirmam que haverá baixa quantidade de folhas remanescentes e terá reflexo direto na redução da superfície fotossintética, haverá então uma redução da fotossíntese e conseqüentemente na estocagem de carboidrato nas raízes, ocasionando uma redução no acúmulo de forragem.

Mott (1960) relata que quanto menor o acúmulo de forragem, maior é a taxa de lotação, que resultará em um menor ganho individual e maior ganho por área. O aumento da intensidade de desfolhação em regime de lotação contínua, terá maior densidade populacional de perfilhos, todavia, com folhas menores com a capacidade fotossintética máxima, a fim de recuperar do pastejo severo. Mas, se o pastejo severo for sucessivo, em situação que a capacidade e velocidade de rebrota seja superada pelo pastejo animal, haverá uma redução da área foliar e quantidade de folhas, além do esgotamento das reservas de carboidratos nas raízes (na tentativa de repor as folhas removidas) e ocasionará o colapso do perfilho.

Nessa analogia, Jones (1974) definiu um ponto de equilíbrio entre o acúmulo de forragem e o pastejo pelos animais, para se colher bem com máximo de forragem produzida, que seja necessário um equilíbrio ou ponto ótimo de pastejo, que consiste na taxa máxima de acúmulo de forragem relacionada com taxa de lotação possível, levando em consideração a

produção de forragem. Assim, o desafio do manejador é traçar um plano de manejo que estabeleça um equilíbrio entre a produção forrageira e o consumo animal (Hogson, 1990).

O intervalo de pastejo ideal, em regime de lotação intermitente, seria quando o acúmulo de folhas fosse elevado, porém antes do início do acúmulo acentuado de colmos e material morto. Trabalhos recentes com forrageiras de clima tropical, como, *P. maximum* cv. Mombaça (Carnevalli et al., 2006), *B. Brizantha* cv. Xaraés (Pedreira et al., 2007), *P. maximum* cv. Aruana (Zanini et al., 2012) e *Panicum maximum* cvs. Quênia e Tamani (Cavalli, 2016) têm demonstrado que esse ponto correspondente à condição de 95% de IL (interceptação luminosa) pela forrageira. Segundo o reportado por esses autores essa condição de 95% de IL possui forte relação com altura, desta forma, pode ser determinado no campo por meio da altura do pasto.

Cada planta possui características que resultam em uma recomendação de altura de entrada e de saída dos animais do pasto que, uma vez mensurada, assegura alta produção de forragem com elevada proporção de folhas e baixa proporção de colmos e material morto, de alto valor nutritivo (Pedreira et al., 2009). Visto que a altura é uma ferramenta guia para colheita e utilização da forragem para manter o equilíbrio entre acúmulo de forragem e valor nutritivo. Estratégia essa pode ser utilizada em diferentes cultivares, cada qual com suas peculiaridades e complexidade proporciona flexibilidade no sistema de produção (Pedreira et al., 2007).

Da Silva e Nascimento Junior (2007), já argumentavam que para o melhor aproveitamento das características de crescimento das plantas forrageiras, o especialista em manejo de pastagens poderia manejar as plantas em condição de lotação contínua, considerando uma taxa de lotação variável, com o objetivo de manter uma altura pré-determinada constante. Dessa forma, os ruminantes realizam a seleção de partes da forragem e os mesmos tenderiam a buscar forrageiras com bom valor nutricional. Com base nesse

conceito em regime de lotação contínua, Euclides et al. (2016) obteve respostas semelhantes de produção de forragem e ganho animal entre as cultivares de *Brachiaria brizantha* (Paiaguás e Piatã) com base na altura (30 cm). Com ganhos médios diários de 665 g animal dia⁻¹ com taxa de acúmulo de forragem de 62,8 kg ha dia⁻¹.

Em pastos de capim-mombaça manejados sob lotação contínua com altura meta de 45 cm, no período seco, obteve uma taxa de acúmulo diário em torno de 5,13 kg ha dia⁻¹, com ganho médio de 250 g animal dia⁻¹ (Araújo et al., 2017). É nítido que o manejo correto das pastagens, resulta em produção animal por área com aproveitamento máximo do potencial produtivo da forragem, mesmo em períodos menos favoráveis ao crescimento da forragem (Euclides & Euclides, 1998).

Por outro lado, o manejo adequado, respeitando a altura meta de pastejo, tem destaque no papel no combate ao aumento dos gases de efeito estufa, ao atuar em favor do sequestro de carbono (Corrêa et al., 2016). Visto que o potencial de sequestro de carbono reside na capacidade desse sistema em aumentar a concentração do carbono orgânico no solo, na produção de novas folhas e em produto final (carne).

Estudos que contribuam para melhor utilização das forrageiras e o processo de manipulação da colheita pelos animais, visando à produção, são sempre válidos.

2.3 Contribuição da agropecuária brasileira e medidas mitigadoras de GEE

A mudança do clima é o termo usado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) se referindo a toda e qualquer modificação no clima ocorrida ao longo do tempo que leva a qualquer variação natural em decorrência da atividade humana. Processos que altera a composição da atmosfera global, e seja adicionada a variabilidade natural do clima observada ao longo do tempo (IPCC, 2014).

As anomalias nos dados de temperatura observados pelos pesquisadores indicam uma tendência de aquecimento global, devido principalmente às atividades antrópicas (Balbino et al. 2011). Dentre elas, a pecuária é uma forte fonte de emissão de GEE e os principais são o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). O metano, advindo principalmente da eructação dos ruminantes e o óxido nitroso, emitido pelo solo.

O N_2O no solo é advindo principalmente ao uso de fertilizantes nitrogenados. Corrêa (2016) relata que o N_2O é um importante gás de efeito estufa (GEE), pois apesar de sua baixa concentração na atmosfera, ele se destaca pelo longo tempo de permanência e pelo alto potencial de aquecimento global (PAG). Este autor destaca ainda que o PAG da molécula de N_2O é 290 vezes superior de CO_2 , permanecendo na atmosfera num período de 20 anos. As emissões de CH_4 , estão associadas a produtividade agrícola, este é o principal GEE emitido pelos ruminantes, que produzem esse gás durante o processo digestório, processo natural decorrente a dietas com alto teor de fibra. O PAG da molécula de CH_4 é 25 vezes superior comparado ao CO_2 (Mosier et al., 2004).

Baseada em uma abordagem de avaliação de ciclo de vida, a pecuária brasileira emite cerca de 7,3 Mg de N_2O por ano, ou cerca de 13% do total das emissões antrópicas de GEE globais (MCTI, 2014). As emissões globais de CH_4 variam em torno de 119,1 Mg em 2011, uma quantidade 11 vezes maior que obtida pelo IPCC de 2006. Desse montante, estima-se ainda que 79,7% é advindo da emissão dos ruminantes (Wolf et al., 2017).

O Brasil tem desempenhado um papel de liderança nesta temática. Primeiro, porque entende que o problema requer ações governamentais urgentes, em virtude da sua gravidade e dimensão. Segundo, porque assumiu internacionalmente compromissos voluntários de redução da emissão de gases de efeito estufa até 2020. Um terceiro motivo refere-se às várias tecnologias sustentáveis de baixa emissão de carbono, desenvolvidas para condições tropicais e subtropicais, principalmente para a agropecuária de que o Brasil dispõe (Brasil, 2012).

Durante a 15ª Conferência das Partes (COP-15), o governo brasileiro divulgou o seu compromisso voluntário de redução entre 36,1% e 38,9% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) projetadas para 2020, estimando o volume de redução em torno de um bilhão de toneladas de CO₂ equivalente (t CO₂ eq). O compromisso brasileiro é promover a redução das emissões de GEE na agricultura e pecuária, melhorar a eficiência no uso de recursos naturais e aumentar a resiliência de sistemas produtivos e de comunidades rurais, possibilitando a adaptação do setor agropecuário às mudanças climáticas (Brasil, 2008).

Os compromissos assumidos na COP-15 foram ratificados no artigo nº 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC). Para o setor da agricultura ficou estabelecida a constituição do Plano para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. Com esse intuito, o Brasil criou o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, de que tratam, respectivamente o compromisso nacional voluntário de que trata o art. 12º da Lei nº 12.187, de 2009, dessa forma enfatizando a implementação de ações que almejem reduzir as emissões de gás de efeito estufa (Brasil, 2012).

Incentivar a adoção de Sistemas de Produção Sustentáveis que assegurem a redução de emissões de GEE e elevem simultaneamente a renda dos produtores. Sobretudo a expansão das seguintes tecnologias: Recuperação de Pastagens Degradadas; Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs); Sistema Plantio Direto (SPD); Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN); e Florestas Plantadas (Brasil, 2012).

2.4 Uso de fertilizante em forrageiras e emissão de GEE

O nitrogênio (N) é considerado elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila,

proteínas e inúmeras enzimas (Balbino, 2011). Segundo Benvenuti et al. (2016), a possibilidade de resposta à fertilização nitrogenada está na faixa de até 400 a 800 kg ha⁻¹ de forragem em pastos *P maximum* cv. Mombaça, com eficiência de 40 a 70 kg de matéria seca produzida por kg de N aplicado. Desse modo, o uso de nitrogênio possibilita um aumento na capacidade de suporte, devido ao aumento da disponibilidade de forragem, como resultado desse processo tem-se a intensificação da produção.

O uso de fertilizantes nitrogenados em forrageiras auxilia na incorporação de matéria orgânica no solo, melhora da física do solo e incorporação nutrientes, devido ao aumento da biomassa (Balbino, 2011). Martins (2003) e Cerri & Cerri (2007) relatam que a utilização de fontes como sulfato de amônio ou ureia como precursor de fornecimento de N é uma das principais causas de liberação do óxido nitroso em sistemas agropecuários. Lopes (1989), justifica o uso expressivo de fertilizantes industriais devido a pequena quantidade de N na forma disponível para as plantas e que a maior concentração está presente na atmosfera. Vargas (1997) afirma que a abundância de N está na forma molecular (N₂), amônia (NH₃⁺) ou nitrato (NO₃), podendo ainda ser incorporada em compostos orgânicos.

O uso da fertilização, que é o fornecimento de N na forma química, tem como intuito de aumentar a produção das plantas forrageiras. Martins et al. (2003), relatam que a grande importância do N nas forrageiras está no favorecimento do crescimento, visto que a inserção de nutrientes no solo somado a um bom manejo, proporcionam resultados excelentes em produtividade, em condições climáticas favoráveis. Além disso, o uso de fertilizantes nitrogenados em culturas, assim como a precipitação e a temperatura do solo, são fatores das emissões de GEE do solo.

Todavia, o que define o aumento ou não da emissão de GEE relacionados ao uso de fertilizantes, é o manejo realizado na propriedade (a aplicação, quantidade, fonte utilizada), pois podem refletir na produção de forragem, conseqüentemente, no desempenho zootécnico.

Zen et al. (2008), publicou um estudo sobre a pecuária de corte brasileira e seus impactos ambientais, que apontou os principais problemas pecuários e contribuintes na emissão de GEE. Dentre eles, está a degradação de pastagens, degradação do solo e a poluição dos recursos hídricos. Relata ainda, que a intensificação da produção é a chave para a mitigação, além de aumentar a produção por área.

O principal intuito da intensificação é utilizar áreas com eficiência, não é somente evitar a degradação ou reduzir áreas abertas, mas manejar corretamente a pastagem de forma aproveitar melhor a área destinada para a produção. Em sistemas de manejo com menor revolvimento do solo e maior acúmulo de forragem podem contribuir no sequestro de carbono (C) no solo e a mitigação das emissões dos GEE. Isso significa que práticas adequadas de adubação e uso do solo somado com o manejo do pastejo, garantem a perenização da espécie forrageira e estoque de carbono no solo (Dias-Filho, 2011).

Pastagens produtivas são eficientes em acumular carbono e são capazes de estocá-lo em quantidades expressivas no solo (Amézquita et al., 2008). Todavia, em pastagens em que há a inserção animal, poderá ter um excesso de retirada de nutrientes (fósforo, potássio, nitrogênio) pelo pastejo, havendo um esgotamento desses nutrientes do solo, necessitando a adição de fertilizantes orgânicos ou sintéticos para manter a produção na área. Chizzotti et al. (2014) afirmam que a redução da fertilidade do solo, ou seja, remoção contínua da biomassa, sem a reposição dos nutrientes, tem sido um importante contribuinte para o estabelecimento do processo de degradação de pastagens e redução dos estoques de C no solo, além de aumentar a emissão de CO₂ para a atmosfera.

Bateman & Baggs (2005) e Sartor (2009) afirmam que em pastagens, a cada ciclo de rebrotação o teor de N da forrageira diminui à medida que a biomassa é produzida e consumida pelo animal (utilização). Quando não há consumo, há perda por senescência, em que a biomassa e o material orgânico são depositada na matéria orgânica no solo e poderá ser

utilizada pelos novos perfilhos (reutilização). Segundo Martins et al. (2003), a perda desse nutriente é por intermédio de ações do clima e das bactérias no solo, durante o processo de transformação.

A eficiência da utilização do nitrogênio adicionado ao solo se refere ao grau de recuperação desse elemento pelas plantas, considerando as perdas que geralmente ocorrem. Normalmente, menos de 50% do nitrogênio aplicado é utilizado pelas culturas. As perdas de nitrogênio no solo são devido aos inúmeros processos do ambiente, como a lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de N_2 e N_2O . O fator de emissão segundo o IPCC (2014) é definido como a quantidade de gases de efeito estufa produzidos durante o processo de produção (produto). Aplicado esse conceito à produção animal, o fator é o quanto de emissão de GEE produzido por unidade de produto em uma determinada área ou espaço de tempo (Chizzotti et al., 2014).

Morais et al. (2013), em estudo da emissão de N_2O em forrageiras, encontraram valores de $0,72 \text{ Mg ha ano}^{-1}$ em capim elefante adubado com sulfato de amônio ($100 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) realizado em plantio convencional. Já em pastagens não adubadas, Nogueira (2015) encontrou valores médios de $0,19 \text{ Mg ha}^{-1}$ (período chuvoso) e $0,11 \text{ Mg ha}^{-1}$ (período seco) no bioma Amazônia. Ao comparar esses valores, fica nítido que pastagens adubadas o fator de emissão é quase 300 vezes maior que pastos não adubados. Porém, a quantificação das emissões não associadas a produtividade pode não refletir o real valor emitido (Thornton e Herrero, 2010).

Ao comparar sistemas produtivos e não produtivos, Oliveira (2015), em uma simulação com emissão de $0,30 \text{ Mg ano de } N_2O$ em pastagens bem manejadas e pastagens extensivas. Relatou que a taxa de lotação em pastagem bem manejada teve valores superiores a 3 UA ha^{-1} , enquanto pastagens degradadas obteve valores próximos a 1 UA ha^{-1} . Demonstrou que ao intensificar a produção animal houve uma redução das emissões de GEE. Porém, as vantagens

da intensificação não estão associadas nas reduções das emissões de GEE, mas na redução da área requerida para produzir a mesma quantidade de produto, reduzindo assim a emissão por unidade de produto (Cardoso et al., 2016).

A utilização de fertilizantes (nitrogênio, fósforo e potássio) pode atribuir aumentos significativos na produção animal em ganho em peso vivo (Andrade et al. 2012), na mesma circunstância, ocasiona aumentos das emissões de GEE no sistema de produção. No entanto, é esperado que essas emissões sejam compensadas pela redução no tempo de criação, de modo que haja uma redução geral das emissões de GEE por quilograma de produto (Cardoso et al. 2016; Crosson et al., 2011; Thornton e Herrero, 2010).

Ao garantir uma boa produção de carne, sem necessidade de abertura de novas áreas através do desmatamento, promove a sustentabilidade do sistema e minimiza os efeitos ao ambiente. Como resultado a têm-se a intensificação e a mitigação das emissões de GEE (Dias-Filho, 2014). Todavia, Zanatta (2010) relata que ainda são necessários esforços na identificação e desenvolvimento de estratégias e tecnologias eficientes em promover menores emissões por unidade de produto.

2.5 Emissão de metano pelos bovinos em pastejo

A produção animal, em particular a produção de bovinos em pastagens, traz um custo ambiental significativo, sobretudo na contribuição das emissões de GEE, principalmente o metano (CH_4), que é produto da fermentação entérica e representa entre 32 e 40% das emissões GEE totais emitidos pelo setor pecuário. De toda a emissão causada pelos ruminantes, em torno de 21 a 26% da emissão de CH_4 é causada pelos bovinos (corte e leite), isso corresponde a 22,78 Mg ano (Lascano & Cárdenas, 2010).

O metano é produzido pela degradação microbiana da matéria orgânica sob condições anaeróbicas, como parte do processo do metabolismo de carboidratos. Os carboidratos são

considerados a principal fonte de energia para o animal ruminante (Almeida et al., 2015). Presente nas plantas, os carboidratos podem ser considerados em três frações de acordo com a acessibilidade à ação enzimática.

Os açúcares (glicose), que são prontamente disponíveis, os polissacarídeos de reserva (amidos), que são prontamente disponíveis à ação enzimática e os polissacarídeos da parede celular (celulose, hemicelulose, substâncias pécticas, lignina). Os polissacarídeos são considerados a porção fibrosa do alimento e estão indisponíveis a todos os animais, pois os mesmos não possuem enzimas necessárias para a digeri-los (Klevenhusen et al.,2010).

Para a quebra dos carboidratos presente na parede celular das plantas, os herbívoros se utilizam de associações simbióticas com microrganismos, estes são capazes de produzir celulases e outras enzimas que realizam a quebrar ligações beta de polissacarídeos, ou carboidratos complexos. Os microrganismos são responsáveis pela degradação de 75-85% da matéria seca digestível, sendo estes fundamentais na digestão dos ruminantes (Klevenhusen et al., 2010).

Após a ingestão do alimento e posterior ruminação pelo animal, o contato dos microrganismos com as fibras dará início ao processo de fermentação nos ruminantes. Esse processo é o resultado de atividades físicas e microbiológicas que convertem componentes ingeridos em produtos aproveitáveis, como ácidos graxos voláteis, proteína microbiana, vitaminas do complexo B e K, e produtos não aproveitáveis, como CH₄ e CO₂. Os principais produtos finais do metabolismo microbiano são os ácidos graxos voláteis de cadeia curta (AGV's): ácido acético, propiônico e butírico (Van Soest, 1994). Juntos com os AGV's são produzidos outros compostos secundários, como lactato, álcool, CH₄ e CO₂ (Berndt et al. 2014).

A produção do CH₄ decorrente da degradação microbiana, ocorre durante o processo de redução dos monossacarídeos em piruvato resultando na produção NADH, o qual é oxidado

por enzimas reduzidas (ferrodoxinas), que transferem seus elétrons para prótons originando o gás H_2 , que é excretado pelas células bacterianas para o fluido ruminal e ali é utilizado pelas bactérias metanogênicas como fonte de energia, produzindo metano a partir da redução de gás carbônico (Berndt et al. 2014). O CH_4 também pode ser produzido por protozoários, os quais podem constituir até 20% dos microrganismos metanogênicos do rúmen (Jobin, 1999). Em relação as proporções dos gases produzidos no rumem, Hill et al. (2015) dizem que variam de 65% CO_2 , 27% CH_4 , 7% N , e que essa proporção pode variar em função do sistema de alimentação.

Mills et al. (2001) concluíram em estudos com diferentes tipos de alimentos, em fermentação *in vitro*, que a emissão entérica de metano é afetada pelas concentrações dietéticas de amido em relação à fibra. Dieta rica em grãos propiciam maior produção de propionato, não eliminando H^+ no rúmen ao final do processo. Dietas com alto teor de fibras, como as forrageiras propiciam maior desenvolvimento de bactérias celulolíticas. As quais promovem uma relação acetato:propionato maior, levando a um excesso de hidrogênio no rúmen, que torna indispensável a ação das bactérias metanogênicas para a manutenção do ambiente ruminal.

A produção de metano funciona como um sumidouro de H^+ , para manter o pH do meio dentro das condições ideais para o desenvolvimento de outros microrganismos (Church, 1988). Para isso, a eliminação do metano produzido na fermentação ruminal ocorre por dois caminhos, parte é pela respiração quando o CH_4 é absorvido pela parede ruminal e entra na corrente sanguínea e parte é eliminado via eructação, caminho que elimina em maior quantidade (Ferreira et al., 2014). Todavia, o CH_4 na atmosfera e sua alta concentração constitui um problema sócio econômico e ambiental, visto que o aumento desse gás contribui para mudança do clima. Berndt et al. (2014) afirmam que a emissão de GEE pelos ruminantes

precisa de atenção no âmbito de avaliação, visto que existe um rebanho de 3,6 bilhões de ruminantes domésticos no mundo.

Todavia, a mensuração de CH₄ em diferentes dietas, com diferentes categorias são necessários para a tomada de decisão no âmbito de mitigação do metano. Recentes publicações têm colaborado para a idealização de um “perfil de emissão de metano” de bovinos, de acordo com a categoria animal e o tipo de dieta.

Em estudo, Demarchi et al. (2016), mensurou o CH₄ em rebanho de bovinos nelores em pastos de *Urochloa brizantha* cv. Marandu não suplementados, encontrou uma de média de 221 g CH₄ animal dia⁻¹. E esses valores são divergidos por Jonker et al. (2016), que encontrou valores de 139 g CH₄ animal dia⁻¹, em novilhas leiteiras alimentadas com silagem de alfafa. Esses autores evidenciam que a dieta com alto teor de fibras, são consideradas principais fatores para tais emissões entéricas.

Por outro lado, Hammond et al. (2015) comparou a emissão de CH₄ em novilhas leiteiras confinadas e alimentadas com capim-azevém. Observou uma emissão diária de 209 g de CH₄, os autores compararam ainda, que a cada quilograma de MS consumida, houve a emissão de 28,3 g de CH₄. Essa relação entre o CH₄ produzido por unidade de alimento ingerido é uma alternativa eficiente que oferece a oportunidade de seleção de animais menos eficientes, que emitam mais GEE por unidade de produto (Chizzotti et al., 2014).

