

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
Campus de Jaboticabal**

**MANEJO DE PASTOS DE CAPIM MARANDU COM
DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Lutti Maneck Delevatti

Jaboticabal-SP

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
Campus de Jaboticabal**

**MANEJO DE PASTOS DE CAPIM MARANDUCOM
DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Lutti Maneck Delevatti

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Jaboticabal-SP

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

D348m Dellevatti, Lutti Maneck
Manejo de pastos de capim marandu com diferentes doses de adubação nitrogenada / Lutti Maneck Delevatti. -- Jaboticabal, 2020.
79p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Ricardo Andrade Reis

1. Gado de Corte. 2. Nitrogênio. 3. Pastagens. 4. "Urochloa brizantha". 5. Valor Nutritivo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: MANEJO DE PASTOS DE CAPIM MARANDU COM DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

AUTOR: LUTTI MANECK DELEVATTI

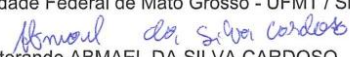
ORIENTADOR: RICARDO ANDRADE REIS

COORIENTADOR: JOSÉ CARLOS BATISTA DUBEUX JUNIOR

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RICARDO ANDRADE REIS
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. ELIAS SAN VITO
Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT / Sinop / MT


Pós-doutorando ABMAEL DA SILVA CARDOSO
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. RONDINELI PAVEZZI BARBERO
Departamento de Produção Animal / Universidade Federal Rural - Rio de Janeiro/RJ


Dra. MÁRCIA HELENA MACHADO DA ROCHA FERNANDES
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 06 de janeiro de 2020

**CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS****CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo nº 12703/15 do trabalho de pesquisa intitulado **"Management strategies to reduce environmental impacts of beef cattle production systems"**, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 07 de agosto de 2015.

Jaboticabal, 07 de agosto de 2015.

Prof.ª Dr.ª Paola Castro Moraes
Coordenadora – CEUA

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Lutti Maneck Delevatti – nascido em Santiago, Rio Grande do Sul, no dia 22 de maio de 1991. Concluiu curso de técnico em Agropecuário no ano de 2008 na Fundação Bradesco Escola de Bodoquena no Estado do Mato Grosso do Sul. Formou em Zootecnia no ano de 2013 e obteve o título de mestre no ano de 2015 na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Unesp - Campus Jaboticabal.

Aos meus Pais Nádia e Derlei.

DEDICO

Aos meus pais Nádía e Derlei, pela minha educação, pelo exemplo de dedicação e trabalho dos dois que me permitiram seguir sempre tentando fazer meu melhor em qualquer situação.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp - Jaboticabal, ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia e aos Professores do Departamento de Zootecnia, por toda a contribuição durante a minha graduação, mestrado e por fim doutorado.

Ao Colégio Técnico Agropecuário Fundação Bradesco Escola de Bodoquena pela Base para poder ingressar em umas das melhores faculdades de Agrarias do Brasil, e por todo conhecimento lá adquirido.

Ao professor Ricardo Andrade Reis por ter me orientado por toda essa trajetória, pelo conhecimento adquirido junto ao mesmo, confiança no trabalho e em poder conduzir experimentos na sua linha de pesquisa.

Aos Doutores Elias San Vito, Rondineli Barbeiro, Abmael Cardoso e Ana Claudia Rugieri por terem aceitado participar da banca desse trabalho.

Aos companheiros de pós-graduação Eliéder Romanzini e Abmael Cardoso pela grande ajuda nessa etapa final.