Mazzetto et al. (2015) publicaram um estudo comparando sistemas intensivos, semi-intensivos e extensivo, observaram que a emissão de CH₄ foi reduzida à medida em que se intensificou o sistema. Os autores relatam ainda, que o uso da fertilização associado ao manejo correto das pastagens, têm-se uma melhora da qualidade da forragem e conseqüentemente redução da emissão individual. Além disso, sistemas pastoris produtivos ocasiona emissões significativamente mais baixas ao considerar o balanço de carbono

pecuário, pois se contabiliza a absorção de CO₂ por gramíneas forrageiras (Soussana et al., 2010).

Diante do exposto, a quantificação das emissões de CH₄ e CO₂ por unidade de produto obtido (carne, leite, lã) considerando o balanço de carbono no solo são fundamentais para a caracterização da produção animal. Todavia, ainda se é necessário avaliar e mensurar as emissões de GEE considerando todos os compartimentos de produção (solo/planta/animal/atmosfera) para que assim, evite distorções e conclusões que não reflitam a realidade, considerando a dinâmica dos gases de efeito estufa (Oliveira, 2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIEC- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (2016). Disponível em: <http://www.abiec.com.br/3_pecuaria.asp>. Acesso em: 12 set. 2016.
- ALMEIDA, R.F.; REZENDE, N.; SILVEIRA, E.; HADDAD, C.; W. B. (2015) Emissão de óxido nitroso em solos com diferentes usos e manejos: uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente** 8(2), 441. doi.org/10.17765/2176-9168.2015v8n2p441-461
- AMÉZQUITA, M. C.; MURGUEITIO, E.; IBRAHIM, M.; RAMÍREZ, B. (2008) Carbon sequestration in pasture and silvo-pastoral systems under conservation in management in four ecosystems of tropical América. **Conservation Agriculture carbon off set consultation** FAO 9.
- ANUALPEC- Anuário Brasileiro da Pecuária (2017). Disponível em <<http://www.anualpec.com.br/>>. Acesso em 28/02/2018.
- ARGEL, M.; PEDRO, J.; MILES, J. W.; GARCIA, G.; DAVID, J.; CUADRADO CAPELLA, H.; LASCANO; C. E. (2007) **Cultivar mulato II (Brachiaria híbrido CIAT 36087) Gramínea de alta calidad y producción forrajera, resistente a salivazo y adaptada a suelos tropicales ácidos bien drenados** (publicação CIAT).
- ARGEL, P. J., MILES, J. W., GUIOT GARCÍA, J. D.; LASCANO, C. E. (2005) Cultivar mulato (Brachiaria híbrido CIAT 36061): Gramínea de alta producción y calidad forrajera para los trópicos. (publicação CIAT).
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M; MARTÍNEZ, G. B. (2011) Contribuições dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física** 4(6), 1014-1026.
- BATEMAN E.J. & BAGGS E.M. (2005) Contributions of nitrification and denitrification to N₂O emissions from soil sat different water- filled pore space. **Biology and Fertility of Soils** 41, 379-388.
- BENVENUTTI, M. A.; PAVETTI, D. R.; POPPI, D. P; GORDON, I. J.; CANGIANO, C. A. (2016) Defoliation patterns and their implications for the management of vegetative tropical pastures to control intake and diet quality by cattle. **Grass Forage Science** 71, 424-436.
- BERNDT, A.; ALVES, B.J.T.; BARIONI, L.G.; BODDEY, R.M. (2014) Mitigação da Emissão de Gases da Produção Animal. In “Gestão Ambiental na Agropecuária”. (Eds Palhares, J.C.P., Gebler, L.) 285-318.
- BRAGA, J. G. (2010) Sequestro de carbono em pastagens cultivadas. **Pesquisa e Tecnologia** 7 (1).
- BRASIL (2012) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1ª edição. INSS-978-85-7991-062-0

- BRASIL. DO CLIMA, Comitê Interministerial Sobre Mudança. (2008) Plano nacional sobre mudança do clima. PNMC.
- CARDOSO, A.S.; BERNDT, A.; LEYTEM, A.; ALVES, B.J.; DE CARVALHO, I.D.N.; DE BARROS SOARES, L.H.; BODDEY, R.M. (2016) Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems** 143, 86-96.
- CARNEVALLI, R. A.; DA SILVA, S. C.; BUENO, A. D. O.; UEBELE, M. C.; BUENO, F. O.; HODGSON, J., MORAIS, J. P. G. (2006). Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical grasslands** 40(3), 165.
- CAVALLI, J. (2016). **Estratégias de manejo do pastejo para *Panicum maximum* cvs. Quênia e Tamani**. Universidade Federal de Mato Grosso. Dissertação.
- CERRI, C.C. & CERRI, C.E.P. (2007) Agricultura e aquecimento global. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo** 32, 40-44.
- CHIZZOTTI, F. H. M; PIMENTEL, R. M.; CHIZZOTTI, M. L. (2014) Estratégias de mitigação de gases de efeito estufa na pecuária de corte em Sistemas Integrados. In “**Anais do 1º Simpósio de Pecuária Integrada- Intensificação da produção animal em pastagens**” (Eds Pedreira, B.C.; Pereira, D.H.; Pina, D.S; Carnevalli; R.A; Lopes, L.B.) 177-202.
- CHURCH, D. C. (1988) **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. (Publicação Waveland Press).
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 28/04/2017.
- CORRÊA, R. S.; MADARI, B. E.; CARVALHO, G. D.; COSTA, A. R.; PEREIRA, A. C. C.; MEDEIROS, J. C. (2016) Fluxos de óxido nitroso e suas relações com atributos físicos e químicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 51(9), 1148-1155.
- CRESTANI, S.; MASCHERONI, J.D.C.; GEREMIA, V.E.; CARNEVALLI, R.A.; MOURÃO, G.B.; DA SILVA, S.C. (2017) Sward structural characteristics and herbage accumulation of Piatã palisade grass (*Brachiaria brizantha*) in a crop–livestock–forest integration area. **Crop and Pasture Science** 68 (9), 859-871.
- CROSSON, P.; SHALLOO, L.; O'BRIEN, D.; LANIGAN, G.J.; FOLEY, P.A.; BOLAND, T.M. (2011) A review: whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. **Animal Feed Science and Technology** 166–167, 29–45.
- DA SILVA & NASCIMENTO JR. (2007) Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira Zootecnia** 36 (especial), 121-138.
- DA SILVA, S. C. & PEDREIRA; C. G. S. (1997) Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In “**Simpósio sobre ecossistemas de pastagens 3**”. (Publicação FUNEP) 1-62.

- DA SILVA, S. C. & SBRISSIA, A. F. (2001) A planta forrageira no sistema de produção. In “**Simpósio sobre manejo da pastagem 17**”. (Publicação ESALQ) 71-88.
- DE ARAÚJO, I. M. M.; DOS SANTOS DIFANTE, G.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; DA COSTA GOMES, R. (2017). Animal Performance with and without Supplements in Mombaça Guinea Grass Pastures during Dry Season. **Journal of Agricultural Science** 9 (7), 145.
- DEMARCHI, J. D. A.; MANELLA, M. Q.; PRIMAVERSI, O. M. A. S. P. R.; FRIGHETTO, R. T. S.; ROMERO, L. A.; BERNDT, A.; LIMA, M. A. (2016). Effect of seasons on enteric methane emissions from cattle grazing *Urochloa brizantha*. **Journal of Agricultural Science** 8(4), 106.
- DEMSKI J.B. (2013) **Desempenho e comportamento de vacas lactantes em pastagens de cultivares de braquiárias**. Instituto de Zootecnia. Dissertação.
- DIAS FILHO, M. B. (2010) Produção de bovinos a pasto na fronteira agrícola. In “**Congresso Brasileiro de Zootecnia 10**” (publicação Palmas Editora) 131-145.
- DIAS FILHO, M. B. (2011) **Degradação de Pastagens: Processos, causas e estratégias de recuperação**, 4º ed. (publicação Embrapa Amazônia Oriental).
- DIAS FILHO, M. B. (2014) Diagnóstico das Pastagem do Brasil. Embrapa Amazônia Oriental. Disponível em <http://www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_online>. Acesso em 28/09/2017.
- DIAS FILHO, M. B.; VALLE, C. B. do; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; VALERIO, J. R.; MENDES-BONATTO, A. B.; VERZIGNASSI, J. R.; TORRES, F. Z. V.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, C. D.; BARRIOS, S. C. L.; MACHADO, L. A. Z.; ZIMMER, A. H. BRS. (2017) Ipyporã ("belo começo" em guarani): híbrido de Brachiaria da Embrapa. **Comunicado técnico** nº 137, Embrapa Gado de Corte.
- ECHEVERRIA, J. R.; EUCLIDES, V. P. B.; SBRISSIA, A. F.; MONTAGNER, D.; BARBOSA, R. A.; NANTES, N. N. (2016) Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* 'BRS RB331 Ipyporã' sob pastejo intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 51(7), 880-889.
- EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; VALLE, C. B. D.; NANTES, N. N. (2016). Animal performance and sward characteristics of two cultivars of *Brachiaria brizantha* (BRS Paiaguás and BRS Piatã). **Revista Brasileira de Zootecnia** 45(3), 85-92.
- EUCLIDES, V.P. & EUCLIDES FILHO, K. (1998) Uso de animais na avaliação de forrageiras. **Documentos** nº 74 (publicação Embrapa Gado de Corte).
- FERNANDES, M.D.S. & FINCO, M.V.A. (2014) Integrated crop-livestock systems and climate change policies. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 44(2), 182-190
- FERREIRA, A.C.C.; LEITE, L.F.C.; ARAÚJO, A.S.F.; EISENHAUER, N. (2014) Land-use type effects on soil organic carbon and microbial properties in a semi-arid region of northeast Brazil. **Land Degradation & Development** (Print).

- FIGUEIREDO, E.B.; JAYASUNDARA, S.; DE OLIVEIRA B.R.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A.; WAGNER-RIDDLE, C.; LA SCALA JR, N. (2017) Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, 142, 420-431.
- GUIOT GJD & MELÉNDEZ NF (2003) Producción anual de forraje de cuatro especies de *Brachiaria* en Tabasco. In “**Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria 16**” (publicação Villahermosa).
- HAMMOND, K.J.; WAGHORN G.C.; HEGARTY, R.S. (2016) The GreenFeed system for measurement of enteric methane emission from cattle. **Animal Production Science** 56, 181–189.
- HILL, J., MCSWEENEY, C.; WRIGHT, G, A.D.; BISHOP-HURLEY, G.; KALANTAR-ZADEH, K. (2015) Measuring methane production from ruminants. **Trends in Biotechnology** 34(1), 26-35.
- HODGSON, J. (1990) **Grazing management: science into practice**. (publicação Science into practice).
- IPCC - Climate Change (2014) Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In “IPCC, Geneva, Switzerland” (Eds Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer).
- JOBLIN, K. N. (1999) Rumen acetogens and their potential to lower ruminant methane emissions. **Australian Journal of Agricultural Research** 50, 1307-1313.
- JONES, R.J AND R E SANDLAND, R.L. (1974) The relation between animal gain and stocking rate. Derivation of the relation from the results of grazing trials. **The Journal of Agricultural Science** 83, 335-342.
- JONKER, A.; MOLANO, G.; ANTWI, C.; WAGHORN, G.C. (2016) Enteric methane and carbon dioxide emissions measured using respiration chambers, the sulfur hexafluoride tracer technique, and a GreenFeed head-chamber system from beef heifers fed alfalfa silage at three allowances and four feeding frequencies. **Journal of animal science** 94(10), 4326-4337.
- KARIA, C.T.; DUARTE, J.B.; ARAÚJO, A.D. (2006) **Desenvolvimento de cultivares do gênero *Brachiaria* (trin.) Griseb. no Brasil**. (publicação Embrapa Cerrados).
- KLEVENHUSEN, F.; ZEITZ, J.O.; DUVAL, S.; KREUZER, M.; SOLIVA, C.R. (2010) Determination of the methane mitigating potential of garlic oil and one its most abundant compounds – diallyl disulfide – in sheep. In “Greenhouse Gases and Animal Agriculture” (publicação Banff Proceedings).
- LASCANO, C.E. & CÁRDENAS, E. (2010) Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. **Revista Brasileira de Zootecnia** (especial) 39, 175-182.
- LOPES, A.S. (1989) **Manual de fertilidade do solo**. (publicação anda/Potafos).
- MARTINS C. R.; PEREIRA P. A. P.; LOPES W. A.; ANDRADE J. B. (2003) Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre. **Química Nova** 5, 28-41.

- MARTINS, A. M. (2013) **Sequenciamento de DNA, montagem de novo do genoma e desenvolvimento de marcadores microssatélites, indels e SNPs para uso em análise genética de *Brachiaria ruziziensis***. Universidade de Brasília. Tese.
- MARTINS, J.D.; RESTLE, J.; BARRETO, I.L. (2000) Produção Animal em Capim Papuã (*Brachiaria Plantaginea* (Link) Hitchc) Submetido a Níveis de Nitrogênio. **Ciência Rural** 30 (5), 887-892.
- MAZZETTO, A.M.; BARNEZE, A.S.; FEIGL, B.J.; VAN GROENIGEN, J.W.; OENEMA, O.; DE KLEIN, C.A.M.; CERRI, C.C. (2015) Use of the nitrification inhibitor dicyandiamide (DCD) does not mitigate N₂O emission from bovine urine patches under Oxisol in Northwest Brazil. **Nutrient cycling in agroecosystems** 101(1), 83-92.
- MILLS, J; DIJKSTRA J, BANNINK, A.; CAMMELL, S.B.; KEBREAB E.; FRANCE, J. (2001) A mechanistic model of whole-tract digestion and methanogenesis in the lactating dairy cow: model development, evaluation, and application. **Journal Animal Science** 79, 1584–1597.
- MONTEIRO L. C.; VERZIGNASSI J. R., BARRIOS S. C. L.; VALLE, C. B.; FERNANDES C. D.; BENTEO G. L.; LIBÓRIO C. B. (2016) *Brachiaria decumbens* intraspecific hybrids: characterization and selection for seed production. **Journal of Seed Science** 38 (1), 62-67.
- MORAIS, V. A.; SCOLFORO, J. R. S.; SILVA, C. A.; MELLO, J. M. D.; GOMIDE, L. R.; OLIVEIRA, A. D. D. (2013) Carbon and biomass stocks in a fragment of cerrado in Minas Gerais state. **Ceres** 19(2), 237-245.
- MOSIER, A.; WASSMANN, R.; VERCHOT, L., KING, J.; PALM, C. (2004) Methane and nitrogen oxide fluxes in tropical agricultural soils: sources, sinks and mechanisms. **Environment, Development and Sustainability** 6, 11–49.
- MOTT, G. O. (1960). Grazing pressure and the measurement of pasture production. In “Proceedings of the 8th International Grassland Congress”.
- NOGUEIRA, A. K. S.; RODRIGUES, A. R.; CASTRO, B. S.; NOGUEIRA, T. F.; DA SILVA, J. J.; BEHLING, M.; ARMANCOLO, N.; MOMBACH, M. A.; SILVEIRA, J. G. (2015) Emissões de óxido nitroso e metano do solo em áreas de recuperação de pastagens na Amazônia Matogrossense. **Química Nova** 38(7), 937-943.
- NOGUEIRA, A.K.D.S.; RODRIGUES, R.D.A.R.; SILVA, J.J.N.D.; BOTIN, A.A.; SILVEIRA, J.G.D.; MOMBACH, M.A.; ROMEIRO, S.D.O. (2016) Nitrous oxide fluxes in an integrated crop-livestock-forestry system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 51(9), 1156-1162.
- OLIVEIRA, P.P.A. (2015) Gases de efeito estufa em sistemas de produção animal brasileiros e a importância do balanço de carbono para a preservação ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física** 08 (especial); 623-634.
- PARSONS, A. J.; LEAFE, E. L.; COLLETT, B.; PENNING, P. D.; LEWIS, J. (1983) The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology** 20,127-139.

- PEDREIRA B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. (2009) Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38 (4) 618-625.
- PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.; Da SILVA, S. (2007) Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégia de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 42 (2), 281-287.
- PEQUENO, D. N.; PEDREIRA, C. G.; SOLLENBERGER, L. E.; DE FARIA, A. F.; SILVA, L. S. (2015) Forage accumulation and nutritive value of brachiaria grasses and Tifton 85 bermudagrass as affected by harvest frequency and irrigation. **Agronomy Journal** 107(5), 1741-1749.
- PEREIRA, R. C., DAVIDE, L. C., TECHIO, V. H., & TIMBÓ, A. L. O. (2012) Duplicação cromossômica de gramíneas forrageiras: uma alternativa para programas de melhoramento genético. **Ciência Rural**, 42(7) 1278-1285.
- SARTOR, L. R. (2009) **Eficiência de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio por plantas de papuã submetidas a diferentes intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dissertação.
- SILVA, L.L.G.G.; ALVES, G.C.; RIBEIRO, J.R.A.; URQUIAGA, S.; SOUTO, S.M.; FIGUEIREDO, M.V.B.; BURITY, H.A. (2010) Fixação biológica de nitrogênio em pastagens com diferentes intensidades de corte. **Archivos de Zootecnia** 59 (225), 21-30.
- SILVA, V. J.; PEDREIRA; C. G.; SOLLENBERGER, L. E.; SILVA, L. S.; YASUOKA, J. I.; ALMEIDA, I. C. (2016) Canopy height and nitrogen affect herbage accumulation, nutritive value, and grazing efficiency of ‘Mulato II’ brachiaria grass. **Crop Science** 56(4), 2054-2061.
- SOUSSANA, J. F.; TALLEC, T.; BLANFORT, V. (2010) Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. **Animal** 4 (3), 334-350.
- THORNTON, P.K. & HERRERO, M. (2010) Potential for reduced methane and carbon dioxide emissions from livestock and pasture management in the tropics. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 107(46), 19667-19672.
- VALÉRIO, J. R. (2009). Cigarrinhas-das-pastagens. **Documentos** nº 179. (publicação Embrapa Gado de Corte).
- VALÉRIO, J.R.; TORRES, F.Z.V.; SILVA, L.C; RÔDAS, P.L.; ARAÚJO NETO, A.; OLIVEIRA, M.C.M. (2012) Avaliação e seleção de híbridos do gênero *Brachiaria* (Griseb) quanto à resistência à cigarrinha *Mahanarva* sp. (Hemiptera: Cercopidae). In: “**Reunião** anual da sociedade brasileira de zootecnia 49” (Publicação Sociedade Brasileira de Zootecnia).
- VALÉRIO, J.R; TORRES, F.Z.V; DA SILVA, L.C.; RÔDAS, P.L; OLIVEIRA, M DA C. M. (2011) Selecting *Brachiaria* Hybrids for Resistance to the Pasture Spittlebug *Notozulia entreriana* (Berg) (Hemiptera: Cercopidae). In “**Proceedings of the III International Symposium on Forage Breeding**” (Publicação Embrapa).

- VALLE, C. B. do; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; VALERIO, J. R.; MENDES-BONATTO, A. B.; VERZIGNASSI, J. R.; TORRES, F. Z. V.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, C. D.; BARRIOS, S. C. L.; DIAS FILHO, M. B.; MACHADO, L. A. Z.; ZIMMER, A. H. (2017) BRS. Ipyporã ("belo começo" em guarani): híbrido de *Brachiaria* da Embrapa. **Comunicado técnico** nº 137. (Publicação Embrapa Gado de Corte).
- VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. (2009) O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres** 56 (4), 460-472.
- VAN SOEST, P. J. (1994). **Nutritional ecology of the ruminant**. (publicação Cornell University Press).
- VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M. (1997) Biologia dos solos dos Cerrados. (Publicação Planaltina, Embrapa).
- VENDRAMINI, J.M.B.; SOLLEMBERGER, L E.; LAMB, G.C.; FOSTER, J.L; LIU, K.; MADDIX, M.K. (2012) Forage accumulation, nutritive value, and persistence of 'Mulatto II' *Brachiaria* grass in Northern Florida. **Crop Science** 52 (1), 9.
- WOLF, P.; GROEN, E. A.; BERG, W.; PROCHNOW, A.; BOKKERS, E. A.; HEIJUNGS, R.; DE BOER, I. J. (2017) Assessing greenhouse gas emissions of milk production: which parameters are essential. **The International Journal of Life Cycle Assessment** 22(3), 441-455.
- ZANATTA, J. A. (2010) Nitrous oxide and methane fluxes in south Brazilian gleisole affected by nitrogen fertilizers. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 34 (5), 1653-1665.
- ZANINI, G. D.; SANTOS, G. T.; SCHMITT, D.; PADILHA, D. A.; SBRISSIA, A. F. (2012). Distribuição de colmo na estrutura vertical de pastos de capim Aruana e azevém anual submetidos a pastejo intermitente por ovinos. **Ciência Rural** 42(5), 882-887.
- ZEN, S. D.; BARIONI, L. G.; BONATO, D. B. B.; ALMEIDA, M. D.; RITTI, T. F. (2008) Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa (GEE). (Publicação Esalq/Cepea).
- ZIMMER, A. H.; CORRÊA, E. S. (1993) A pecuária nacional, uma pecuária de pasto. In "Encontro sobre recuperação de pastagens 1" (Publicação Nova Odesa).

CAPÍTULO 1

Respostas agronômicas, valor nutricional e desempenho animal em pastos de ipyporã e mulato II no Bioma Amazônia

RESUMO: Objetivou-se a avaliar a produção de forragem e desempenho animal em pastos de capim-ipyporã e capim-mulato II sob lotação contínua no bioma Amazônia. O período experimental foi de 31 de maio de 2016 a 01 de junho de 2017. O experimento seguiu um delineamento em blocos completos casualizados, com dois cultivares e quatro repetições. O capim-ipyporã (*B. ruziziensis* x acesso de *B. brizantha*) foi comparado ao capim-mulato II (*B. ruziziensis* x *B. brizantha* x *B. decumbens*). A área utilizada no experimento possui 12 hectares e foi dividida em 8 piquetes com 1,5 ha cada. A quantificação da massa de forragem (MF), acúmulo de forragem (AF) e desempenho animal foram feitos em ciclos de 28 dias. A maior MF foi observada para a cultivar Ipyporã (7.717 kg ha⁻¹). Porém, o AF total (28.684 kg ha⁻¹) foi maior no capim-mulato II. Na época das águas foram registrados os maiores AF (20.805 kg ha⁻¹), sem diferença entre cultivares. Nessa época, ocorreu a maior incidência de cigarrinhas-das-pastagens em pastos de capim-mulato II. Não houve diferença para o ganho médio diário entre as cultivares (730 g dia⁻¹). Contudo, o ganho de peso por área no período foi maior para a cultivar Mulato II (1.231 kg ha⁻¹). O manejo adequado do pasto e da pastagem gerou padrões semelhantes de desempenho animal individual para ambas as cultivares. Contudo, pastos de capim-mulato II apresentam maior taxa de lotação e ganho de peso per área.

Palavras-chave: cigarrinha-das-pastagens, intensificação da produção, lotação contínua, meta de pastejo

Agronomic responses, nutritional value and animal performance in ipyporã and mulato II pastures in the Amazon Biome

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the forage production and animal performance in grasses of ipyporã grass and mulatto grass II under continuous stocking in the Amazon biome. The experimental period was from May 31, 2016 to June 1, 2017. The experiment followed a randomized complete block design with two cultivars and four replicates. The ipyporã grass (*B. ruziziensis* x access of *B. brizantha*) was compared to the mulatto grass II (*B. ruziziensis* x *B. brizantha* x *B. decumbens*). The area used in the

33 experiment has 12 hectares and was divided into 8 pickets with 1.5 ha. The quantification of
34 the forage mass (MF), forage accumulation (AF) and animal performance were done in cycles
35 of 28 days. The highest MF was observed for the cultivar Ipyporã (7717 kg ha⁻¹). However,
36 the total AF (28,684 kg ha⁻¹) was higher in mulatto grass II. At the time of the waters were
37 recorded the highest AF (20,805 kg ha⁻¹), without difference between cultivars. At that time
38 there was the highest incidence of spittlebug in mulatto grass II grasses. There was no
39 difference for the average daily gain among the cultivars (730 g day⁻¹). However, the weight
40 gain per area in the period was higher for the cultivar Mulato II (1231 kg ha⁻¹). Adequate
41 pasture and pasture management generated similar patterns of individual animal performance
42 for both cultivars. However, mulatto grass pastures have higher productivity.

43

44 **Keywords:** continuous stocking, grazing goal, intensification of production, spittlebug

45

46 **Introdução**

47 A pecuária brasileira é caracterizada pela grande extensão territorial e por utilizar como
48 principal fonte de alimento para o ruminante as forrageiras de clima tropical. A utilização
49 destas torna o sistema de produção mais econômico, quando comparado com outras fontes de
50 alimento para a nutrição animal (Monteiro, 2016).

51 A área ocupada por pastagens no território brasileiro é em torno de 167 milhões de
52 hectares (ABIEC 2017), desse montante, em torno de 117 milhões de hectares são
53 estabelecidos com pastagens cultivadas com a lotação média de 1,25 animal ha⁻¹ (ABIEC,
54 2017), principalmente em pastos com gramíneas do gênero *Brachiaria* (Macedo et al. 2013).
55 Estima-se ainda, que 60 milhões de hectares são formados pela espécie *B. brizantha* (cv.
56 Marandu) (CONAB, 2017).

57 A ausência de diversificação, utilização em locais não adequados e/ou suscetibilidade
58 ao ataque de insetos pragas, nematoides ou fungos podem causar o insucesso no
59 estabelecimento, utilização ou persistência de forrageiras no sistema de produção animal
60 (Monteiro, 2016). Segundo Macedo et al. (2013), o uso de novas cultivares forrageiras

61 (híbridos) auxilia na diversificação de espécies e pode promover aumento na produtividade da
62 pecuária.

63 O manejo de pastagens, juntamente com a introdução e estudos de novos cultivares de
64 gramíneas e leguminosas, têm como objetivo obter forrageiras mais produtivas, com bom
65 valor nutricional e que apresentem resistência aos principais insetos pragas, como cigarrinhas-
66 das-pastagens (Silva & Nascimento Júnior, 2007). Sendo assim, o conhecimento do potencial
67 de produção de forragem e animal de novos híbridos, como as cultivares Ipyporã e Mulato II
68 em diferentes biomas brasileiros é necessário para adequação do uso dessas forrageiras em
69 diferentes sistemas de produção.

70 Todavia, é necessário comparar em termos de produção animal e observar o potencial
71 de resposta da planta sob pastejo. Diante disso, objetivo desse estudo foi avaliar a produção
72 de forragem e desempenho animal em pastos de capim-ipyoporã e capim-mulato II sob lotação
73 contínua no bioma Amazônia.

74

75 **Material e métodos**

76 O experimento foi realizado na Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop – MT, Brasil,
77 bioma Amazônia, com as coordenadas 11°51” Sul e 55°37” Oeste, e 370 m de altitude e
78 aprovado pelo Comitê de Ética de Instituição e Biossegurança (008/2016 – CEUA da
79 Embrapa Agrossilvipastoril).

80 O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa
81 (Embrapa, 2006), e de acordo como o sistema de taxonomia de solos norte americano (Soil
82 Survey Staff 2014), como Rhodic Hapludox. O clima é classificado como Am - clima de
83 monções, segundo os critérios de Köppen, ou seja, alternância entre a estação das chuvas e a
84 estação seca (Alvares et al. 2014). A temperatura média anual é de 25,3 °C e precipitação de
85 2.157 mm (Embrapa Agrossilvipastoril 2017). Os dados meteorológicos referentes ao período

86 experimental foram obtidos pela estação da Embrapa Agrossilvipastoril, localizada a 500 m
87 do experimento (Figura 1).

88 O experimento seguiu um delineamento em blocos completos casualizados, com duas
89 cultivares híbridas: Ipyporã (*B. ruziziensis* x *B. brizantha*; lançada em 2017 pela Embrapa) e
90 Mulato II (*B. ruziziensis* x *B. brizantha* x acesso de *B. decumbens*), em quatro repetições. A
91 área experimental de 12 hectares foi implantada em janeiro de 2016 e dividida em 8 piquetes
92 com 1,5 ha. O período experimental ocorreu de 31/05/2016 a 01/06/2017 e foi dividido em
93 duas estações: seca (31/05/2016 a 20/09/2016 e 20/03/2017 a 01/06/2017) e águas
94 (20/09/2016 a 20/03/2017).

95 Imediatamente antes da implantação do experimento (setembro 2015) e em agosto de
96 2016 foram feitas amostragens de solo para análise da composição química e física (Tabela
97 1). Em outubro de 2015, para corrigir a acidez do solo foram aplicadas 1,5 Mg ha⁻¹ de calcário
98 (incorporada) e em janeiro de 2016 foi realizado o plantio dos cultivares. Duas adubações
99 fosfatadas (superfosfato simples) foram feitas: uma durante o plantio e outra em janeiro de
100 2017 (cobertura), ambas utilizando a dose de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Nitrogênio e potássio foram
101 aplicados na dose de 50 kg ha⁻¹ de N e K₂O, na forma de sulfato de amônio e cloreto de
102 potássio, em março de 2016 e janeiro de 2017. Em outubro de 2016, para garantir o
103 fornecimento de cálcio e magnésio, foi aplicado novamente 1,5 Mg ha⁻¹ de calcário
104 (superfície).

105 Em 16 de janeiro de 2017 foi realizada uma aplicação de Engeo® (0,31 ha⁻¹) para
106 controle de cigarrinhas de pastagens em área total, devido aos danos severos no Mulato II.
107 Esse cultivar é sensível ao ataque de cigarrinhas, enquanto Ipyporã apresenta antibiose
108 (Valério et al. 2012).

109

110 *Acúmulo, densidade da forragem e valor nutritivo*

111 A altura do dossel foi monitorada semanalmente por meio de medições sistematizadas,
112 com uso de régua, divididas em cinco linhas com 15 pontos em cada, totalizando 75 pontos
113 por piquete. Para determinação do acúmulo de forragem (AF), utilizou-se o método da gaiola
114 pareada (Martins et al. 2013), alocando-se gaiolas circulares de exclusão do pastejo (0,62 m²
115 de área e 1,1 m de altura) em quatro pontos aleatórios em piquetes, em locais representativos
116 da média da altura da massa de forragem. Nas mesmas datas, quatro aros (molduras circulares
117 de 0,62 m² de área), também, foram coletados para determinar a massa de forragem no
118 piquete e possibilitar o cálculo do acúmulo de forragem pela diferença entre massa de
119 forragem da gaiola do cicloⁿ⁺¹ com o aro do cicloⁿ.

120 Para quantificação da massa de forragem foram amostrados cinco pontos
121 representativos da média do dossel, utilizando-se um retângulo 0,5 m² (0,5 m x 1m). A
122 forragem foi pesada, subamostrada (250 g) e levada à estufa de circulação forçada de ar a 55
123 °C até atingir peso constante, para determinação de peso seco. A densidade da forragem foi
124 obtida pelo quociente da massa de forragem e a altura no momento de coleta. A oferta de
125 forragem foi obtida pela razão massa de forragem com a taxa de lotação nos piquetes (kg/100
126 kg de peso corporal). Além disso, em cada ciclo (28 dias) foram coletadas amostras para a
127 caracterização da forragem pela técnica de pastejo simulado (Euclides, 1998).

128 As subamostras obtidas dos aros e do pastejo simulado foram pesadas e levadas para a
129 separação dos componentes morfológicos [folha (lâmina foliar), colmo (colmo + bainha) e
130 material morto]. A determinação do índice de área foliar foi realizada pelo método destrutivo
131 (IAFd) com auxílio de um integrador de área foliar (LI-3100 modelo LI-COR, Lincoln, Ne,
132 USA). Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa de circulação forçada de ar a 55 °C
133 até atingir peso constante para determinação do peso seco de cada componente.

134 Todas as amostras foram analisadas quanto aos teores de MS (método INCT-CAG-
135 003/1), MM e MO (INCT-CA M-001/1) PB (método INCT-CA N-001/1), FDN (método

136 INCT-CA F-001/1), FDA (INCT-CA F-003/1), FDNi (INCT-CA F-008/1) de acordo com os
137 métodos preconizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal
138 (INCT-CA; Detmann et al., 2012).

139 *Cigarrinha-das-pastagens*

140 Para quantificação das cigarrinhas-das-pastagens foram dispostos aleatoriamente em
141 cada piquete, três quadrados de 1 m². A contagem de adultos, espumas e ninfas foi realizada
142 nos dias 27/12/2016, 03/01/2017, 13/01/2017, 24/02/2017, 20/03/2017 e 28/04/2017 período
143 com maior incidência desse inseto.

144

145 *Raiz*

146 No final do verão de 2017 foi realizada a avaliação da massa de raiz. Nesta ocasião foi
147 determinado o número de touceiras por área, por meio da quantificação, em dez pontos
148 aleatórios por piquete e do número de touceiras contidas no interior de uma moldura
149 retangular (1,0 x 1,0 m). Em seguida três touceiras representativas da média do piquete foram
150 coletadas em cada unidade experimental.

151 As coletas foram preconizadas entre as 15:00 e 17:00 horas, horário de maior
152 concentração de reservas orgânicas. Dessa forma, as touceiras selecionadas foram coletadas,
153 cortando o dossel ao nível do solo (resíduo), e em seguida foi realizada a coleta de touceiras a
154 20 cm de profundidade (raiz).

155 O resíduo coletado foi seco à 105°C durante 1 hora, para cessar os processos
156 respiratórios, e depois à 55°C durante 72 horas, com posterior pesagem. As raízes coletadas
157 foram levadas para o laboratório e congeladas imediatamente. Posteriormente, foram lavadas
158 sobre peneiras com água corrente para remoção de toda terra e, na sequência, foram levadas à
159 estufa à 55°C durante 72 horas. Todas as amostras secas foram moídas em moinho tipo
160 Wiley, com tamanho de partícula de 1mm (Pedreira et al. 2017).

161 A massa resíduo ou raiz foi calculada por meio da multiplicação do peso seco de cada
162 componente na touceira pela densidade (touceiras/área) (Pedreira et al. 2017).

163

164 *Desempenho Animal*

165 Foram avaliados novilhos da raça Nelore (*Bos indicus*) machos não castrados com
166 peso médio inicial de $250 \pm 11,9$ kg e, aproximadamente, 11 ± 2 meses de idade. Foram
167 definidos dois grupos de animais: traçadores e reguladores (Difante et al. 2009). Os traçadores
168 (três animais/piquete) permaneceram na unidade experimental durante todo o período, o que
169 possibilitou o cálculo do ganho médio em peso diário (GMD). Os mesmos foram pesados a
170 cada 28 dias, após jejum de líquido e sólido de 16 horas para avaliação de desempenho e
171 ajuste da taxa de lotação, assim como os animais reguladores que eventualmente estivessem
172 no piquete. Estes animais reguladores foram inseridos ou retirados da área de acordo com a
173 necessidade para manter a altura do pasto próxima a meta estabelecida (30 cm).

174 A taxa de lotação (TL) foi obtida pelo quociente do peso médio dos animais
175 (traçadores e reguladores) e a área de pastagem. O ganho em peso por área (GPA) foi
176 determinado pelo produto entre o GMD dos animais traçadores e a TL. Durante todo o
177 período experimental, os animais tiveram acesso irrestrito a sal mineral (cálcio: 39%, fósforo:
178 45%, cloreto de sódio: 39%, enxofre: 0,4% e micro-minerais: cobalto, cobre, iodo, manganês,
179 selênio, zinco e ferro).

180

181 *Modelo Matemático e Análise Estatística*

182 O experimento seguiu o seguinte modelo matemático para produção de forragem,
183 composição morfológica, valor nutritivo, desempenho animal e cigarrinha.

$$184 \quad Y_{ijk} = \mu + B_i + C_j + E_{ij} + T_k + CT_{jk} + E_{ijk}$$

185 Em que:

186 Y_{ijk} = valor observado no i -ésimo bloco do j -ésimo cultivar da k -ésimo estação do ano;
187 μ = constante geral associada ao experimento;
188 B_i = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco;
189 C_j = efeito fixo associado ao j -ésimo cultivar;
190 E_{ij} = erro associado ao i -ésimo bloco e ao j -ésimo cultivar;
191 T_k = efeito fixo associado ao k -ésimo estações do ano (medias repetidas no tempo);
192 CT_{jk} = efeito da interação do j -ésimo cultivar com l -ésimo estações do ano;
193 E_{ijk} = erro aleatório associado ao i -ésimo bloco no j -ésimo cultivar na k -ésimo estação do ano
194 Para a características de raiz e densidade de touceiras:

$$195 \quad Y_{ij} = \mu + B_i + C_j + \epsilon_{ijk}$$

196 Em que:

197 Y_{ij} = valor observado no i -ésimo bloco do j -ésimo cultivar;
198 μ = constante geral associada ao experimento;
199 B_i = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco;
200 C_j = efeito fixo associado ao j -ésimo cultivar;
201 ϵ_{ijk} = erro aleatório associado ao i -ésimo bloco no j -ésimo cultivar.

202 Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos com estrutura
203 paramétrica espacial na matriz de covariância (AIC), por meio do procedimento MIXED do
204 software estatístico SAS (Littell et al. 2006). Cultivar e época foram consideradas como
205 efeitos fixos e bloco como aleatório. Para escolher a matriz de covariância foi usado o critério
206 de informação de Akaike. As médias dos tratamentos foram estimadas pelo “LSMEANS” e a
207 comparação foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”) com nível de
208 significância de 5%.

209 **Resultados**

210 *Anual*

211 *Produção de forragem e animal acumulados no período*

212 As alturas médias dos pastos de ipyporã e mulato II foram de 30 e 31 cm,
213 respectivamente. Houve diferença entre as cultivares ($p=0,0050$) para a massa de forragem
214 (MF), com valores 10,5% maior em pastos de capim-ipyporã quando comparado ao capim-
215 mulato II (Tabela 2). O acúmulo total de forragem foi maior em 31,3% para os pastos de
216 capim-mulato II ($p=0,0153$) do que em capim-ipyporã (Tabela 2).

217 Não houve diferença entre as cultivares para densidade ($p=0,0546$) e oferta de
218 forragem ($p=0,7059$) com valores médios de 240 kg MS $\text{cm}^{-1} \text{ha}^{-1}$ e 5,05 kg 100 kg^{-1} peso
219 corporal, respectivamente (Tabela 2). Assim como não foram observadas diferenças entre as
220 cultivares para taxa de lotação média ($p=0,3985$), mínima ($p=0,9406$) e máxima ($p=0,1954$),
221 com valores médios de 2,98; 1,48 e 5,0 UA ha^{-1} , respectivamente (Tabela 2).

222 Em relação ao desempenho animal, não houve diferença para ganho médio diário
223 (GMD) ($p=0,4453$) entre as cultivares (média de 700 g dia^{-1}). Contudo, houve diferença no
224 ganho de peso por área (GPA; $p=0,0136$), com valor acima de 300 kg ha^{-1} a mais para o
225 capim-mulato II (Tabela 2).

226

227 *Época*

228 *Desempenho agrônômico e valor nutritivo*

229 As alturas médias dos pastos ficaram próximas a altura pré-determinada nas épocas de
230 avaliação (30 cm). Para o capim-ipyporã, a altura variou de 29 cm (seca) a 31 cm (águas) e
231 para o capim-mulato II de 29 cm (seca) e 33 cm (águas).

232 Não houve interação cultivar x época para MF ($p=0,0505$) e para o AF ($p=0,1984$)
233 (Tabela 3), com a maior MF observada na cultivar Ipyporã. Entre as cultivares, os valores de

234 AF também foram semelhantes (12.632 kg ha⁻¹; $p=0,1656$). Contudo, houve diferença entre
235 as épocas do ano ($p=0,0023$), com acúmulo de forragem 3,6 vezes maior na época das águas.

236 Houve efeito de interação cultivar x época para DF ($p=0,0355$). No período seco, os
237 valores de DF foram semelhantes entre as cultivares, com média de 256 kg MS cm⁻¹ ha⁻¹.
238 Todavia, na época das águas, o capim-mulato II teve uma DF 18% menor às observadas em
239 pastos de capim-ipyporã (Tabela 3).

240 Para a composição morfológica da MF, houve efeito da interação cultivar x época para
241 proporção de folhas ($p=0,0029$) e colmo ($p=0,0003$). As maiores proporções de folhas
242 ocorreram no período das águas e foram semelhantes entre as cultivares (428 g kg⁻¹, Tabela
243 3). No período seco, a cultivar mulato II apresentou as maiores proporções de folha
244 comparado com a cultivar Ipyporã. Entre as cultivares, o capim-mulato II apresentou
245 proporção de colmo 24% menor na época da seca em relação ao capim-ipyporã. Entre as
246 épocas avaliadas, o capim-ipyporã apresentou as menores proporções de colmo nas águas,
247 sem diferença para o capim-mulato II.

248 A proporção de material morto e IAF diferiram somente entre as épocas avaliadas
249 ($p=0,0496$ e $p= 0,0072$, respectivamente). O material morto foi de 294 g kg⁻¹ MS para o
250 período das águas e 387 g kg⁻¹ MS para o período seco. Para o IAF, a média foi de 6,1 para o
251 período chuvoso e 3,6 para o período seco (Tabela 3).

252 Para a composição morfológica da forragem do pastejo simulado, houve interação
253 cultivar x época para as proporções de folhas e colmos ($p<0,0001$). As maiores proporções de
254 folha e colmo foram verificadas na época das águas e secas, respectivamente. Pastos de
255 capim-ipyporã apresentaram menor proporção de folhas e maiores proporções de colmos
256 nessas épocas, respectivamente. Para proporção de material morto, houve apenas efeito de
257 época ($p= 0,0104$), com média de 42 g kg⁻¹ nas águas e 213 g kg⁻¹ na seca (Tabela 3).

258 Houve efeito de época para FDN ($p=0,0001$) e FDA ($p=0,6517$) na MF, com os
259 maiores valores obtidos para o período seco (667 g kg^{-1} e 352 g kg^{-1} , respectivamente) e
260 menores valores no período das águas com média de 647 g kg^{-1} e 301 g kg^{-1} para FDN e FDA,
261 respectivamente. As cultivares Ipyporã e Mulato II apresentaram valores semelhantes de FDN
262 ($p=0,6517$) e FDA ($p=0,7872$) na MF, com valores médios de 657 g kg^{-1} e 326 g kg^{-1} ,
263 respectivamente.

264 Houve interação cultivar x época para proteína bruta (PB) ($p=0,0342$) na MF. Os
265 maiores teores de PB ocorreram no período das águas em pastos de capim-mulato II (109 g
266 kg^{-1}) e menor em pastos de capim-ipyoporã (93 g kg^{-1}), porém superiores a época da seca, cuja
267 média entre cultivares foi de 71 g kg^{-1} .

268 Não houve efeito de cultivar ou interação cultivar x época para FDN ($p=0,6744$;
269 $p=0,5580$), FDA ($p=0,8154$; $p=0,3550$) e PB ($p=0,4691$; $p=0,6142$) no pastejo simulado. Os
270 valores médios de FDN, FDA e PB foram 559 g kg^{-1} , 251 g kg^{-1} e 135 g kg^{-1} ,
271 respectivamente.

272 Houve efeito de época para FDN ($p=0,0005$), FDA e PB ($p<0,0001$) no pastejo
273 simulado. Os maiores valores de FDN (596 g kg^{-1}) e FDA (309 g kg^{-1}) ocorreram no período
274 seco e para PB ocorreu na época das águas (166 g kg^{-1}).