A todos os colegas de pós-graduação que me acompanharam por esses anos ajudando e aconselhando no desenvolvimento do experimento. A todos estagiários que passaram pelo setor de forragicultura durante esses anos e que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento do trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
Capítulo 1 – Considerações gerais	1
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	2
2.1. <i>Importância da pecuária</i>	2
2.2. <i>Produção de bovinos de corte em pastagens</i>	3
2.3. <i>Gênero “Urochloa”</i>	4
2.4. <i>Princípios do manejo de pastagem x Produção e qualidade</i>	5
2.5. <i>Persistência de plantas forrageiras</i>	6
2.6. <i>Fertilidade do solo</i>	8
2.7. <i>Adubação nitrogenada</i>	9
2.7.1. <i>Respostas das plantas forrageiras ao nitrogênio</i>	10
2.8. <i>Visão geral de calagem e adubação x gênero “Urochloa”</i>	11
2.9. <i>Fisiologia da planta forrageira (morfologia e morfogênese)</i>	12
2.10. <i>Composição química de plantas forrageiras</i>	14
2.11. <i>Consumo e digestibilidade de plantas forrageiras</i>	15
2.12. <i>Desempenho Animal (ganhos por área e animal)</i>	17
2.13. <i>Eficiência de uso do nitrogênio</i>	18
3. Hipóteses	20
4. Referências	20
Capítulo 2 – Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pastures	27
1. Introduction	29
2. Results and Discussion	30
2.1. <i>Herbage yield and accumulation rate</i>	30
2.2. <i>Chemical composition</i>	34
2.3. <i>Animal performance</i>	38
3. Implications	40
4. Conclusions	42
5. Methods	43
5.1. <i>Experimental area and design</i>	43
5.2. <i>Animal and grazing management</i>	45

5.3. <i>Forage samples</i>	46
5.4. <i>Chemical composition</i>	47
5.5. <i>NUE and nutrition index</i>	48
5.6. <i>Animal production</i>	48
5.7. <i>Statistical analysis</i>	49
6. References	50
Capítulo 3 – Efeito de doses de adubo nitrogenado sobre as frações fibrosas e nitrogenadas de capim-marandu	58
1. Introdução	60
2. Materiais e Métodos	61
2.1. <i>Experimento, animais e método do pastejo</i>	64
2.2. <i>Tratamentos e delineamento experimental</i>	64
2.3. <i>Composição química e fracionamento</i>	64
2.4. <i>Consumo e digestibilidade</i>	65
2.5. <i>Análises estatísticas</i>	67
3. Resultados e Discussão	68
3.1. <i>Frações fibrosas</i>	68
3.2. <i>Frações nitrogenadas</i>	69
3.3. <i>Consumo, digestibilidade e suas relações com desempenho</i>	71
4. Conclusão	75
5. Referências	75

MANEJO DE PASTOS DE CAPIM MARANDU COM DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

RESUMO - Foi avaliado os efeitos de diferentes doses de adubação nitrogenadas aplicadas as pastagens de *Urochloa brizantha* cv. Marandu durante a estação chuvosa sobre a massa de forragem (MF), a proporção de níveis críticos e absorvidos de nitrogênio por plantas (índice nutricional de nitrogênio - INN), a eficiência de uso do nitrogênio, os componentes estruturais das plantas forrageiras, a qualidade da forragem e o desempenho animal. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos (controle sem aplicação de N, e 90, 180 e 270 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹) e três repetições (piquetes por tratamento), o nitrogênio foi aplicado na forma de ureia. Massa de forragem, taxa de acúmulo de forragem, taxa de lotação e ganho por área aumentaram com o aumento das doses de nitrogênio (P < 0,05), enquanto carboidratos totais (CHOT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e eficiência do uso nitrogênio diminuiu com o aumento da dose de nitrogênio (P < 0,01). A proteína bruta (PB), fração A+B1, fração C e DigMS aumentaram linearmente com as doses de nitrogênio (P < 0,05). O aumento nas doses de N reduziu os teores de FDNcp de 606 para 559 g kg⁻¹ MS e de fração C de 130 para 90 g kg⁻¹ PB e aumentou os teores de proteína solúvel de 307 para 369 g kg⁻¹ PB e a DigMS de 586 para 680 g kg⁻¹ MS. Portanto, o aumento das doses de adubo nitrogenada é uma alternativa viável para aumentar a produção de capim Marandu, o valor nutritivo e a produção animal.

Palavras-chave: gado de corte, nitrogênio, pastagens, *Urochloa brizantha*, valor nutritivo.