275 Na avaliação de cigarrinhas-das-pastagens, houve interação cultivar x época para
276 incidência de adultos ($p<0,0001$), espuma ($p<0,0001$) e ninfas ($p=0,0085$). O capim-mulato II
277 apresentou a maior incidência de adultos de 27/dez a 13/jan em relação ao capim-ipyoporã
278 (Tabela 4). No período avaliado, o menor número de adultos foi observado em 27/dez para o
279 capim-ipyoporã e 28/abr para o capim-mulato II. A maior quantidade de ninfas ocorreu em
280 03/jan em pastos de capim-mulato II e a menor incidência ocorreu no mês de abril para a
281 cultivar Ipyoporã (Tabela 4). No período avaliado, o número de ninfas foi maior na cultivar
282 Mulato II em todas as épocas avaliadas, com menor valor encontrado em abril para ambas as

283 cultivares. O maior número de espumas ocorreu em pastos de capim-mulato II em 03/jan, a
284 menor incidência ocorreu no mês de abril, quando não foi registrada a presença de espumas
285 na cultivar Ipyporã.

286 Houve diferença para densidade populacional de touceiras entre as cultivares
287 ($p < 0,0001$). O capim-mulato II apresentou maior população de touceiras (36,1%) seguida pelo
288 capim-ipyoporã (4,7 touceiras m^{-2}). Não houve diferença entre cultivares para massa de raiz
289 ($p = 0,6846$), com valor médio de 2340 kg ha^{-1} .

290

291 *Desempenho animal*

292 Não houve interação cultivar x época para oferta de forragem (OF; $p = 0,9947$),
293 tampouco para épocas ($p = 0,3742$) e cultivares ($p = 0,7186$), com OF média de $5,0 \text{ kg } 100 \text{ kg}^{-1}$
294 PC ao longo do período avaliado (Tabela 5).

295 Para taxa de lotação mínima (TL_{mín}), não houve efeito da interação cultivar x época
296 ($p = 0,1269$) e de cultivares ($p = 0,8688$). Contudo, houve efeito de época ($p < 0,0001$), em que a
297 estação chuvosa apresentou média 3,5 vezes superior ao período seco (Tabela 5).

298 Houve interação cultivar x época ($p < 0,0001$) para taxa de lotação média (TL_{méd}) e
299 taxa de lotação máxima (TL_{máx}). A maior TL_{méd} foi registrada nos pastos de capim-mulato
300 II no período das águas, e entre as estações, os menores valores foram observados na época
301 seca. Assim como para a TL_{méd}, a maior TL_{máx} ocorreu na época das águas para o capim-
302 mulato II, com valores semelhantes entre as cultivares no período seco.

303 Não houve efeito de cultivar ($p = 0,3587$) ou interação cultivar x época ($p = 0,1361$) para
304 GMD. Todavia, houve efeito de épocas ($p = 0,0005$), com os maiores ganhos registrados na
305 época das águas (Tabela 5).

306 Houve interação entre cultivar x época para GPA ($p=0,0327$). O maior GPA foi
307 registrado no período das águas no capim-mulato II, sem diferença entre as cultivares no
308 período seco (Tabela 5).

309

310 **Discussão**

311 Os fatores meteorológicos exercem influência principalmente na taxa de crescimento
312 de plantas, afetando o acúmulo de forragem. Na época das águas, o AF foi 4,6 vezes superior
313 à época da seca (Tabela 3). Essa diferença acentuada de AF é justificada pela redução na
314 disponibilidade hídrica no solo (Figura 1). Em sistema de produção com pastagens, a
315 produtividade da forrageira depende dos recursos naturais (energia luminosa, água e do
316 suprimento de nutrientes no solo) para seu crescimento (Hodgson 1990). A falta de um desses
317 fatores é suficiente para promover limitações de produção.

318 O manejo também é um fator determinante da produção de forragem. Pedreira et al.
319 (2007) relatam que ao se respeitar a altura do dossel e adotar um manejo adequado, é possível
320 ter uma MF constante. Nesse estudo, a altura utilizada conforme estudos de Valle et al. (2017)
321 para capim-ipyporã e Silva et al. (2016) e Pequeno et al. (2015) para capim-mulato II
322 propiciou semelhança da MF na época das águas e seca.

323 Além disso, a estratégia de pastejo interfere na densidade, na massa e na distribuição
324 em profundidade das raízes (Barros, 2014). Pois, em condição de lotação contínua (com meta
325 de pastejo) poderá haver maior densidade de perfilhos basais, garantindo a perenização da
326 forrageira (Mott, 1960). Espera-se ainda, que maiores MF resultem em touceiras de maior
327 densidade (Pedreira et al. 2017). Todavia, nesse ensaio as maiores MF corresponderam em
328 menores densidades de touceiras para pastos de capim-ipyporã com efeito contrário em pastos
329 de capim-mulato II.

330 A redução da MF em pastos de capim-mulato II pode estar associada ao ataque de
331 cigarrinhas-das-pastagens decorrido na época das águas. Nessa época, houve uma redução de
332 15% da MF em pastos de capim-mulato II. Sistemas de produção de pastagens estão sujeitos
333 ao ataque de insetos e pragas que podem afetar a produtividade da forrageira. As cigarrinhas-
334 das-pastagens são consideradas como umas das principais pragas de gramíneas forrageiras na
335 América Tropical. Além de diminuir o acúmulo e a MF, podem resultar em redução da
336 capacidade de suporte das pastagens (Valério et al. 2012).

337 Nos meses de dezembro e janeiro, observou-se redução em até 70% na MF em pastos
338 de capim-mulato II, o que resultou em necessidade de redução em TL. Antes do registro de
339 ataque das cigarrinhas-das-pastagens, a TL era superior a 9,1 UA ha⁻¹. Durante o período de
340 incidência houve redução de 300% na TL. Nesse mesmo período, a cultivar Ipyporã
341 apresentou resistência ao ataque (Tabela 4). Dentre as principais características, o capim-
342 ipyporã possui facilidade ao manejo e resistência a cigarrinhas-das-pastagens (Valle et al.
343 2017).

344 Todavia, mesmo com o registro de ataque de cigarrinhas-das-pastagens, pastos de
345 capim-mulato II obteve um AF e GPA em torno de 37% e 40% a mais, respectivamente,
346 comparado a pastos de capim-ipyporã na época das águas. Isso ocorreu porque o mulato foi
347 mais produtivo, ou seja, permitiu maior TL e conseqüentemente maior GPA. Além disso, o
348 capim-mulato II é um híbrido de *B. ruziziensis*, possui bom valor nutritivo, o que contribuiu
349 para o bom desempenho individual dos animais (Pequeno et al. 2015).

350 A DF está relacionada com as proporções de colmo, lâminas foliares e material morto
351 (Melo et al. 2015). Nesse experimento, os pastos de capim-ipyporã apresentaram os maiores
352 valores de DF, porém com as menores proporções de colmo e material morto na MF na época
353 das águas, período em que as taxas de crescimento são mais aceleradas.

354 A forragem oriunda do pastejo simulado, na época das águas, apresentou maior
355 proporção de folha e menor de material morto. Reflexo das maiores taxas de crescimento e
356 renovação de tecidos (Fulkerson & Donaghy, 2001). Esse fato fica evidente quando se
357 observa o IAF. Durante o período das águas, as forrageiras tiveram IAF 63% superior ao
358 período seco, devido a maior produção de folhas (Tabela 3).

359 Os capins apresentaram valor nutritivo, composição morfológica na MF e no pastejo
360 simulado semelhantes. Além de relação folha:colmo foram semelhantes entre as cultivares.
361 Todavia, no período seco, houve uma menor proporção de folhas na MF e no pastejo
362 simulado, devido à redução nas taxas de crescimento e, também, pelo consumo animal via
363 pastejo.

364 Apesar da diferença entre as cultivares na proporção de colmos da MF e do pastejo
365 simulado, os valores de FDN e FDA foram semelhantes. Embora os teores tenham sido
366 diferentes do encontrados em estudos de Pequeno et al. (2015) e Pedreira et al. (2016). A
367 composição química da fração FDN afeta a digestibilidade da forrageira (NRC 2001), pois, a
368 lignificação da celulose e hemicelulose diminui a disponibilidade nutricional (digestibilidade)
369 da FDN, com interferência direta no ganho individual (Van Soest 1994).

370 O elevado desempenho individual (GMD) obtido nesse experimento (730 g dia⁻¹) é
371 reflexo do potencial das cultivares associados ao adequado manejo das pastagens e do pastejo.
372 Esses ganhos podem ser atribuídos ao valor nutritivo e a composição morfológica da
373 forragem ofertada (Pequeno et al. 2015). Além disso, a média de GMD obtido nesse
374 experimento são superiores ao encontrado por Valle et al. (2017).

375 Outro fator que pode ter contribuído para os ganhos individuais foi a OF que ficou
376 acima do mínimo de 2,5 kg 100 kg⁻¹ PC sugerido por Silva et al. (2009), pois propicia boa
377 estrutura de pastagem e é capaz de aumentar o GMD e o ganho por área. Altos valores de OF

378 permitem a seleção do relvado pelo animal, melhorando assim, o desempenho individual
379 (Silva et al. 2016).

380 Para manter a altura pré-determinada a 30 cm, a taxa de lotação foi ajustada conforme
381 a taxa de acúmulo de forragem. Desta forma, no período das águas, em que as condições
382 climáticas foram favoráveis ao crescimento, houve maior taxa de acúmulo de forragem
383 refletindo na TL. Isto posto, as TLmín, TLMéd, e TLMáx foram maiores na época das águas,
384 que corresponderam aos maiores GPA, principalmente em pastos de capim-mulato II. Os
385 resultados para TLMéd e o GPA foram em média 1,5 e 8 vezes superiores à média brasileira
386 as quais são 1,25 UA ha⁻¹ e 4 @ ha⁻¹ ano⁻¹ (ABIEC, 2017). Esses ganhos em produtividades
387 podem ser resultantes da adubação de manutenção com 50 kg de N e KCl ha⁻¹ e 40 kg de P₂O₅
388 ha⁻¹ e o manejo utilizado. Esse é um exemplo em que a pecuária tradicional pode ser
389 melhorada por meio do manejo do pastejo e da pastagem (Cardoso et al. 2016).

390 Ambas as cultivares apresentaram padrões de respostas semelhantes (Tabela 2) visto
391 que o manejo do pastejo adotado foi fundamental para melhorar os sistemas baseados em
392 pastagens devido ao seu impacto na AF e na persistência das plantas (Sollenberger et al.
393 2012).

394

395 **Conclusões**

396 O manejo de pastagem adotado conferiu padrões semelhantes de composição
397 morfológica, valor nutricional e desempenho animal individual para a cultivar Ipyporã e
398 Mulato II. No entanto, pastos de capim-mulato II garantem taxa de lotação e ganho de peso
399 em área superior a pastos de capim-ipyoporã.

400 Pastos de capim-mulato II são altamente susceptíveis ao ataque das cigarrinhas-das-
401 pastagens. Em áreas de elevada incidência desse inseto, o capim-ipyoporã é uma excelente

402 opção, pois além de apresentar elevados ganhos em produção animal apresenta resistência ao
403 ataque de cigarrinhas-das-pastagens.

404

405 **Conflito de interesse**

406 Os autores declaram que não há conflito de interesse.

407

408 **Referências**

409 ABIEC (2017) Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras - Perfil da pecuária no
410 Brasil. Relatório Anual.

411 Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JL de M, Sparovek G (2014) Köppen's
412 climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711–728.

413 Barros ACCD. (2014) Estoque de massa seca de raiz em pastos de capim-Florico manejados
414 sob intensidades de pastejo. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação.

415 Cardoso AS, Berndt A, Leytem A, Alves BJ, de Carvalho IDN, de Barros Soares LH, Boddey
416 RM. (2016). Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas
417 emissions and land use. *Agricultural Systems* 143, 86-96.
418 <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.12.007>

419 Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em <
420 <http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 28/04/2017.

421 Cooper, JP, 1983. Physiological and morphological advances for forage improvement.
422 International grassland congress n° 14.

423 Demski JB (2013) Desempenho e comportamento de vacas lactantes em pastagens de
424 cultivares de braquiárias. Instituto de Zootecnia (Publicação Nova Odessa). Dissertação

425 Detmann E, Souza MA, Valadares Filho SC, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba EOS,
426 azevêdo J (2012). Métodos para análise de alimentos - Instituto Nacional de Ciência e
427 Tecnologia em Ciência Animal. (Publicação Visconde do Rio Branco-Suprema).

428 Dias-filho MB (2014) Diagnóstico das pastagens no Brasil. (Publicação Embrapa Amazônia
429 Oriental). Documentos. Disponível em: www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_online. Acesso
430 em 03/02/2018.

431 Difante GDS, Nascimento Júnior DD, Euclides VPB, Silva SCD, Barbosa RA, Gonçalves,
432 WV (2009) Sward structure and nutritive value of tanzania guineagrass subjected to rotational
433 stocking managements. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38(1), 9-19.

- 434 Embrapa (2006) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2ª ed (Publicação Embrapa).
- 435 Embrapa Agrossilvipastoril. (2017) Estação meteorológica automática. Disponível em
436 <<https://www.embrapabr/agrossilvipastoril/estacao-meteorologica>> acessado em 15 de
437 outubro de 2017.
- 438 Euclides VP & Euclides Filho K (1998) Uso de animais na avaliação de forrageiras.
439 Documentos no 74 (publicação Embrapa Gado de Corte).
- 440 Fulkerson WJ; Donaghy DJ (2001) Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence - key
441 criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a
442 review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41, 261–275.
- 443 Hodgson J. (1990) Grazing management: science into practice. In “Scientific & Technical”
444 (Eds J Wiley & S Longman) pp. 203. (Publicação Science into practice).
- 445 Littell RC, Milliken GA, Stroup WW, Wolfinger RD, Schabenberger O (2006) ‘SAS for
446 mixed models.’ 2nd edn. (SASInstitute Inc.: Cary, NC)
- 447 Macedo MCM, Zimmer AH, Kichel NA, Almeida RG, Araújo AR (2013) Degradação de
448 Pastagens, Alternativas de Recuperação e Renovação, e Formas de Mitigação. Encontro de
449 Adubação de Pastagens da Scot Consultoria nº 1.
- 450 Martins CDM, Euclides VPB, Barbosa RA, Montagner DB, Miqueloto T (2013) Consumo de
451 forragem e desempenho animal em cultivares de *Urochloa humidicola* sob lotação contínua.
452 *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48, 1402–1409. doi:10.1590/S0100-204X2013001000012
- 453 Melo CJ, Alexandrino E, de Paula Neto JJ, Marinho Silva AA, Neuman Miranda Neiva J, de
454 Rezende JM (2015). Preferência de forragem de Capim-Marandu (*Urochloa brizantha* cv.
455 Marandu) manejado sob lotação intermitente e submetido à doses de nitrogênio na Amazônia
456 legal. *Semina: Ciências Agrárias* 36(4).
- 457 Monteiro LC, Verzignassi JR, Barrios SCL, Valle CB, Fernandes CD, Benteo GL, Libório
458 CB (2016) *Brachiaria decumbens* intraspecific hybrids: characterization and selection for
459 seed production. *Journal of Seed Science* 38 (1), 62-67.
- 460 Mott GO (1960) Grazing pressure and the measurement of pasture production. In
461 “Proceedings of the 8th International Grassland Congress Beading”.
- 462 Pedreira BC, Pedreira CG, Da Silva S (2007) Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de
463 *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégia de pastejo. *Pesquisa*
464 *Agropecuária Brasileira* 42 (2), 281-287.
- 465 Pedreira CG, Silva VJ, Newman YC, Sollenberger LE (2016) Yearling cattle performance on
466 continuously stocked ‘Tifton 85’ and ‘Florakirk’ bermudagrass pastures. *Crop Science* 56(6),
467 3354-3360.

- 468 Pedreira CGS, Silva VJ, Pedreira BC, Sollenberger LE (2017) Herbage accumulation
469 dynamics and organic reserves of xaraés palisadegrass in response to grazing Management
470 based on Canopy Targets. *Crop Science* 11. doi: 10.2135/cropsci2016.11.0957.
- 471 Pequeno DN, Pedreira CG, Sollenberger LE, De Faria AF, Silva LS (2015) Forage
472 accumulation and nutritive value of brachiariagrasses and Tifton 85 bermudagrass as affected
473 by harvest frequency and irrigation. *Agronomy Journal* 107(5), 1741-1749.
- 474 RNC - National Research Council. (2007). *Nutrient requirements of dairy cattle* 7, 381.
- 475 Silva FD, Sá JD, Schi, AR, Ítavo LCV, Silva RR, Mateus RG (2009). Suplementação a pasto:
476 disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. *Revista Brasileira de*
477 *Zootecnia* 38(1), 371-389.
- 478 Silva SC & Nascimento Júnior D (2007). Avanços na pesquisa com plantas forrageiras
479 tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista*
480 *Brasileira de Zootecnia* 36, 121-138.
- 481 Silva VJ, Pedreira CG, Sollenberger LE, Silva LS, Yasuoka JI, Almeida, IC (2016) Canopy
482 height and nitrogen affect herbage accumulation, nutritive value, and grazing efficiency of
483 ‘Mulato II’ brachiariagrass. *Crop Science* 56(4), 2054-2061.
- 484 Soil survey staff (2014) *Taxonomia de Solos*. United States Department of Agriculture:
485 Washington, DC.
- 486 Sollenberger LE & Cherney DJR (1995) Evaluating forage production and quality. In
487 “Forages, 5th Ed. (Vol. 2)”. (Eds Barnes RF, Miller DA, Nelson CJ) pp 97-110. (Publicação
488 Iowa State University Press).
- 489 Sollenberger LE, Agouridis CT, Vanzant ES, Franzluebbbers AJ, Owens. LB (2012)
490 Prescribed grazing on pasturelands. In “Conservation outcomes from pastureland and hayland
491 practices: Assessment, recommendations, and knowledge gaps”. (Eds Nelson C) pp 111–204.
492 (Publicação Allen Press).
- 493 Valério JR, Torres FZV, Silva LC, Rôdas PL, Araújo Neto A, Oliveira MCM (2012)
494 Avaliação e seleção de híbridos do gênero *Brachiaria* (Griseb) quanto à resistência à
495 cigarrinha *Mahanarva sp.* (Hemiptera: Cercopidae). In “Reunião anual da sociedade brasileira
496 de zootecnia 49”. (Publicação Sociedade Brasileira de Zootecnia).
- 497 Valle CB Do, Euclides VPB, Montagner DB, Valerio JR, Mendes-Bonatto AB, Verzignassi
498 JR, Torres FZV, Macedo MCM, Fernandes CD, Barrios SCL, Dias Filho MB, Machado,
499 LAZ, Zimmer AH (2017) BRS Ipyporã ("belo começo" em guarani): híbrido de *Brachiaria* da
500 Embrapa. Comunicado 137 (Publicação Embrapa Gado de Corte).
- 501 Van Soest PJ (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. (publicação Cornell University
502 Press).

CAPÍTULO 2

Sistema de produção com bovinos de corte em pastagens e as emissões de gases de efeito estufa na Amazônia brasileira

RESUMO: Objetivou-se avaliar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em sistema de produção de bovinos de corte em pastagens de *Brachiaria* spp. no bioma Amazônia. O período experimental foi de 05 de janeiro a 25 de maio de 2017. O experimento seguiu um delineamento em blocos completos casualizados, com dois cultivares híbridos: Ipyporã (*B. ruziziensis* x acesso de *B. brizantha*) e Mulato II (*B. ruziziensis* x *B. brizantha* x *B. decumbens*), em quatro repetições. A área utilizada no experimento possui 12 hectares e foi dividida em oito piquetes com 1,5 ha cada. Foram determinados acúmulo, massa de forragem, taxa de lotação (TL), ganho médio diário e ganho em peso por área (GPA) de novilhos da raça Nelore (*Bos indicus*) não castrados, com peso médio inicial de $420 \pm 22,4$ kg e 20 ± 2 meses de idade. Para a avaliação de gases de efeito estufa do solo, em cada piquete, foram alocadas três câmaras estáticas modelo base-topo. A emissão de metano (CH_4) entérico foi avaliada nos animais em um piquete de cada cultivar utilizando dois equipamentos automatizados de medição de gases (GreenFeed®, C-Lock, Dakota do Sul, EUA). Não houve diferença entre as cultivares para as emissões de GEE do solo. Para cada quilograma de forragem acumulada foram emitidos 0,07 g de N_2O , 337 g de CO_2 e -0,0002 g de $\text{CH}_4 \text{ ha}^{-1}$. As maiores emissões de CH_4 entérico do rebanho foram observadas em pastagens de capim-mulato II ($828 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), que também apresentou o maior GPA acumulado (260 kg ha^{-1}) e a maior TL ($4,2 \text{ UA ha}^{-1}$). Houve um aumento na emissão relativa de CH_4 entérico por ganho de peso, com valores semelhantes em ambas as cultivares ($265 \text{ g CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ PV}$). No entanto, boas práticas de manejo do pastejo e da pastagem permitiram aumentar o desempenho dos animais e das forrageiras, o que propiciou redução das emissões relativas de GEE. Dessa forma, conclui-se que sistemas de produção animal em pastagens com manejo adequado do pastejo e da pastagem são capazes de garantir maiores incrementos em produtividade com potencial para mitigar as emissões de GEE.

Palavras-chave: capim-ipyporã, capim-mulato II, emissão de GEE, metano entérico, óxido nitroso

32 **Production system with beef cattle on pasture and greenhouse gas emissions in**
33 **the Brazilian Amazon**

34 **ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the greenhouse gas emissions
35 (GHG) in a system of production of beef cattle in pastures of *Brachiaria spp.* in the Amazon
36 biome. The experimental period was from January 5 to May 25, 2017. The experiment was
37 conducted in a randomized complete block design with two hybrid cultivars: Ipyporã (*B.*
38 *ruziziensis* x access of *B. brizantha*) and Mulato II (*B. ruziziensis* x *B. brizantha* x *B.*
39 *decumbens*), in four replicates. The area used in the experiment has 12 hectares and was
40 divided into eight pickets with 1.5 ha each. The accumulation, forage mass, stocking rate
41 (SR), mean daily gain and weight gain per area (GPA) of uncastrated Nelore steers (*Bos*
42 *indicus*), with an initial mean weight of 420 ± 22.4 kg and 20 ± 2 months of age. For the
43 evaluation of greenhouse gases of the soil, in each picket, three static chambers were allocated
44 base-top model. Emission of enteric methane (CH₄) was evaluated in animals in one picket of
45 each cultivar using two automated gas measurement equipment (GreenFeed®, C-Lock, South
46 Dakota, USA). There was no difference between cultivars for soil GHG emissions. For each
47 kilogram of accumulated forage, 0.07 g of N₂O, 337 g of CO₂ and -0,0002 g of CH₄ ha⁻¹ were
48 emitted. The highest enteric CH₄ emissions from the herd were observed in pastures of
49 mulatto grass II (828 g ha⁻¹ day⁻¹), which also had the highest GPA accumulated (260 kg ha⁻¹)
50 and the highest SR (4.2 UA ha⁻¹). There was an increase in the relative emission of enteric
51 CH₄ by weight gain, with similar values in both cultivars (265 g CH₄ kg⁻¹ PV). However,
52 good grazing and pasture management practices allowed the performance of animals and
53 fodder to be improved, which led to a reduction in relative GHG emissions. Thus, it is
54 concluded that animal production systems in pastures with adequate management of grazing
55 and pasture can guarantee greater increases in productivity with potential to mitigate GHG
56 emissions.

57
58 **Keywords:** enteric methane, GHG emission, ipyporã grass, mulatto grass II, nitrous oxide

59
60 **Introdução**

61 A pecuária brasileira é apontada como uma das principais emissoras de gases de efeito
62 estufa (GEE), em especial dos gases metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e dióxido de carbono
63 (CO₂). Isso ocorre, pois mais de 87% do rebanho bovino é criado em sistemas extensivos de

64 produção em pastagens (ABIEC, 2017), formados principalmente por gramíneas de clima
65 tropical do gênero *Brachiaria* (Jank et. al. 2014). Grande parte dessas áreas de pastagens não
66 são fertilizadas e possuem algum grau de degradação (Andrade et al. 2012), contribuindo para
67 a baixa eficiência bioeconômica e aumento dos impactos negativos sobre o ambiente,
68 resultando em maiores emissões de GEE do solo e do animal (Dias-Filho, 2014).

69 Neste contexto, o uso de tecnologias como os sistemas integrados (lavoura, pecuária e
70 floresta em diferentes arranjos) e recuperação de áreas degradadas de pastagens, pode
71 incrementar a produção via recuperação destas áreas e têm sido consideradas como
72 importantes estratégias para reduzir as emissões de GEE (Fernandes & Finco, 2014;
73 Figueiredo et al. 2016; Nogueira et al. 2016; Crestani et al. 2017).

74 Esse incremento em produção pode ser ainda maior quando se utiliza novas cultivares,
75 mais adaptadas e com maior capacidade de resposta ao uso de tecnologias como a correção e
76 fertilização do solo. Assim é possível aumentar a diversificação das espécies forrageiras na
77 propriedade e reduzir os riscos no sistema, como é o caso das cultivares Ipyporã e Mulato II
78 (Silva et al. 2016 e Valle et al. 2017).

79 A utilização adequada de sistemas de produção em pastagens e a busca por
80 intensificação não estão diretamente associadas às reduções das emissões CH₄ entérico ou ao
81 N₂O do solo, mas à redução da área requerida para produzir a mesma quantidade de produto,
82 reduzindo assim, a pressão sobre a abertura de novas áreas (Cardoso et al. 2016). A utilização
83 de fertilizantes no solo (nitrogênio, fósforo e potássio) pode aumentar significativamente as
84 emissões de GEE no sistema de produção, mas ao mesmo tempo pode melhorar o
85 desempenho animal (Andrade et al. 2012) com o fornecimento de alimento (forragem) em
86 quantidade e qualidade adequadas. Diante disso, espera-se que as maiores emissões sejam
87 compensadas pela redução no tempo de vida do animal, de modo que haja uma redução geral

88 das emissões de GEE por produto obtido (Thornton & Herrero 2010; Crosson et al. 2011;
89 Cardoso et al. 2016).

90 No entanto, é necessário monitorar e compreender os processos que resultam nas
91 emissões de GEE em sistemas de pastagens, principalmente com a utilização de novas
92 cultivares, que podem afetar as emissões e a produtividade do sistema. Nesse contexto, o
93 objetivo desse estudo foi mensurar as emissões de gases de efeito estufa em sistema de
94 produção de bovinos em pastagens de Ipyporã e Mulato II adequadamente manejadas, no
95 bioma Amazônia.

96

97 **Material e métodos**

98 O experimento foi realizado na Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop – MT, Brasil,
99 bioma Amazônia, com as coordenadas 11°51” Sul e 55°37” Oeste, e 370 m de altitude e
100 aprovado pelo Comitê de Ética de Instituição e Biossegurança (008/2016 – CEUA da
101 Embrapa Agrossilvipastoril).

102 O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa (Embrapa
103 2006), e de acordo como o sistema de taxonomia de solos norte americano (Soil Survey Staff
104 2014), como Rhodic Hapludox. O clima é classificado como Am - clima de monções,
105 segundo os critérios de Köppen, ou seja, alternância entre a estação das chuvas e a estação
106 seca (Alvares et al. 2014). A temperatura média anual é de 25,3 °C e precipitação de 2.157
107 mm (Embrapa Agrossilvipastoril 2017). Os dados meteorológicos referentes ao período
108 experimental foram obtidos pela estação da Embrapa Agrossilvipastoril, localizada a 200 m
109 do experimento (Figura 1).

110 O experimento seguiu um delineamento em blocos completos casualizados, com duas
111 cultivares híbridas: Ipyporã (*B. ruziziensis* x *B. brizantha*; lançada em 2017 pela Embrapa) e
112 Mulato II (*B. ruziziensis* x *B. brizantha* x acesso de *B. decumbens*), em quatro repetições. A

113 área experimental possui 12 hectares e foi dividida em 8 piquetes com 1,5 ha. O período
114 experimental foi de 05 de janeiro a 25 de maio de 2017.

115 Imediatamente antes da implantação do experimento (setembro 2015) e em agosto de
116 2016 foram feitas amostragens de solo para análise da composição química e física (Tabela
117 1). Em outubro de 2015, para corrigir a acidez do solo foram aplicadas 1,5 Mg ha⁻¹ de calcário
118 (incorporada) e em janeiro de 2016 foi realizado o plantio dos cultivares. Duas adubações
119 fosfatadas (superfosfato simples) foram feitas: uma durante o plantio e outra em janeiro de
120 2017 (cobertura), ambas utilizando a dose de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Nitrogênio e potássio foram
121 aplicados na dose de 50 kg ha⁻¹ de N e K₂O, na forma de sulfato de amônio e cloreto de
122 potássio, em março de 2016 e janeiro de 2017. Em outubro de 2016, para garantir o
123 fornecimento de cálcio e magnésio, novamente foi aplicado 1,5 Mg ha⁻¹ de calcário
124 (superfície).

125 Em 16 de janeiro de 2017 foi realizada uma aplicação de Engeo® (0,31 ha⁻¹) para
126 controle de cigarrinhas de pastagens em área total, devido aos danos severos no Mulato II.
127 Esse cultivar é altamente sensível ao ataque de cigarrinhas, enquanto Ipyporã apresenta
128 antibiose (Valério et al. 2012).

129

130 *Avaliações agronômicas do dossel*

131 Para manter a meta de pastejo, a altura do dossel foi monitorada semanalmente com a
132 mensuração de 75 pontos no piquete (cinco linhas de 15 pontos ao longo de cada piquete).

133 Para determinação do acúmulo de forragem (AF), utilizou-se o método da gaiola
134 pareada (Martins et al. 2013), alocando-se gaiolas circulares de exclusão do pastejo (0,62 m²
135 de área e 1,1 m de altura) em quatro pontos aleatórios nos piquetes, em locais representativos
136 da média. Nas mesmas datas, quatro aros (molduras circulares de 0,62 m² de área) foram
137 usados para marcar a área a ser coletada para a determinação da massa de forragem no

138 piquete. O cálculo do acúmulo de forragem foi calculado pela diferença entre o conteúdo da
139 gaiola do cicloⁿ⁺¹ com o aro do cicloⁿ. Além disso, após a observação do pastejo, foram
140 coletadas amostras (pastejo simulado) em pontos que representavam as condições médias do
141 dossel excluindo locais com fezes, perto dos bebedouros, cochos e lugar de descanso para a
142 caracterização da forragem consumida pelos animais.

143 Cada amostra oriunda da coleta no aro e pastejo simulado foi subamostrada e levada a
144 estufa de ventilação forçada de ar a 55°C por 72 horas para determinação da matéria seca. As
145 coletas de forragem foram realizadas durante o período chuvoso, de 05 de janeiro a 25 de
146 maio de 2017.

147 As amostras de forragem provenientes do pastejo simulado foram analisadas quanto
148 aos teores de MS (método INCT-CAG-003/1), PB (método INCT-CA N-001/1), FDN
149 (método INCT-CA F-001/1) e FDA (INCT-CA F-003/1) de acordo com os métodos
150 preconizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA;
151 Detmann et al. 2012).

152

153 *Avaliação das emissões de GEE e das concentrações de amônio e nitrato e espaço poroso*
154 *preenchido do solo*

155 Para avaliação das emissões de GEE, em cada piquete, foram alocadas três câmaras
156 estáticas modelo base-topo, dispostas aleatoriamente para a amostragem dos gases, no qual
157 foram protegidas com gaiolas de exclusão para que os animais não tivessem acesso. As bases
158 e os topos das câmaras eram constituídos de policloreto de vinil (PVC), com 30 cm de
159 diâmetro e 15 cm de altura, com área de 0,071 m² (Parkin & Ventera, 2010). As coletas de
160 gases e solo foram realizadas entre os dias 23 de janeiro a 25 maio de 2017.

161 As bases foram instaladas no campo com pelo menos 72 horas de antecedência da
162 primeira coleta de gás e permaneceram no solo durante todo o período de coleta. Em cada

163 câmara, na área central do topo, foi instalada uma válvula de três vias para realização da
164 coleta de gás, a qual foi feita em 25 pontos no tempo: cinco e três dias antes da fertilização,
165 por 15 dias consecutivos (período intensivo, incluindo o dia da fertilização) e, após esse
166 período, a cada sete dias por oito semanas.

167 Após o acoplamento do topo na base, com o auxílio de seringas de polipropileno, foi
168 coletada uma amostra de gás atmosférico (cerca de 20 cm³) fora da câmara e mais três coletas
169 de gás do interior de cada câmara, a cada 20 minutos, totalizando 60 minutos de coleta,
170 considerado o tempo máximo para coleta (Jantalia et al. 2008). As amostras coletadas foram
171 imediatamente transferidas para vials de vidro (20 mL) previamente evacuados. Nesse
172 momento, a temperatura de solo também foi mensurada com termômetros a 10 cm de
173 profundidade fixados ao lado da câmara.

174 Após a coleta dos gases, as amostras foram levadas ao laboratório para determinação
175 das concentrações de N₂O, CO₂ e CH₄. Estas análises foram realizadas por meio de
176 Cromatógrafo Gasoso (modelo Shimadzu® GC-2014) via sistema de injeção automático
177 provido com um detector de captura de elétrons (ECD) para determinação do N₂O e um
178 detector de ionização de chama (FID) para quantificar CH₄ e CO₂. Para estabelecer a curva
179 padrão foram utilizadas três soluções contendo as concentrações de 0,35; 0,8 e 2 ppm de N₂O
180 e 0,3; 0,7, e 5,0 ppm de CO₂ e 1,5; 10 e 100 ppm de CH₄.

181 Simultaneamente a coleta de gás, foi realizada a coleta de solo, a uma profundidade de
182 10 cm, com o auxílio de um trado holandês, para análise de nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺)
183 (Silva et al. 2010) e a 5 cm de profundidade, com anel volumétrico, para determinação do
184 espaço poroso preenchido por água (EPPA; Embrapa 1997). As amostras foram transportadas
185 em caixas de isopor com gelo e posteriormente congeladas para reduzir a perda de amônia por
186 volatilização. Durante o período intensivo de coleta de gás, as coletas de solo ocorreram a
187 cada cinco dias e, posteriormente, foram feitas junto com as coletas de gases (semanalmente),

188 totalizando 18 coletas de solo. As coletas de gases e solos foram realizadas sempre no período
189 da manhã (8 às 11 horas), momento em que ocorrem as emissões médias diárias de N₂O
190 (Zuchello 2010).

191

192 *Avaliação do desempenho animal e emissão de GEE do rebanho*

193 Para a determinação do desempenho animal e mensuração de CH₄ e CO₂ entérico
194 foram utilizados novilhos da raça Nelore (*Bos indicus*), não castrados, com peso médio inicial
195 de 417 ± 5,6 kg e 20 ± 2 meses de idade. O período de avaliação de desempenho foi de 12 de
196 janeiro e 04 de maio de 2017 e de mensuração dos gases de 01 de fevereiro a 31 abril de
197 2017.

198 Os animais em cada piquete foram divididos em dois grupos: traçadores e reguladores.
199 Os traçadores (3 animais/piquete) permaneceram na unidade experimental durante todo o
200 período, o que possibilitou o cálculo do ganho médio diário (GMD), por meio do ganho em
201 peso dividido pelo número de dias desse período. Os animais reguladores foram inseridos ou
202 retirados da área de acordo com a necessidade para manter a altura do pasto próxima a meta
203 estabelecida (30 cm).

204 A taxa de lotação (TL) foi obtida pelo quociente do peso médio dos animais
205 (traçadores e reguladores) pelo número de dias que permaneceram na unidade experimental e
206 esse valor, dividido pela área da pastagem (Petersen & Lucas 1968). Os animais foram
207 pesados a cada 28 dias após jejum de líquido e sólido de 16 horas para avaliação de
208 desempenho e ajuste da taxa de lotação. O ganho de peso por área (GPA) foi determinado
209 pelo produto entre o ganho médio diário (GMD) dos animais traçadores e o número de
210 animais por hectare (Petersen & Mott 1965).

211 Os animais tiveram acesso irrestrito a sal mineral (cálcio: 39%, fósforo: 45%, cloreto
212 de sódio: 39%, enxofre: 0,4% e micro-minerais: cobalto, cobre, iodo, manganês, selênio,
213 zinco e ferro) durante todo o período experimental.

214 As emissões de CH₄ e CO₂ entérico foram avaliadas por meio de dois equipamentos
215 automatizados de medição de gases GreenFeed® (C-Lock, Dakota do Sul, EUA; Jonker et al.
216 2016) alocados em um piquete de cada forrageira. Isso permitiu avaliar todos os animais do
217 piquete sem interferência no comportamento do rebanho.

218 Para estimular a visita dos animais ao equipamento, sem interferir na alimentação
219 basal e no ambiente ruminal, foi utilizado feno de capim-tifton (forragem com características
220 nutricionais semelhantes as cultivares avaliadas) flavolizado com baunilha (Mombach et al.
221 2018). Os animais podiam fazer até 8 visitas ao GreenFeed® com intervalo mínimo de 3
222 horas, o que garantia avaliações ao longo de todo o dia. A cada visita era fornecido no
223 máximo 375g de pellets, dividido em 7-8 porções de 50 g. Cada porção era ofertado com
224 intervalo de 40 segundos, o que permitia até 5 min de posicionamento no cocho.

225 Para que o sistema fizesse a medição dos gases era necessário um reconhecimento da
226 presença do animal que ocorria por meio de um sensor de rádio frequência (RFID), que
227 identifica brincos eletrônicos com numeração específica para cada animal e, da correta
228 posição do focinho que era feito por um sensor de proximidade localizado no cocho. Além de
229 registrar as concentrações de CH₄ e CO₂ por meio de sensores infravermelhos, o equipamento
230 media também a taxa de fluxo de ar, a temperatura do ambiente, umidade relativa e a posição
231 do focinho em intervalos de 1 s.

232 Durante o consumo, uma amostra de ar era captada por fluxo induzido de ar (1.200 a
233 1.600 L min⁻¹), o qual era acionado quando o equipamento detecta a presença do animal. Os
234 gases coletados eram misturados no tubo de coleta de ar e filtrados para remover poeiras e
235 outras partículas. Então, sub amostras de ar eram automaticamente coletadas

236 (aproximadamente 1 L min⁻¹) e encaminhadas para sensores infravermelhos não dispersivos
237 com medição contínua de concentração, com intervalo mínimo de 1 s (Huhtanen et al. 2015).

238 A concentração dos gases é calculada pela diferença do gás emitido durante o tempo
239 de visita do animal ao coeficiente do gás padrão (concentração conhecida). A calibração dos
240 gases nitrogênio, metano e dióxido de carbono foi realizada semanalmente com uso do gás
241 padrão (nitrogênio livre de oxigênio) e uma mistura de gases para calibração contendo 0,5
242 cmol/mol de dióxido de carbono e 1 μmol/mol de metano (Hammond et al. 2015; Hammond
243 et al. 2016).

244 *Modelo Matemático e Análise Estatística*

245 Com exceção da avaliação do espaço poroso preenchido por água, todas as demais
246 variáveis foram analisadas utilizando o seguinte modelo matemático:

$$247 \quad Y_{ijk} = \mu + B_i + C_j + E_{k(j)} + \epsilon_{ijk}$$

248 Em que:

249 Y_{ijk} = valor observado no i -ésimo bloco do j -ésimo cultivar da k -ésimo mês;

250 μ = constante geral associada ao experimento;

251 B_i = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco;

252 C_j = efeito fixo associado ao j -ésimo cultivar;

253 $E_{k(j)}$ = efeito fixo associado ao j -ésimo cultivar dentro do k -ésimo mês;

254 ϵ_{ijk} = erro aleatório associado ao i -ésimo bloco no j -ésimo cultivar na k -ésimo mês.

255

256 As variáveis foram submetidas ao teste de normalidade e então comparados utilizando
257 o teste “t” de Student, adotando o nível de 5% de significância para o erro tipo 1. Os dados
258 foram analisados pelo método de modelos mistos com estrutura paramétrica especial na
259 matriz de covariância, por meio do procedimento MIXED do software estatístico SAS (Littell
260 et al. 2006).

261 Para avaliar as eficiências relativas nas emissões de GEE por produto produzido foram
262 feitas análises de correlação pelo procedimento CORR, e quando significativo a 5% de
263 probabilidade, foram determinadas equações de regressão pelo procedimento REG. Ambos os
264 procedimentos foram feitos utilizando o software estatístico SAS.

265

266 **Resultados**

267 *Produção de forragem, valor nutritivo e emissão de GEE do solo*

268 As médias de altura dos pastos de Ipyporã e Mulato II no período avaliado foram de
269 30 e 29 cm, respectivamente. Houve efeito de cultivar ($p=0,0027$) e cultivar dentro dos meses
270 ($p=0,0022$) para a massa de forragem (MF). Pastos de capim-ipyporã tiveram uma MF
271 superior ($7.380 \text{ kg MS ha}^{-1}$) em relação aos pastos de capim-mulato II ($5.865 \text{ kg MS ha}^{-1}$).
272 Além disso, a maior MF foi observada no capim-ipyporã em janeiro, cuja produção foi 10%
273 superior a de fevereiro (segunda maior MF) (Tabela 2).

274 Para o acúmulo de forragem (AF) não houve diferença entre as cultivares ($p=0,8158$),
275 com média de 2.245 kg ha^{-1} . Contudo, houve diferença de cultivar dentro dos meses
276 ($p=0,0048$), com os maiores valores observados em janeiro e fevereiro em pastos de capim-
277 ipyporã e de janeiro a março em pastos de capim-mulato II.

278 A densidade de forragem (DF) diferiu entre as cultivares ($p<0,0001$) e entre os meses
279 avaliados ($p=0,0138$). A DF em pastos de capim-ipyporã ($244 \text{ kg MS cm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$) foi superior
280 às registradas em pastos de capim-mulato II ($202 \text{ kg MS cm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$). As maiores médias foram
281 observadas de janeiro e abril no capim-ipyporã e a menor em janeiro no capim-mulato II. A
282 oferta de forragem (OF) também não diferiu entre as cultivares ($p=0,5126$), com média de $6,1$
283 $\text{kg } 100 \text{ kg}^{-1}$ peso corporal. Todavia, diferiu para as cultivares dentro dos meses ($p=0,0165$),
284 com as maiores OF observadas em fevereiro em ambos os capins. Nesse mês a OF foi 56%
285 maior em relação aos demais meses avaliados.

286 Não houve efeito de cultivar para FDN ($p=0,1356$) e FDA ($p=0,8370$) nas amostras de
287 forragem do pastejo simulado, com valores médios de 528 e g kg^{-1} e 249 g kg^{-1} ,
288 respectivamente. Os valores de proteína bruta (PB) diferiram entre as cultivares ($p=0,005$),
289 com maior valor (154 g kg^{-1}) observado para o capim-mulato II do que para o capim-ipyporã
290 (137 g kg^{-1}). Contudo, houve efeito de cultivar dentro dos meses para FDN, FDA e PB
291 ($p<0,0001$). Os menores valores de FDN no pastejo simulado ocorreram em março em ambas
292 as cultivares e em fevereiro no capim-mulato II, com valor médio de 491 g kg^{-1} MS nesses
293 meses. Para os teores de FDA, os menores valores foram registrados em janeiro para ambas as
294 cultivares, porém com um aumento nos teores com o transcorrer dos meses. Os maiores teores
295 de PB foram mensurados em fevereiro em ambos os capins e em março no capim-mulato II.

296 Em relação ao espaço poroso preenchido por água (EPPA), o maior percentual foi
297 observado no dia 26/01 com média de 84% para capim-ipyporã e mulato II (Figura 2). Ao
298 longo do período experimental a média EPPA foi de 78%.