PASTURE MANAGEMENT OF MARANDU GRASS WITH DIFFERENT NITROGEN FERTILIZER LEVELS

ABSTRACT – The effects of different nitrogen fertilization rates applied to *Urochloa brizantha* cv. Marandu during the rainy season on forage mass (FM), the proportion of critical and absorbed levels of nitrogen by plants (nitrogen nutritional index - NNI), nitrogen use efficiency, structural components of forage plants, quality forage and animal performance. The experimental design was completely randomized with four treatments (control without application of N, and 90, 180 and 270 kg of N ha⁻¹ year⁻¹) and three replicates (paddocks per treatment), nitrogen was applied in the form of urea. Forage mass, forage accumulation rate (FAR), stocking rate (SR) and gain per hectare (GPH) increased with increasing nitrogen doses ($P < 0.05$), while total carbohydrates (TCHO), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and nitrogen use efficiency decreased with increasing nitrogen dose ($P < 0.01$). Crude protein (CP), fraction A + B1, fraction C and DigDM increased linearly with nitrogen doses ($P < 0.05$). The increase in N doses reduced the level of CP and NDF from 606 to 559 g kg⁻¹ DM and fraction C from 130 to 90 g kg⁻¹ CP and increased the soluble protein contents from 307 to 369 g kg⁻¹ CP and DigDM from 586 to 680 g kg⁻¹ DM. Therefore, increasing nitrogen fertilizer doses is a viable alternative to increase Marandu grass production, nutritional value and animal production.

KeyWords: beef cattle, nitrogen, pasture, *Urochloa brizantha*, nutritional value.

Capítulo 1 – Considerações gerais

1. Introdução

O consumo de proteínas faz-se extremamente necessário aos seres humanos a fim de que obtenham os aminoácidos exigidos para o desenvolvimento de diferentes funções orgânicas fundamentais (PATOUMATHIS, 2009). Dentre as diferentes cadeias produtivas de proteína de origem animal do mundo, a bovinocultura de corte tem destaque acentuado (PATEL et al., 2016).

Ao redor do mundo existem diferentes sistemas de produção de bovinos de corte, os quais são explorados associando tanto o alcance de metas preestabelecidas de produção, quanto as potencialidades locais da produção (HOCQUETTE et al., 2018). Neste sentido, cada país tem uma característica marcante de produção, no caso dos Estados Unidos da América, podemos mencionar a terminação em sistema de confinamento, onde os animais recebem dietas concentradas, as quais fornecem os nutrientes necessários para curtos ciclos de produção. No Brasil, principal exportador de carne bovina do mundo, a principal característica do sistema de produção é o uso de pastagens como principal fonte de alimento, uso esse desenvolvido, normalmente, sem o emprego de tecnologias (manejo de pastagens, adubação, suplementação) (ROMANZINI et al., 2018), caracterizando o sistema de produção como extensivo.

Nosso sistema de produção, caracteriza-se pelos baixos índices produtivos, os quais estão associados comumente à maiores impactos ambientais, seja pela emissão de gases de efeito estufa, ou mesmo pela ineficiência no uso de nutrientes e menores retornos econômicos. Neste sentido, conhecer o sistema de produção, suas deficiências e atacá-las com técnicas pontuais, porém efetivas pode alterar toda cadeia produtiva, tornando o mesmo importante fonte de proteína de origem animal para consumo humano, associado à elevada capacidade

mitigadora de gases de efeito estufa, eficiência do uso de nutrientes e lucratividade do sistema de produção.

Visando avaliar os efeitos de diferentes doses de adubação nitrogenadas aplicadas as pastagens de *Urochloa brizantha* cv. Marandu durante o período de águas como uma técnica pontual de melhoria das deficiências da cadeia produtiva de bovinos de corte no Brasil, os objetivos desse estudo foram mensurar a massa de forragem (MF), a proporção de níveis críticos e absorvidos de nitrogênio por plantas (índice nutricional de nitrogênio - INN), a eficiência de uso do nitrogênio, os componentes estruturais da plantas forrageiras, a qualidade da forragem e o desempenho animal, durante o período das águas em resposta as diferentes doses de adubação nitrogenada.

2. Revisão de Literatura

2.1. Importância da pecuária

A pecuária de corte brasileira tem grande importância não só no Brasil, mas no mundo, uma vez que essa é responsável pelo fornecimento de grande parte da proteína de origem animal dessa cadeia produtiva. Em números, o consumo de carne bovina, reportado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT, 2019) no ano de 2013, no mundo foi de 9,42 kg/capta/ano, sendo que desse total, aproximadamente 14,41% foi produzido nos sistemas brasileiros, num total de 9.550.000 milhões de toneladas.