299 O teor de amônio (NH_4^+) no solo não diferiu entre as cultivares ($p=0,5316$), com
300 média de $21,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo. Contudo, houve diferença entre as cultivares nos meses
301 avaliados ($p<0,0001$), com a maior concentração em fevereiro para ambos os capins, com
302 média de $55,5 \text{ mg kg}^{-1}$ solo.

303 Para a curva de resposta de NH_4^+ no solo, a concentração que era de $4,8 \text{ mg kg}^{-1}$ de
304 solo, um dia após a fertilização foi para $44,2 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo (Figura 3). O maior valor
305 observado da concentração de NH_4^+ ocorreu cinco dias depois da adubação (30/01), com
306 média de $79,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo para ambas as cultivares. A partir de abril, as concentrações no
307 solo ficaram negativas, com valor médio de -4 mg kg^{-1} de solo no final do período
308 experimental.

309 Do mesmo modo que o teor de amônio no solo, os teores de nitrato (NO_3^-) não
310 diferiram entre as cultivares ($p=0,9545$) com valor médio de $7,92 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo. Entretanto,

311 houve diferença para as cultivares dentro dos meses ($p=0,0005$), e assim como NH_4^+ , os
312 maiores teores de NO_3^- no solo ocorreram em fevereiro para ambos os capins. Ao longo do
313 período avaliado observou-se um acréscimo de NO_3^- de $1,2 \text{ mg kg}^{-1}\text{dia}^{-1}$ no solo (Figura 4).
314 Os maiores valores foram obtidos após 10 dias da adubação para o capim-ipyporã e Mulato II
315 ($19,1$ e $20,8 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo, respectivamente).

316 No tocante as emissões de GEE do solo, não houve efeito de cultivar para as emissões
317 de N_2O ($p=0,8737$), com média de fluxo de $16,5 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. No entanto, houve diferença para
318 as cultivares nos meses avaliados ($p=0,0002$). Os maiores fluxos foram observados em janeiro
319 em pastos de capim-mulato II e em fevereiro em pastos de capim-ipyporã e mulato II, com
320 influxo registrado em maio para ambas as cultivares. Observou-se um pico de emissão desse
321 gás no quarto dia após a adubação (31/01) para a capim-mulato II ($456 \mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) e no
322 quinto dia (01/02) para o capim-ipyporã ($446 \mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$; Figura 5). Decorridos 30 dias após
323 a adubação, os fluxos de N_2O atingiram valores similares ao período anterior a adubação.

324 Não houve diferença entre cultivar ($p= 0,2380$) e cultivar dentro dos meses para CH_4
325 ($p= 0,2012$), com influxo médio de $0,73 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. A emissão de CO_2 também não diferiu
326 entre os capins ($p=0,0971$), com valores médios de $73,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Porém, houve diferença
327 para as cultivares dentro dos meses ($p=0,0002$), com as maiores emissões em fevereiro no
328 capim-mulato II.

329

330 *Desempenho animal e emissão de GEE do rebanho*

331 Para as variáveis de desempenho animal, houve efeito de cultivar ($p<0,05$) para a taxa
332 de lotação (TL) e ganho médio diário (GMD). Pastos de capim-mulato II tiveram TL ($4,2 \text{ UA}$
333 ha^{-1}) maior do que pastos de capim-ipyporã ($3,3 \text{ UA ha}^{-1}$). No entanto, o GMD foi menor para
334 o capim-mulato II (600 g ha^{-1}) que para o capim-ipyporã (760 g ha^{-1}). O ganho peso por área
335 mensal (GPA) não diferiu entre as cultivares ($p=0,0948$) com valor médio de 78 kg ha^{-1} . Para
336 o acumulado no período avaliado, o GPA diferiu entre as cultivares ($p=0,0238$) com maior

337 desempenho por área para a cultivar Mulato II (260 kg ha⁻¹) do que para a cultivar Ipyporã
338 (207 kg ha⁻¹).

339 No entanto, houve efeito de cultivar dentro dos meses ($p<0,001$) para todas as
340 variáveis de desempenho animal. As maiores TL e GPA foram observadas no mês de
341 fevereiro no capim-mulato II (Tabela 3). A TL foi duas vezes maior nesse mês em
342 comparação à média dos demais meses em ambas as cultivares. No GPA, o aumento foi de
343 46% em relação a cultivar Ipyporã, que no mesmo mês teve o segundo maior ganho por área.
344 Para o GMD, o maior valor foi verificado em março para animais mantidos em pastos de
345 capim-ipyoporã (Tabela 3). Nesse mesmo capim foi verificado também o menor GMD no mês
346 de abril.

347 Nas emissões entéricas de CH₄ e CO₂, houve efeito de cultivar ($p<0,0001$) e cultivar
348 dentro dos meses ($p<0,0001$). Em média, o rebanho mantido em pastos de capim-mulato II
349 apresentou maior emissão de CH₄ (828 g ha⁻¹ dia⁻¹) e CO₂ (25 kg ha⁻¹ dia⁻¹) entérico do que o
350 rebanho de bovinos em pastos de capim-ipyoporã, cujas emissões foram 508 g ha⁻¹ dia⁻¹ de
351 CH₄ e 17 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de CO₂. Em relação aos meses, as maiores emissões entéricas de CH₄ e
352 CO₂ ocorreram no mês de fevereiro também na cultivar Mulato II (Tabela 3). As emissões
353 nesse mês foram 2 vezes maiores em relação a cultivar Ipyporã, que no mesmo mês
354 apresentou a segunda maior emissão de CH₄ e CO₂. No geral, bovinos mantidos em pastos de
355 capim-mulato II emitiram diariamente 153 g CH₄ animal⁻¹ e 5 kg CO₂ animal⁻¹ e em pastos de
356 capim-ipyoporã as emissões foram de 162 g CH₄ animal⁻¹ e 5,5 kg CO₂ animal⁻¹.

357

358 *Emissões relativas de GEE*

359 Não houve diferença para emissão de GEE do solo pela forragem acumulada (AF)
360 para N₂O ($p=0,7875$), CH₄ ($p=0,2827$) e CO₂ ($p=0,1949$) entre as cultivares e cultivar nos
361 meses avaliados (N₂O, $p=0,8158$; CH₄ e CO₂, $p>0,200$). A cada quilograma de forragem

362 produzida, houve a emissão de 0,0694; 337,5 e -0,0002 g de N₂O, CO₂ e CH₄,
363 respectivamente.

364 Houve diferença na emissão relativa de CH₄ e CO₂ oriundo de fermentação entérica
365 por kg de forragem acumulada (CH_{4ent}/AF e CO_{2ent}/AF, respectivamente) para as cultivares
366 ($p=0,0001$) e para cultivar dentro dos meses ($p<0,001$). As maiores emissões relativas foram
367 observadas em pastos de capim-ipyporã (2,9 g de CH₄ e 98 g CO₂ por kg⁻¹ AF) em relação
368 aos pastos de capim-mulato II, que apresentou emissões médias de 1,7 g de CH₄ e 57 g CO₂
369 por kg⁻¹ AF. Dentre dos meses avaliados, as emissões relativas de CH_{4ent}/AF e CO_{2ent}/AF
370 foram maiores nos meses de março e abril no capim-ipyporã (Tabela 4). Nesses meses, houve
371 um aumento de 70 e 110% nas eficiências relativas para CH₄ e CO₂, respectivamente, em
372 relação à média dos demais meses.

373 Não houve diferença entre as cultivares para as emissões entéricas de CH₄ ($p= 0,8356$)
374 e CO₂ ($p= 0,7035$) para cada kg de peso vivo (PV) produzido (CH_{4ent}/PV e CO_{2ent}/PV,
375 respectivamente), com média de 265 g de CH₄ kg⁻¹ PV e 8.854 g de CO₂ kg⁻¹ PV,
376 respectivamente. Contudo, houve diferença de cultivar dentro dos meses avaliados
377 ($p<0,0008$). As maiores emissões por produto foram obtidas em abril em pastos de capim-
378 ipyporã (Tabela 4). Também em abril, houve aumento superior a 50% nas emissões relativas
379 de CH_{4ent}/PV e CO_{2ent}/PV em relação aos meses anteriores.

380 A partir das análises de correlação entre as emissões relativas de CH_{4ent}/PV ($r=0,90$) e
381 CH_{4ent}/AF ($r=0,62$), estabeleceu-se equações de regressão para verificar o efeito da
382 intensificação sobre as emissões de GEE entérico em sistemas de produção em pastagens.
383 Para cada kg de forragem acumulada (AF) produzido ou kg de ganho peso vivo (PV) houve
384 um aumento de 2,13 e 7,98 kg CH₄ ha⁻¹, respectivamente (Figura 6a e b).

385 No entanto, houve uma redução nas emissões relativas CH_{4ent}/TAF ($r=-0,92$) e
386 CH_{4ent}/GMD ($r=-0,89$) a medida em que se propiciou maior produção diária de forragem

387 (TAF) e desempenho diário na produção de carne (GMD) (Figura 6c e d) o que resulta em
388 aumento na eficiência do sistema de produção em pastagem.

389

390 **Discussão**

391 *Produção de forragem, valor nutritivo e emissão de GEE do solo*

392 A maior MF observada em pastos de capim-ipyporã (26%) em relação a pastos de
393 capim-mulato II é reflexo do hábito em prostrado e possivelmente devido a antibiose a
394 cigarrinhas das pastagens desta cultivar (Valério et al. 2012). Diferenças na MF observada no
395 mês janeiro é um possível indicativo do efeito do ataque desse inseto sobre pastos de capim-
396 mulato II, que naquele mês teve a menor MF.

397 Os maiores AF observados nos meses de janeiro e fevereiro, ocorreu devido a maior
398 incidência de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e precipitação pluviométrica nesse
399 período, que resultou em excesso de água no solo (Figura 1). De março em diante houve um
400 decréscimo na precipitação, com deficiência de água no solo a partir de abril, reduzindo o AF
401 nesses meses. Essa variação na produção de forragem refletiu diretamente sobre a DF. No
402 mês de janeiro foram observadas as maiores e menores DF, nos capins Ipyporã e Mulato II,
403 respectivamente, reflexo dos AF e MF nos capins avaliados.

404 As emissões de GEE em sistemas de produção em pastagens são advindas
405 principalmente da emissão durante a aplicação e uso de fertilizantes (orgânicos ou sintéticos)
406 em pastagens e da emissão via metabolismo animal (excreção de fezes e urina). No solo, as
407 emissões podem variar de acordo com a temperatura, umidade, textura, nutrientes, pH, tipo de
408 cultura, fonte e quantidade de fertilizante aplicado (Geber et al. 2013; Oertel et al. 2016). Em
409 relação às emissões dos animais, a disponibilidade e qualidade da forragem são os principais
410 fatores que afetam as emissões (Shibata & Terada 2010).

411 As variações dos fluxos de N₂O em pastos estão relacionados à aplicação de
412 fertilizantes nitrogenados, ao tipo de manejo adotado, as condições meteorológicas e EPPA
413 (Shimizu et al. 2010). Nesse experimento foi possível verificar uma forte influência da
414 adubação nitrogenada sobre as emissões de N₂O.

415 O valor inicial da emissão de N₂O nesse experimento foi superior ao encontrado por
416 Nogueira et al. (2015) em pastagem não adubada do gênero *Brachiaria* na Amazônia
417 brasileira, com valores médios de 10 µg N m⁻² h⁻¹ no período chuvoso. As transformações do
418 nitrogênio no solo são mediadas por microrganismos específicos e em diferentes fases e
419 processos. As bactérias do gênero *Nitrossomonas* fazem a oxidação biológica do NH₄⁺ a
420 nitrito (NO₂⁻), seguida pelo processo de nitrificação, em que as bactérias do gênero
421 *Nitrobacter*, transformam o NO₂⁻ em NO₃⁻. Ao mesmo tempo, o NO₃⁻ pode, pela ação de
422 bactérias heterotróficas, ser transformado em N₂O e ao gás dinitrogênio (N₂) durante o
423 processo de desnitrificação (Robertson 2015).

424 O aumento nos fluxos de N₂O após a adubação (Figura 5) é um reflexo do
425 fornecimento de substrato para os processos de nitrificação/desnitrificação. Transcorridos
426 cinco dias após a adubação houve um aumento de mais de 1000% na concentração de NH₄⁺
427 (Figura 3) e 50% na concentração de NO₃⁻ (Figura 4) no solo, cujo pico ocorreu 15 dias após a
428 adubação.

429 O NO₃⁻ é a uma das formas de utilização de N pelas plantas. Contudo, este composto
430 pode ser rapidamente perdido via lixiviação ou pelo processo de desnitrificação. Valores de
431 EEPA acima de 60% podem favorecer o processo de desnitrificação, aumentando os fluxos de
432 N₂O para a atmosfera (Snyder et al. 2009). No entanto, valores de EEPA acima de 80%, de
433 forma geral, contribuem para as perdas de nitrogênio na forma de N₂. No presente estudo,
434 observou-se aumento das concentrações de NH₄⁺ e NO₃⁻, logo após a adubação com
435 consequente aumento das emissões de N₂O.

436 Os maiores fluxos de N₂O ocorrerá do 5º ao 9º dia após a adubação em ambos os
437 capins e corresponderam a mais de 40% de toda a emissão do período avaliado (Figura 5).
438 Após esse intervalo, houve uma redução nos fluxos, com valores muito próximos aos
439 registrados anteriormente à adubação. O aumento das emissões de N₂O após a fertilização
440 indica um efeito intenso e de curta duração, variando de dias a pouco mais de uma semana
441 (Shcherbak et al. 2014).

442 Os influxos de CH₄ no solo durante o período avaliado é consequência do
443 preenchimento por água da maior parte do espaço poroso do solo, com média de 78% ao
444 longo do experimento. Os solos podem ter mecanismos de consumo ou produção natural de
445 CH₄, dependendo da presença ou ausência de oxigênio, em que a ausência favorece a ação de
446 bactérias metanogênicas (estritamente anaeróbicas), com consequente emissão de CH₄
447 (Denmead et al. 2008). Além disso, o uso de fertilizantes a base de sulfato resulta em aumento
448 da competição pelo H⁺ livre entre bactérias redutoras de sulfato e metanogênicas, reduzindo a
449 síntese de metano (Snyder et al., 2009), ocasionando influxos desse gás no solo.

450

451 *Desempenho animal e emissão de GEE do rebanho*

452 Como a dieta dos ruminantes se baseia na utilização de forragem, pastos bem
453 manejados, com maior acúmulo e oferta de forragem de melhor valor nutricional e
454 digestibilidade podem influenciar no desempenho animal (Cartoloto et al. 2011; Gimenes et
455 al. 2011). Os nutrientes que compõem a planta forrageira e que afetam o valor nutricional
456 (FDN, FDA, PB) são alterados principalmente pelo estágio de crescimento (maturidade) e
457 manejo da planta (Pequeno et al. 2015), e seus teores e proporções podem interferir na
458 produção animal e, conseqüentemente, nas emissões de metano (Jonker et al. 2017).

459 A TL para pastos de capim-mulato II foi 27% maior do que pastos de capim-ipyporã,
460 com a maior TL observada em fevereiro nessa cultivar (Tabela 3), que também registrou os

461 maiores AF nesse período. No entanto, bovinos mantidos em pastos de capim-ipyporã tiveram
462 um GMD 25% superior quando comparado ao ganho observado em animais mantidos em
463 pastos de capim-mulato II. Sem diferenças nas frações fibrosas entre as cultivares e com
464 menor teor de PB do que o capim-mulato II, os pastos de capim-ipyporã, por terem a menor
465 TL (Tabela 3) no período de maior AF, podem ter oportunizado a seleção de folhas jovens em
466 detrimento as demais partes da planta pelo animal (Melo et al. 2015), aumentando o
467 desempenho individual.

468 Embora o GMD tenha variado ao longo dos meses avaliados, as diferenças em TL
469 propiciam maior impacto nos valores de GPA. No mês de fevereiro, os maiores GPA em
470 pastos de capim-mulato II resultaram em maiores emissões de CH₄ e CO₂ oriundo de
471 fermentação entérica (Tabela 3). As emissões entéricas de CH₄ e CO₂ foram maiores,
472 correspondendo a 865 g ha⁻¹ dia⁻¹ e 22 kg ha⁻¹ dia⁻¹, respectivamente, nos pastos de capim-
473 mulato II.

474 Em termos anuais, o valor padrão fornecido pelo IPCC (2006) para a América Latina é
475 de 56 kg CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹, ao considerar a média de emissão de CH₄ entérico no
476 experimento (157 g animal⁻¹ dia⁻¹), as emissões estimadas seriam de 57 kg CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹,
477 valor muito próximo ao do IPCC.

478 No geral, as emissões entéricas do rebanho de bovinos em pastos de capim-mulato II
479 foram 63 e 50% maior para CH₄ e CO₂, respectivamente, do que para o rebanho de bovinos
480 em pastos de capim-ipyporã, o qual apresentou emissões de 320 g CH₄ ha⁻¹ e 8,5 kg CO₂ ha⁻¹
481 a mais por dia. Essas diferenças decorrem das maiores taxas de lotação observadas nos pastos
482 de capim-mulato II.

483 Ao considerar as emissões de GEE em CO₂eq (emissões de solo e de fermentação
484 entérica) e, presumindo um poder de aquecimento global de 296 e 23 vezes para N₂O e CH₄
485 (IPCC 2001), respectivamente, as maiores emissões ocorreram em pastos de capim-mulato II

486 (123 kg CO₂eq ha⁻¹ dia⁻¹), valor 15% superior os registrados nos pastos de capim-ipyporã
487 (107 kg CO₂eq ha⁻¹ dia⁻¹).

488

489 *Emissões relativas de GEE*

490 A aplicação de tecnologias reconhecidas, como manejo adequado do pastejo e uso
491 correto da fertilização, pode incrementar a produção forrageira e animal, otimizando as
492 emissões de GEE no sistema. Portanto, relacionar a emissão de GEE por produto obtido é
493 uma ferramenta efetiva para comparar as eficiências de sistemas de produção.

494 Atualmente, a utilização de emissões relativas (GEE emitido/produto obtido) é uma
495 abordagem sugerida para avaliar, principalmente, as emissões de gases oriundos de
496 fermentação entérica dentro de um sistema de produção, porque relaciona as emissões com o
497 nível de produto animal que possui valor agregado (FAO 2017).

498 Pastos de capim-mulato II emitiram em média 38% menos GEE oriundo de
499 fermentação entérica do que pastos de capim-ipyporã, considerando a emissão pela
500 quantidade de forragem produzida (CH₄_{ent}/AF e CO₂_{ent}/AF; g kg⁻¹). Embora, o capim-mulato
501 II tenha emitido uma quantidade maior de CH₄ e CO₂ entérico diariamente, o elevado AF
502 conferiu uma menor relação entre intensidade de emissão e forragem produzida.

503 Com alto desempenho animal em pastagens, as emissões relativas de CH₄_{ent}/PV e
504 CO₂_{ent}/PV foram similares entre as cultivares. Contudo, no mês de abril em que se observou o
505 menor GMD em pastos de capim-ipyporã (Tabela 3), também foram detectadas as maiores
506 emissões relativas de CH₄_{ent}/PV e CO₂_{ent}/PV (Tabela 4). Isso mostra como o processo de
507 intensificação permite diluir as emissões de GEE por kg de produto produzido e, comprova
508 que ao melhorar a eficiência de produção (carne ou forragem), pode-se ter uma redução
509 considerável da emissão de GEE por unidade de produto (Hammond et al., 2016; Gerber et
510 al., 2011).

511 Ademais, tão importante quanto avaliar as emissões relativas de GEE é verificar a
512 magnitude do efeito da intensificação em sistemas de produção em pastagens sobre as
513 emissões acumuladas. Nesse estudo verificou-se que o incremento na produção de forragem
514 ou carne aumentou as emissões de CH₄ e CO₂ entérico (Figura 6a e b). Isso pois, nos meses
515 que foram obtidos os maiores AF, também foram alcançadas as maiores taxas de lotação e
516 ganho de peso por área (Tabela 3).

517 Para incrementar o desempenho animal é necessário fornecer forragem em quantidade
518 e qualidade. Ao otimizar a produção de forragem, por meio da maior taxa de acúmulo de
519 forragem (TAF) foi possível reduzir as emissões relativas de CH_{4ent}/TAF (Figura 6c). Esse
520 aumento na produção de forragem permitiu aumentar o desempenho animal (GMD) e a taxa
521 de lotação, propiciando elevados GPA. Com isso, ao aumentar o GMD foi possível reduzir as
522 emissões relativas de CH_{4ent}/GMD (Figura 6d).

523 Esses resultados têm implicação direta no ciclo de produção (tempo de vida do
524 animal), pois ao fornecer forragem em quantidade e qualidade adequadas, o desempenho será
525 potencialmente aumentado e o tempo que o animal permanecerá no sistema de produção será
526 reduzido, o que permitirá diminuir as emissões totais de metano. No presente estudo, ao
527 simular o aumento do GMD de 0,4 kg dia⁻¹ (considerado a média nacional) para 0,6; 0,8 e 1
528 kg dia⁻¹ seria possível reduzir as emissões relativas de CH_{4ent}/GMD em sistemas de produção
529 em pastagens em 153, 243 e 269 g kg⁻¹, respectivamente. Além disso, esse aumento no GMD
530 significa reduzir em 230, 350 e 420 dias, respectivamente, o tempo de permanência do animal
531 no sistema de produção, considerando a fase de recria, com peso de desmama em 220 kg, até
532 a fase de engorda, com 500 kg de peso ao abate. Ponderando as emissões médias de CH₄ no
533 presente estudo (157 g dia⁻¹), essa redução na idade ao abate propiciaria que um animal ao
534 longo do tempo no sistema deixasse de emitir 37, 55 e 66 kg CH₄, para os respectivos GMD.

535 Nesse contexto, Silva et al. (2016) estimaram as emissões de GEE em CO₂eq para um
536 cenário no Cerrado brasileiro de aumento na demanda de produção de carne de até 30%.
537 Consideraram que o aumento seria advindo somente pela intensificação por meio da
538 recuperação de pastagens promovendo melhorias na produtividade da forragem por meio de
539 tratamento mecânico e químico do solo. Segundo os autores, essa maior demanda combinada
540 com políticas eficazes de controle do desmatamento leva a sistemas mais eficientes com
541 menor intensidade de emissões devido ao aumento significativo na absorção de carbono pelas
542 raízes mais profundas das gramíneas em pastagens melhoradas, podendo reduzir em até 10%
543 as emissões de CO₂eq considerando todos os setores envolvidos.

544 O entendimento das emissões relativas de GEE por produto é importante para avaliar
545 os sistemas de produção pecuário, sempre buscando redução das emissões ao ambiente para
546 um determinado nível de produção. Quanto mais intensificada for a produção, menor deverá
547 ser a emissão por unidade de produto (Gerber et al. 2011). A utilização correta e eficiente de
548 sistemas de produção em pastagens de capim-ipyporã e capim-mulato II garante aumento da
549 produção de carne por área, o que sugere a possibilidade de redução de áreas destinadas a
550 atividade pecuária (De Oliveira Silva et al. 2016), com amortização nas emissões de GEE
551 oriundo desse setor.

552

553 **Conclusões**

554 Independente da cultivar, a emissão de GEE do solo de pastagens fertilizadas
555 apresentam padrões semelhantes de resposta. No entanto, quanto maior o potencial de
556 produção de um cultivar, maior será a emissão acumulada de GEE (solo e entérico), devido à
557 fertilização per si e ao aumento em taxa de lotação.

558 No entanto, sistemas de produção animal em pastagens com manejo adequado do
559 pastejo e da pastagem são capazes de garantir maiores incrementos em produtividade do que

560 em emissão. Isso torna-o mais eficiente em termos de emissão por unidade de produto obtido
561 e, por isso, são capazes de reduzir os impactos das emissões, tornando a atividade mais
562 sustentável.

563

564 **Conflito de interesse**

565 Os autores declaram que não há conflito de interesse.

566

567 **Referências**

568 ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (2017) Perfil da
569 pecuária no Brasil – Relatório Anual, 48p.

570 Alvares, CA; Stape, JL; Sentelhas, PC; Gonçalves, JL de M; Sparovek, G (2014) Köppen's
571 climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711–728. doi:10
572 1127/0941-2948/2013/0507

573 Andrade, CMSD, Garcia, R, Valentim, JF, Pereira, OG (2012) Productivity, utilization
574 efficiency and sward targets for mixed pastures of marandu grass, forage peanut and tropical
575 kudzu. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41, 512–520. doi:10 1590/S1516-
576 35982012000300006

577 Berndt, A, Tomkins, NW (2013) Measurement and mitigation of methane emissions from
578 beef cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. *Animal* 7(s2),
579 363-372. doi: 10.1017/S1751731113000670

580 Cardoso, AS, Berndt, A, Leytem, A, Alves, BJ, de Carvalho, IDN, de Barros Soares, LH, &
581 Boddey, RM (2016) Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse
582 gas emissions and land use. *Agricultural Systems* 143, 86-96. doi: 10 1016/j agsy 2015 12 007

583 Cartoloto, MN, Euclides, VPB, Montagner, DB, Lempp, B, Difante, GS, Paula, CCL (2011)
584 Desempenho animal e características de pasto de capim-xaraés sob diferentes intensidades de
585 pastejo, durante o período das águas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46(1), 97-104. doi:
586 10.1590/S0100-204X2011000100013

- 587 Crestani, S, Mascheroni, JDC, Vera Geremia, E, Carnevalli, RA, Mourão, GB, Da Silva, SC
588 (2017) Sward structural characteristics and herbage accumulation of Piatã palisade grass
589 (*Brachiaria brizantha*) in a crop–livestock–forest integration area. *Crop and Pasture Science*
590 68 (9), 859-871. doi: 10 1071/CP16341
- 591 Crosson, P, Shalloo, L, O'Brien, D, Lanigan, GJ, Foley, PA, Boland, TM, (2011) A review:
592 whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle
593 production systems. *Animal Feed Science and Technology* 166–167, 29–45. doi: 10 1016/j
594 anifeeds 2011 04 001
- 595 De Oliveira Silva, R, Barioni, LG, Hall, JAJ, Matsuura, M F, Albertini, T Z , Fernandes, FA,
596 Moran, D (2016) Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil
597 if decoupled from deforestation. *Nature Climate Change*, 6(5), 493. doi:10
598 1038/nclimate2916
- 599 Denmead, OT, Freney, JR, Dunin, FX (2008). Gas exchange between plant canopies and the
600 atmosphere: case-studies for ammonia. *Atmospheric Environment* 42, 3394–3406.
- 601 Detmann, E, Souza, MA, Valadares Filho, SC, De Queiroz, AC, Berchielli, TT, OS Saliba, E,
602 Cabral, LS, Pina, DS, Ladeira, MM, Azevedo JAG (2012) ‘Métodos para Análise de
603 Alimentos’. INCT - Ciência Animal. 2ª edição. Visconde do Rio Branco, Suprema, 214p.
- 604 Dias Filho, MB (2014) ‘Diagnóstico das Pastagem do Brasil’. (Publicação Embrapa
605 Amazônia Oriental, Belém).
- 606 Embrapa Agrossilvipastoril (2017) Estação meteorológica automática. Disponível em
607 <https://www.embrapabr/agrossilvipastoril/estacao-meteorologica>. Acesso em 15 de outubro de
608 2017.
- 609 Embrapa (1997) ‘Manual de métodos de análise de solo’ 2ª edição. Rio de Janeiro, Centro
610 Nacional de Pesquisa de Solos - CNPS, 212p.
- 611 Embrapa (2006) ‘Sistema Brasileiro de Classificação de Solos’ 2ª edição. (Empresa Brasileira
612 de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Solos).
- 613 FAO (2017) The state of food and agriculture. Rome. FAO.

- 614 Fernandes, MDS & Finco, MVA (2014) Integrated crop-livestock systems and climate change
615 policies. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 44(2), 182-190. doi: 10.1590/S1983-
616 40632014000200004
- 617 Figueiredo, EB, Jayasundara, S, De Oliveira Bordonal, R, Berchielli, TT, Reis, RA, Wagner-
618 Riddle, C, La Scala Jr, N (2017) Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in
619 three contrasting pasture-management systems in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 142,
620 420-431. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.03.132
- 621 Gerber, PJ, Steinfeld, H, Henderson, B, Mottet, A, Opio, C, Dijkman, J, Falcucci, A, Tempio,
622 G (2013) Tackling climate change through livestock - A global assessment of emissions and
623 mitigation opportunities. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*,
624 Rome.
- 625 Gimenes, FMA, Silva, SC, Fialho, CA, Gomes, MB, Berndt, A, Gerdes, L, Colozza, MT
626 (2011) Ganho de peso e produtividade animal em capim-marandu sob pastejo rotativo e
627 adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46(7), 751-759. doi:10.1590/S0100-
628 204X2011000700011
- 629 Hammond, KJ, Humphries, D., Crompton, LA, Green, C, & Reynolds, CK (2015) Methane
630 emissions from cattle: estimates from short-term measurements using a GreenFeed system
631 compared with measurements obtained using respiration chambers or sulphur hexafluoride
632 tracer. *Animal Feed Science and Technology* 203, 41-52. doi:
633 10.1016/j.anifeeds.2015.02.008
- 634 Hammond KJ, Waghorn GC, Hegarty RS (2016) The GreenFeed system for measurement of
635 enteric methane emission from cattle. *Animal Production Science* 56, 181–189. doi:10
636 1071/AN15631
- 637 Huhtanen, P, Cabezas-Garcia, E H, Utsumi, S, & Zimmerman, S (2015) Comparison of
638 methods to determine methane emissions from dairy cows in farm conditions. *Journal of*
639 *dairy science* 98(5), 3394-3409. doi:10.3168/jds.2014-9118
- 640 IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2001) Synthesis Report - A contribution
641 of working groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental
642 Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.

643 IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) Guidelines for National
644 Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10: Emissions from livestock and manure management.
645 pp.10.1-10.84.

646 Jank, L, Barrios, SC, do Valle, CB, Simeão, RM, Alves, GF (2014) The value of improved
647 pastures to Brazilian beef production. *Crop and Pasture Science* 65(11), 1132-1137. Doi: 10
648 1071/CP13319

649 Jantalia, CP, dos Santos, H P, Urquiaga, S, Boddey, RM, Alves, BJ (2008) Fluxes of nitrous
650 oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil.
651 *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 82(2), 161-173. doi: 10 1007/s10705-008-9178-y

652 Jonker, A, Molano, G , Antwi, C , & Waghorn, GC (2016) Enteric methane and carbon
653 dioxide emissions measured using respiration chambers, the sulfur hexafluoride tracer
654 technique, and a GreenFeed head-chamber system from beef heifers fed alfalfa silage at three
655 allowances and four feeding frequencies. *Journal of animal science* 94(10), 4326-4337.
656 doi:10 2527/jas 2016-0646

657 Jonker, A, Molano, G, Koolaar, J and Muetzel, S. (2017) Methane emissions from lactating
658 and non-lactating dairy cows and growing cattle fed fresh pasture. *Animal Production Science*
659 57, 643–648. doi: 10.1071/AN15656

660 Littell, RC, Milliken GA, Stroup WW, Wolfinger RD, Schabenberger O (2006) ‘SAS for
661 mixed models’ 2nd edn (SASInstitute Inc: Cary, NC).

662 Martins, CDM, Euclides VPB, Barbosa RA, Montagner DB, Miqueloto T (2013) Consumo de
663 forragem e desempenho animal em cultivares de *Urochloa humidicola* sob lotação contínua.
664 *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 48, 1402–1409. doi:10 1590/S0100-204X2013001000012

665 Martins, J D; Restle, J; Barreto, IL (2000) Produção Animal em Capim Papuã (*Brachiaria*
666 *Plantaginea* (Link) Hitchc) Submetido a Níveis de Nitrogênio. *Ciência Rural* 30(5), 887-892.
667 doi: 10 1590/S0103-84782000000500025

668 Melo, JC, Alexandrino, E, Paula Neto, JJ, Silva, AAM, Neiva, JNM, Rezende, JM (2015)
669 Preferência de forragem de Capim-Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) manejado sob
670 lotação intermitente e submetido à doses de nitrogênio na Amazônia legal. *Semina* 36(4),
671 2713-2726. doi: 10.5433/1679-0359.2015v36n4p2713

672 Mombach, MA, Carvalho P, Cabral, LS, Rodrigues, RAR, Torres, RC, Pereira, DH, Pedreira,
673 BC (2018) Short Communication: Attractants for automated emissions measurement
674 (Greenfeed®) in pasture-based systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, accept.

675 Nogueira, AKDS, Rodrigues, RDAR, Silva, JJND, Botin, AA, Silveira, JGD, Mombach, MA,
676 Romeiro, SDO (2016) Nitrous oxide fluxes in an integrated crop-livestock-forestry system.
677 *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 51(9), 1156-1162. doi: 10.1590/s0100-
678 204x2016000900015

679 Nogueira, AKDS, Rodrigues, RAR, Castroc, BS, Nogueira, TF, da Silva J.J., Behling, M,
680 Mombach, MA, Armancolo, N, Silveira, JG (2015). Emissões de óxido nitroso e metano do
681 solo em áreas de recuperação de pastagens na amazônia matogrossense. *Química Nova* 38(7),
682 937-943. doi:10.5935/0100-4042.20150109

683 Ortel, C, Matschullat, J, Zurba, K, Zimmermann, F, Erasmi, S (2016) Greenhouse gas
684 emissions from soils—A review. *Chemie der Erde – Geochemistry* Article in press. doi:
685 10.1016/j.chemer.2016.04.002

686 Parkin, TB & Ventera, RT (2010) Sampling Protocols Chapter 3 Chamber-Based Trace Gas
687 Flux Measurements IN “Sampling Protocols”. (Editor: RF Follett) pp. 3-1 to 3-39, Available
688 at: www.ars.usda.gov/research/GRAC.

689 Pequeno, DNL, Pedreira, CGS, Sollenberger, LE, Faria, AG Silva, LS (2015) Forage
690 Accumulation and Nutritive Value of Brachiariagrasses and Tifton 85 Bermudagrass as
691 Affected by Harvest Frequency and Irrigation. *Agronomy Journal* 107(5), 1741-1749. doi:
692 10.2134/agronj15.0115

693 Petersen, RG, Lucas, HL (1968) Computing methods for the evaluation of pastures by means
694 of animal response. *Agronomy Journal* 60, 682–687.
695 doi:10.2134/agronj1968.00021962006000060031x

696 Petersen, RG, Mott, GO (1965) Relationship Between Rate of Stocking and Per Animal and
697 Per Acre Performance on Pasture. *Agronomy Journal* 57, 27.
698 doi:10.2134/agronj1965.00021962005700010010x

699 Robertson, GP & PM Groffman (2015) Nitrogen transformations in “Soil microbiology,
700 ecology and biochemistry”. (Editor: EA Paul) Fourth edition, pp 421-44. (publicação
701 Elsevier).

702 Shcherbak, I, Millar, N, Robertson, GP (2014) Global metaanalysis of the nonlinear response
703 of soil nitrous oxide (N₂O) emissions to fertilizer nitrogen. *Proceedings of the National*
704 *Academy of Sciences* 111(25), 9199-9204.

705 Shibata, M, Terada, F (2010) Factors affecting methane production and mitigation in
706 ruminants. *Animal Science Journal* 81, 2-10. doi: 10.1111/j.1740-0929.2009.00687.x

707 Shimizu, M, Marutani, S, Desyatkin, AR, Jin, T, Nakano, K, Hata, H, Hatano, R (2010)
708 Nitrous oxide emissions and nitrogen cycling in managed grassland soil in southern
709 Hokkaido. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 56, 676–688.

710 Silva, DF, Andrade, CLT., Simeone, MLF, Amaral, TA, Castro, LA, Moura, BF (2010)
711 Análise de nitrato e amônio em solo e água. Embrapa Milho e Sorgo. Documentos 144. 56p.

712 Silva, RO, Barioni, LG, Hall, JAJ, Matsuura, MF, Albertini, TZ, Fernandes, FA, Moran, D
713 (2016) Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if
714 decoupled from deforestation. *Nature Climate Change* 1-6. doi: 10.1038/NCLIMATE2916

715 Silva, VJ, Pedreira, CG, Sollenberger, LE, Silva, LS, Yasuoka, JI, & Almeida, IC 2016
716 Canopy height and nitrogen affect herbage accumulation, nutritive value, and grazing
717 efficiency of ‘Mulato II’ brachiariagrass. *Crop Science* 56(4). doi:
718 10.2135/cropsci2015.12.0764

719 Snyder, CS, Bruulsema, TW, Jensen, TL, Fixen, PE (2009) Review of greenhouse gas
720 emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture,*
721 *Ecosystems and Environment* 133, 247-266. doi:10.1016/j.agee.2009.04.021

722 Soil Survey Staff (2014) ‘Taxonomia de Solos’ (Publicação: United States Department of
723 Agriculture, Washington, DC).

724 Thornton, PK & Herrero, M (2010) Potential for reduced methane and carbon dioxide
725 emissions from livestock and pasture management in the tropics. *Proceedings of the National*
726 *Academy of Sciences* 107(46), 19667-19672.

- 727 Valério, JR, Torres, FZV, Silva, LC, Rôdas, PL, Araújo Neto, A, Oliveira, MCM (2012)
728 Avaliação e seleção de híbridos do gênero *Brachiaria* (Griseb) quanto à resistência à
729 cigarrinha *Mahanarva sp.* (Hemiptera: Cercopidae) in “Reunião anual da sociedade brasileira
730 de zootecnia” n° 49. Anais. Brasília, Sociedade Brasileira de Zootecnia.
- 731 Valle, CB do; Euclides, VPB, Montagner, DB, Valerio, JR, Mendes-Bonato, AB,
732 Verzignassi, JR; Torres, FZV, Macedo, MCM, Fernandes, CD, Barrios, SCL, Dias Filho, MB,
733 Machado,
- 734 Zuchello, F (2010) Emissões de óxido nitroso (N₂O) de Cambissolo cultivado com cana-de-
735 açúcar em Campos dos Goytacazes: Impacto de adubações com vinhaça e ureia. Dissertação
736 de Mestrado. *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*, Brasil.
- 737

CONCLUSÕES GERAIS

O manejo adotado conferiu padrões semelhantes de composição morfológica, valor nutricional e ganho animal individual que proporciona capacidade semelhante de exploração vegetal. No entanto, pastos de capim-mulato II garantiu AF e GPA total superior a pastos de capim-ipyporã. A alta produtividade em pastos de Mulato II, conferem uma ótima recomendação para sistemas de produção animal a pasto, desde que haja um controle de pragas. Caso os níveis tecnológicos não atendam as necessidades para os controles, o capim-ipyporã é uma excelente opção, pois além de apresentar bons ganhos em produção animal conferiu resistência ao ataque de cigarrinhas-das-pastagens.

Independente da cultivar, a emissão de GEE do solo de pastagens fertilizadas apresentam padrões semelhantes de resposta. No entanto, quanto maior o potencial de produção de um cultivar, maior será a emissão acumulada de GEE (solo e entérico), devido à fertilização per si e ao aumento em taxa de lotação. Todavia, sistemas de produção animal em pastagens com manejo adequado do pastejo e da pastagem são capazes de garantir maiores incrementos em produtividade do que em emissão. Indicativo que há melhorias na eficiência de produção de forragem e uma redução nas emissões totais de GEE, quando se contabiliza a emissão pelo produto.

ANEXOS (CAPÍTULO 1)

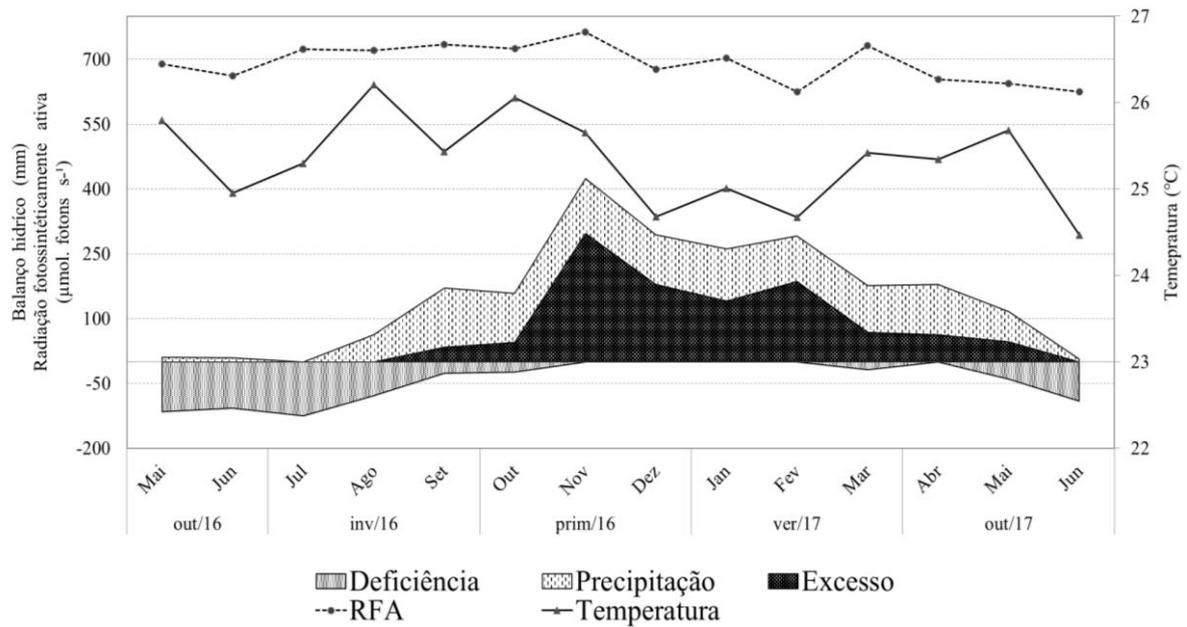


Figura 1. Balanço hídrico, precipitação pluviométrica, temperatura média e radiação fotossinteticamente ativa ao longo do período experimental. Fonte: Embrapa Agrossilvipastoril (2017).

Tabela 1: Resultados da análise química e física de solo da área experimental.

Período de coleta	pH (H ₂ O)	P -- mg dm ⁻³ --	K	H+Al ----- cmol _c dm ⁻³ -----	SB	CTC -----	V %	Argila ---- g kg ⁻¹ ----	M.O.	Ca/Mg
Setembro (2015)	4,78	8,63	77	6,40	3,24	9,66	33,4	402	2,81	2,75
Agosto (2016)	5,58	8,02	120	5,08	3,41	8,51	39,4	-	2,40	4,7

P: Fósforo; K: Potássio; H: Hidrogênio; Al: Alumínio; SB: Soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: Saturação por bases; M.O: Matéria Orgânica. Ca/Mg: Relação cálcio:magnésio. Análises realizadas 0 a 20 cm de profundidade.

Tabela 2. Massa de forragem média (MF), acúmulo de forragem total (AFT), densidade de forragem (DF), oferta de forragem (OF), ganho em peso por área (GPA), ganho médio diário (GMD), taxa de lotação mínima (TL_{mín}), taxa de lotação média (TL_{méd}) e taxa de lotação máxima (TL_{máx}) em capim-ipyporã e capim-mulato II.

Variáveis	Cultivar		EPM
	Ipyporã	Mulato II	
MF (kg ha ⁻¹)	7717a	6992b	154
AFT (kg ha ⁻¹)	21842b	28684a	1442
DF (kg MS cm ⁻¹ ha ⁻¹)	250a	230a	7
OF (kg 100 kg ⁻¹ PC)	4,8a	5,3a	0,87
TL_{mín} (UA ha ⁻¹)	1,5a	1,47a	0,26
TL_{méd} (UA ha ⁻¹)	2,62a	3,35a	0,6
TL_{máx} (UA ha ⁻¹)	4a	6a	0,98
GMD (g dia ⁻¹)	700a	740a	35,80
GPA (kg ha ⁻¹)	922b	1231a	2,66

Letras distintas na linha diferem entre si pelo teste 't' de Student (p<0,05). EPM: erro padrão da média. @ = 30 kg de peso corporal (PC); UA: Unidade Animal = 450 kg PC.