Em termos financeiros, para o Brasil a pecuária resultou no ano de 2018 – R\$ 597,22 bilhões ao produto interno bruto (PIB) nacional – crescimento de 8,3% em relação ao ano anterior. Esse valor representa 8,74% do PIB nacional total (Associação dos Indústrias Exportadoras de Carne – ABIEC, 2019), valor muito expressivo em se tratando de sistemas de

produção muitas vezes desenvolvidos sem incentivo público e sem aplicação alguma de tecnologias específicas para otimização produtiva.

Carvalho e Zen (2017) avaliaram o sistema de produção de bovinos de corte brasileiro e identificaram que os custos de produção deste sistema estão entre os mais baixos do mundo, muito provavelmente devido a principal fonte de alimento utilizada que são as forragens de clima tropical. As forrageiras tropicais possibilitam a criação animal, mesmo que com baixos índices, em se tratando dos sistemas de produção extensivos, sem nenhuma ou baixa reposição de nutrientes, via adubação e a suplementação da dieta dos animais.

2.2. Produção de bovinos de corte em pastagens

A Associação das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC, 2019) reportou que cerca de 87% dos animais abatidos no Brasil foram terminados em sistemas à pasto, sistema esse cujo principal alimento são as plantas forrageiras. Ainda que existam grandes propriedades produtoras de bovinos de corte em sistemas altamente tecnificados, os quais lançam mão de rigoroso controle no manejo de pastagem, frequente reposição de nutrientes – via adubação corretiva e fertilização das pastagens - e suplementação da dieta animal, grande parte da produção ainda é obtida em sistema de produção sem emprego das mesmas tecnologias.

Já destacavam Ferraz e Felício (2010) que a produção de bovinos de corte no Brasil se fundamentava num tripé bem definido: Nelore – *Urochloa* – Cerrado, segundo esses autores a raça que alicerçou todo sistema produtivo nacional é a Nelore, uma raça muito rústica e adaptada às diferentes condições de manejo, o qual muda entre os biomas brasileiros. Neste sentido, os mesmos autores reportam, que o volume de produção de bovinos de corte no Brasil está centralizado no Cerrado – área que abrange parte das regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, onde há como característica duas estações definidas secas e chuvas, além

de características particulares quanto ao solo e vegetação. Com relação a vegetação, pensando nas plantas forrageiras, Ferraz e Felício (2010) afirmaram que o gênero *Urochloa* é aquele que, com suas diferentes espécies e cultivares, alicerça toda a produção de bovinos de corte, uma vez que tem como característica alta adaptabilidade às diversas condições de solo e clima, e dentre as espécies possui diferenças marcantes na morfologia, o que proporciona flexibilidade de manejo (JANK et al., 2013).

2.3. Gênero “*Urochloa*”

Dentre as espécies utilizadas como plantas forrageiras, no Brasil, as do gênero *Urochloa* têm destaque garantido, uma vez que estas representam a maior parte das plantas cultivadas nacionalmente. Esse domínio dentre as diferentes forrageiras pode ser considerado histórico, uma vez que já se prolonga por mais de 20 anos. Macedo (1995) reportou que a participação desse gênero na área total de pastagens cultivadas na região do Cerrado era da ordem de 85%. Confirmando esse domínio referente ao uso do gênero *Urochloa*, Andrade (2001) reportou que do montante de sementes comercializados, mais que 85% compreende aos diferentes cultivares desse gênero, sendo que o predomínio é do cultivar Marandu, com cerca de 70% de comercialização.

Em termos agronômicos o gênero *Urochloa* pertence à família *Poaceae* com classificação superior *Paniceae*, ocorrem em regiões tropicais e subtropicais dos continentes americano, asiático, na Oceania e no continente africano (KELLER-GREIN et al., 1996), tido como berço de muitos dos cultivares desse gênero. No Brasil de acordo com Pizarro et al. (1996) existem 5 espécies nativas, porém nenhuma delas tem potencial forrageiro. Neste sentido, houve necessidade de importar cultivares com tal potencial, os quais vieram a ser no futuro grande parte da fonte alimentar da bovinocultura de corte nacional.

Dentre os cultivares importados vieram plantas com grande destaque pela capacidade de manter elevada produção mesmo em solos com níveis de fertilidade classificados entre médio e baixo (EUCLIDES et al., 2008). Tal característica possibilitou a grande difusão do gênero dentro do Brasil, uma vez que grande parte dos solos utilizados pela pecuária de corte nacional, apesar de possuírem bons atributos para a melhoria da fertilidade, não são trabalhados de forma a possibilitar tal melhoria, logo estes se mantêm com níveis de fertilidade medianos. Dessa forma fica evidente a capacidade de adaptação que as *Urochloas* apresentam a vários tipos de solos (SOUZA FILHO & DUTRA, 1991) e, principalmente as Brizantas, pela resistência à cigarrinha-das-pastagens (VALLE et al., 2000).