Tabela 3. Massa de forragem média (MF), acúmulo de forragem (AF), densidade de forragem (DF), composição morfológica e índice de área foliar (IAF) para massa de forragem e pastejo simulado em pastos de capim-ipyporã e capim-mulato II.

Variáveis	Época	Cultivar		Média	EPM
		Ipyporã	Mulato II		
MF (kg ha ⁻¹)	águas	7900	6745	7390A	199
	seca	7534	7240	7330A	
	<i>Média</i>	7717a	6992b		
AF (kg ha ⁻¹)	águas	17545	24065	20805A	1934
	seca	4300	4620	4460B	
	<i>Média</i>	10922a	14342a		
DF (kg MS cm ⁻¹ ha ⁻¹)	águas	250Aa	212Bb	230	6,5
	seca	260Aa	252Aa	256	
	<i>Média</i>	255	232		
Composição Massa de Forragem					
Folha (g kg ⁻¹ MS)	águas	447Aa	409Aa	428	40
	seca	249Bb	328Aa	288	
	<i>Média</i>	348	368		
Colmo (g kg ⁻¹ MS)	águas	266Ba	288Aa	277	30
	seca	369Aa	281Ab	325	
	<i>Média</i>	317	284		
Morto (g kg ⁻¹ MS)	águas	286	302	294B	30
	seca	381	394	387A	
	<i>Média</i>	333a	348a		
IAF	águas	6,2	6,0	6,1A	0,5
	seca	3,4	3,7	3,6B	
	<i>Média</i>	4,8a	4,8a		
Composição Pastejo Simulado					
Folha (g kg ⁻¹ MS)	águas	888Aa	864Aa	876	60
	seca	417Bb	601Ba	509	
	<i>Média</i>	652	732		
Colmo (g kg ⁻¹ MS)	águas	69Ba	95Aa	82	30
	seca	270Aa	170Ab	220	
	<i>Média</i>	169	132		
Morto (g kg ⁻¹ MS)	águas	45	39	42B	30
	seca	215	212	213A	
		130a	125a		

Letras maiúsculas na coluna e minúsculas linha diferem entre si pelo teste 't' de Student (p<0,05). EPM: erro padrão da média.

Tabela 4. Levantamento populacional de cigarrinhas em pastos de capim-mulato II e capim-ipyporã.

Cultivares	Coletas						Média	EPM
	27/dez	03/jan	13/Jan*	24/fev	20/mar	28/Abr		
	Adultos (unidades m ⁻²)							
Mulato II	9,5Ab	29,0Aa	12,2Aa	3,4Abc	4,2Abc	2,08Ac	7,7	1,26
Ipyporã	0,6Bc	1,1Bb	2,9Ba	2,9Aa	1,8Abc	2,1Ab	1,5	1,26
	Ninfas (unidades m ⁻²)							
Mulato II	3,8Ac	46,4Aa	13,6Ab	21,6Ab	0,8Ad	0,5Ad	1,1	0,1
Ipyporã	0,5Bbc	1Bb	0,25Bab	6Ba	0,5Bc	-	0,5	0,1
	Espumas (unidades m ⁻²)							
Mulato II	3,4Ad	18,8Aa	8,1Ac	12,1Ab	2,08Ad	0,41Ae	5,8	0,59
Ipyporã	0,8Bc	1,33Ab	0,42Ac	6,9Aa	1,45Bc	-	2,0	0,6

Letras maiúsculas na coluna e minúsculas linha diferem entre si pelo teste 't' de Student (p<0,05). EPM: erro padrão da média. *Aplicação de Egeo® 300ml ha⁻¹.

Tabela 5. Oferta de forragem (OF), ganho em peso por área (GPA), ganho médio diário (GMD), taxa de lotação máxima (TLmáx), taxa de lotação média (TLméd) e taxa de lotação mínima (TLmín) em cada época para capim-mulato II e capim-ipyporã.

Variáveis	Época	Cultivar		Média	EPM
		Ipyporã	Mulato II		
		-----kg 100 kg ⁻¹ PC-----			
OF	águas	5,4	5,8	4,8A	1,3
	seca	4,2	4,7	5,2A	
	<i>Média</i>	4,8a	5,3a		
		-----UA ha ⁻¹ -----			
TLmín	águas	2,0	2,2	2,14A	0,1
	seca	0,9	0,7	0,83B	
	<i>Média</i>	1,5a	1,5a		
TLméd	águas	3,8Ab	5,3Aa	4,5	0,1
	seca	1,5Ba	1,4Ba	1,4	
	<i>Média</i>	2,7	3,4		
TLmáx	águas	5,6Ab	9,2Aa	7,4	0,1
	seca	2,4Ba	2,5Ba	2,5	
	<i>Média</i>	4,0	5,7		
		-----g dia ⁻¹ -----			
GMD	águas	810	793	801A	0,2
	seca	626	690	658B	
	<i>Média</i>	718a	741a		
		-----kg ha ⁻¹ -----			
GPA	águas	721Ab	1005Aa	863	20
	seca	201Ba	226Ba	213	
	<i>Média</i>	461	615		

Letras maiúsculas na coluna e minúsculas linha diferem entre si pelo teste 't' de Student ($p < 0,05$). EPM: erro padrão da média. @ = 30 kg de Peso Corporal; UA: Unidade Animal = 450 kg de Peso Corporal.

ANEXOS (CAPÍTULO 2)

Tabela 1: Resultados da análise química e física de solo da área experimental.

Período de coleta	pH (H₂O)	P -- mg dm⁻³ --	K	H+Al ----- cmol_c dm⁻³ -----	SB	CTC -----	V %	Argila ---- g kg⁻¹ ----	M.O. ----	Ca/Mg
Setembro (2015)	4,78	8,63	77	6,40	3,24	9,66	33,4	402	2,81	2,75
Agosto (2016)	5,58	8,02	120	5,08	3,41	8,51	39,4	-	2,40	4,7

P: Fósforo; K: Potássio; H: Hidrogênio; Al: Alumínio; SB: Soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: Saturação por bases; M.O: Matéria Orgânica. Ca/Mg: Relação cálcio:magnésio. Análises realizadas 0 a 20 cm de profundidade.

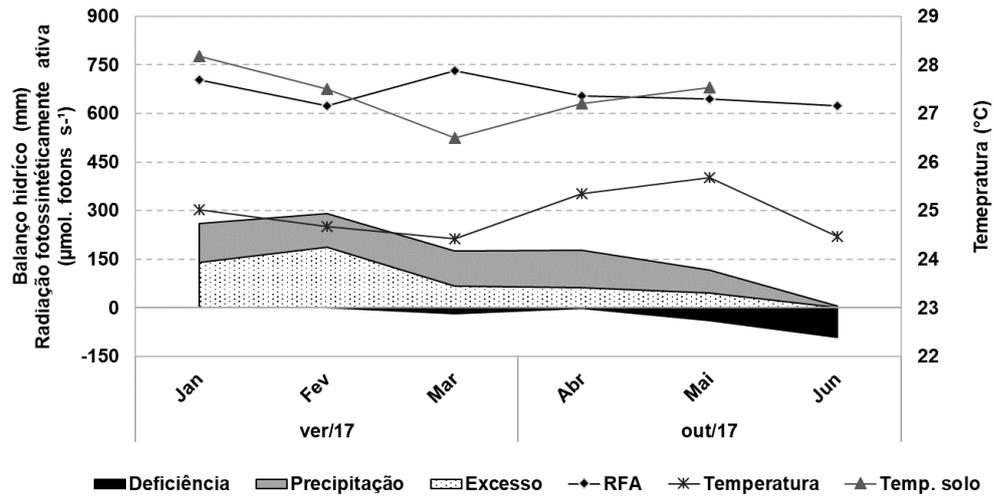


Figura 1. Balanço hídrico, precipitação pluviométrica, temperatura média, temperatura do solo e radiação fotossinteticamente ativa ao longo do período experimental. Fonte: Embrapa Agrossilvipastoril (2017). *Temp. do solo mensurado durante a coleta de GEE.

Tabela 2: Desempenho agrônomo, concentração de nitrato e amônio e emissão média de óxido nitroso, metano e dióxido de carbono no solo em pastos de capim-ipyporã e mulato II.

Variáveis	Cultivar	Meses					EPM
		janeiro	fevereiro	março	abril	maio	
Massa forragem (kg MS ha ⁻¹)	Ipyporã	8351a	7604b	7395bc	7169bcd	6391de	355
	Mulato II	4428f	6130de	5964e	6434cde	6373de	
Acúmulo forragem (kg MS ha ⁻¹)	Ipyporã	3470a	3373a	2178bc	1362c	1599bc	464
	Mulato II	3358a	2558ab	2761ab	1749bc	1575c	
Densidade forragem (kg MS cm ⁻¹ ha ⁻¹)	Ipyporã	272a	241abc	257ab	236abc	211cd	12
	Mulato II	164e	191de	220dc	223bcd	212cd	
Oferta forragem (kg 100 kg ⁻¹ PC)	Ipyporã	6,8abc	8,0ab	4,4c	4,7c	5,5bc	1,0
	Mulato II	6,4abc	9,0a	4,6c	5,6bc	5,7bc	
FDN (g kg ⁻¹ MS)	Ipyporã	526abc	524bc	493cd	561ab	563a	16,1
	Mulato II	544ab	494cd	487d	537ab	544ab	
FDA (g kg ⁻¹ MS)	Ipyporã	161d	257bc	269bc	266abc	289ab	9,1
	Mulato II	158d	249bc	234c	294ab	317a	
Proteína Bruta (g kg ⁻¹ MS)	Ipyporã	134cd	174ab	157bc	109e	113e	11,2
	Mulato II	145de	196a	175ab	127de	131de	
Amônio (mg kg ⁻¹ solo)	Ipyporã	38bc	57a	24cd	-0,15e	-7e	2,84
	Mulato II	37bc	54ab	18d	-1,35e	-1,70e	
Nitrato (mg kg ⁻¹ solo)	Ipyporã	5def	12a	5f	10bc	7cdef	0,87
	Mulato II	8cd	12ab	7def	7cdf	5ef	
Óxido nitroso (g ha ⁻¹ dia ⁻¹)	Ipyporã	31a	36a	12b	6c	-4,5d	4
	Mulato II	38a	32a	11b	7c	-4d	
Dióxido Carbono (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	Ipyporã	49ef	97abc	77cde	56de	31f	12,9
	Mulato II	65cde	130a	111bcd	89bcd	29f	

MS: Matéria seca; PC: Peso corporal. FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido. EPM: erro padrão da média. Letras distintas diferem entre si para cada variável nos tempos avaliados pelo teste 't' de Student (p<0,05).

Tabela 3: Desempenho animal e emissão entérica de metano e dióxido de carbono de bovinos em pastos de capim-ipyporã e mulato II.

Variáveis	Cultivar	Meses			EPM
		fevereiro	março	abril	
Taxa de lotação (UA ha ⁻¹)	Ipyporã	4,5b	3c	2,3d	0,35
	Mulato II	6,7a	3,5c	2,5d	
Ganho médio diário (g dia ⁻¹)	Ipyporã	837b	1054a	383e	0,93
	Mulato II	533d	700c	555d	
Ganho de peso por área (kg ha ⁻¹)	Ipyporã	114b	55c	22d	13,32
	Mulato II	166a	71c	42b	
Metano (g ha ⁻¹ dia ⁻¹)	Ipyporã	810b	391c	324c	53
	Mulato II	1675a	401c	408c	
Dióxido de carbono (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	Ipyporã	25b	14c	11c	17
	Mulato II	47a	13c	15c	

UA: unidade animal (450 kg); EPM: erro padrão da média. Letras distintas diferem entre si para cada variável nos tempos avaliados pelo teste 't' de Student ($p < 0,05$).

Tabela 4: Relação entre a emissão entérica de metano e dióxido de carbono de bovinos e a produção de forragem e desempenho animal em pastos de capim-ipyporã e mulato II.

Variáveis	Cultivar	Meses			EPM
		fevereiro	março	abril	
		----- g kg ⁻¹ -----			
CH₄ent/AF	Ipyporã	1,7bc	3,7a	3,2a	0,3
	Mulato II	1,3c	1,7bc	2,2b	
CO₂ent/AF	Ipyporã	51c	130a	112a	10,6
	Mulato II	37c	57bc	83b	
CH₄ent/PV	Ipyporã	198bc	154c	454a	41
	Mulato II	276b	214bc	296b	
CO₂ent/PV	Ipyporã	6124c	5379c	15720a	809
	Mulato II	7721bc	7156bc	11020b	

CH₄: Metano entérico; CO₂: Dióxido de carbono; AF: Acúmulo de forragem; PV: peso vivo. EPM: erro padrão da média. Letras distintas diferem entre si para cada variável nos tempos avaliados pelo teste 't' de Student (p<0,05).

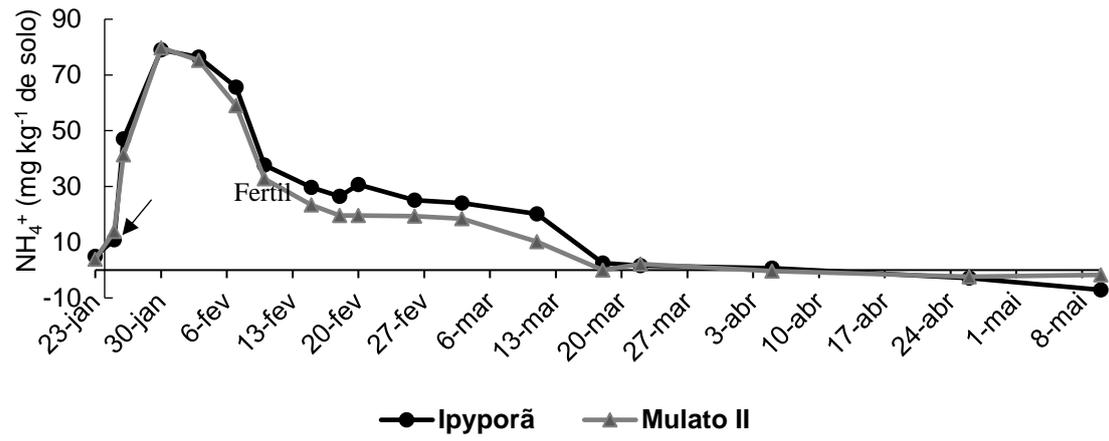


Figura 3: Concentração média de amônio (NH₄⁺) no solo de pastos de capim-ipyporã e capim-mulato II.

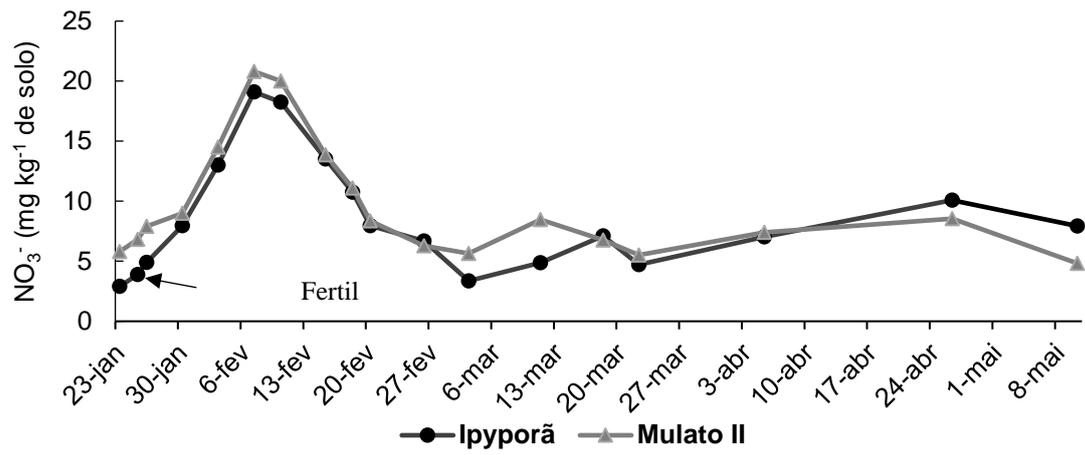


Figura 4: Concentração média de nitrato (NO₃⁻) no solo de pastos de capim-ipyporã e capim-mulato II.

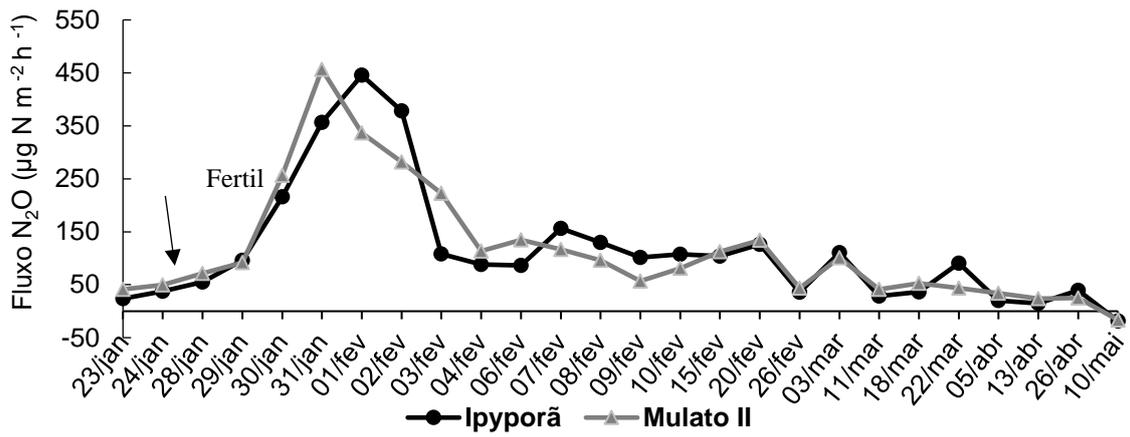


Figura 5: Fluxo médio de óxido nitroso (N₂O) em pastos de capim-ipyporã e mulato II.

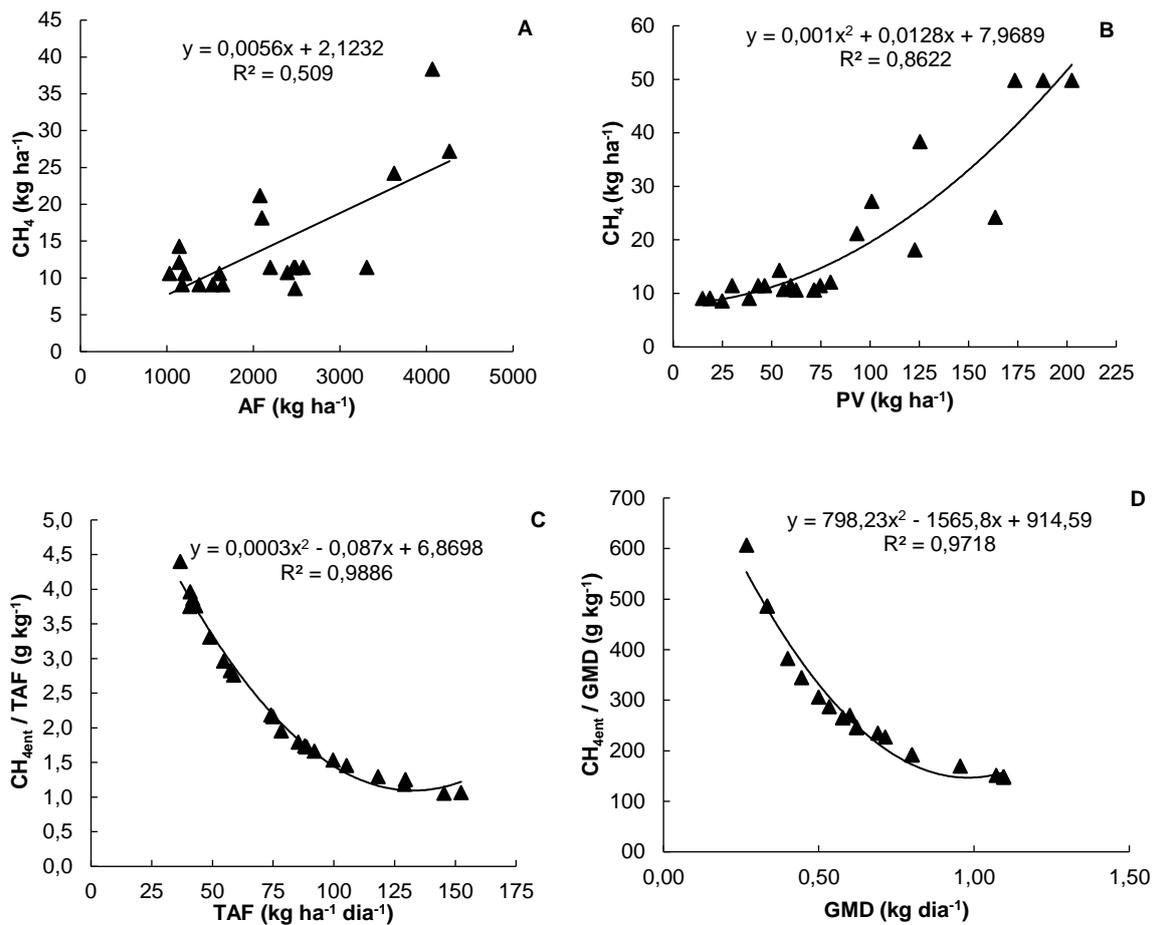


Figura 6: Relação entre as emissões de metano (CH_4) por bovinos e a produção de forragem (A) e o ganho de peso (B) e a relação entre emissões relativas ($\text{CH}_{4,\text{ent}}/\text{TAF}$ e $\text{CH}_{4,\text{ent}}/\text{GMD}$) e o desempenho forrageiro (C) e animal (D). AF: acúmulo de forragem; PV: peso vivo; TAF: taxa de acúmulo de forragem; GMD: ganho médio diário.