2.4. Princípios do manejo de pastagem x Produção e qualidade

O manejo de pastagem inicialmente tem como função ajustar o consumo, representado pela desfolha causada pelos animais, no ato de pastejar, e a rebrota, mecanismo de defesa das plantas, visando a manutenção do ciclo de vida destas, possibilitando assim um ponto ótimo entre produção e uso da forragem. Oliveira (2014) reportou que a maior sobra de forragem, causada por falhas no manejo de pastejo, resulta em maior senescência, morte de tecidos e menor eficiência de utilização da forragem, ou seja, reduz a potencial produção animal da área.

Existem algumas recomendações específicas de manejo de pastagem para métodos desenvolvidos sob pastejo rotacionado ou intermitente e contínuo, no entanto todas elas tendem a buscar o ponto ótimo entre produção e qualidade do alimento consumido pelos animais. Hodgson (1985) destacou que durante o período de crescimento do pasto, àqueles sistemas de pastejo desenvolvidos sob lotação contínua, se eficientemente manejados, possibilitam aos animais o consumo constante de folhas jovens, as quais possuem maior digestibilidade quando comparados aos sistemas de pastejo rotacionado ou intermitente.

Uma recomendação de manejo já comprovadamente eficiente tanto para sistemas de pastejo contínuo, quanto para rotacionado, é referente ao critério de interceptação luminosa a 95%, com base na altura de pastejo, e assim diversos estudos (GIMENES et al., 2011; DA SILVA et al., 2013; BARBERO et al., 2017) reportam que para a maior eficiência de utilização das pastagens tropicais manejadas sob essas condições. Esse critério considera que 95% da luz incidente no dossel está sendo interceptada pelas folhas (RHODES, 1973 e HAY & WALKER, 1989) e conseqüentemente a taxa de acúmulo de forragem é a máxima, em tal condição (PARSONS et al., 1988).

O conhecimento e utilização de recomendações, como o critério de interceptação luminosa, com base na altura de pastejo é fundamental à qualquer sistemas de produção que utilize as forrageiras como principal fonte de alimento. Segundo Sollenberger e Vanzant (2011) de 60 a 90% das variações no desempenho de animais em pastejo poderiam ser explicadas pela oferta de forragem, em se considerando uma mesma espécie forrageira, numa escala de baixa a alta massa de forragem. Já quando a oferta não consiste no fator limitante ao consumo, Oliveira (2014) reportou que 50% de tais variações poderiam ser explicadas pelo valor nutritivo da forrageira disponível ao consumo animal. Essas afirmações pontuam o quão determinante é o manejo de pastagem em relação tanto a produção como a qualidade do alimento disponível ao consumo dos animais em produção, logo, as tomadas de decisão quanto ao manejo adotado nos diferentes sistemas é crucial para obtenção de bons resultados, tanto zootécnicos quanto financeiros.

2.5. Persistência de plantas forrageiras

A persistência consiste em uma das características necessárias para que uma determinada planta seja classificada com potencial forrageiro. Dentre essas características

citam-se: produção; valor nutricional (composição química e digestibilidade do alimento); aceitação pelo animal; facilidade de propagação e estabelecimento; resistência a pragas e doenças e persistência ao pastejo (ADAMI et al., 2010). Especificamente com relação a persistência, é de suma importância às espécies forrageiras, uma vez que o pastejo desenvolvido pelos animais consiste em um *feedback* negativo ao desenvolvimento dessas espécies, pois além do material consumido por eles, ainda existe todo impacto do pisoteio e uso indireto (locais onde as excretas são eliminadas), logo se a capacidade de manutenção dessas espécies for baixa, sua perenidade após o estabelecimento fica comprometida.

Todo sistema de produção que utilize as forragens como fonte de alimento, deve considerar como manejo fundamental o controle das relações solo-planta-animal visando maior produção, melhor utilização e persistência das pastagens (COSTA et al., 2004). Segundo esses autores as pastagens são formadas pela população de perfilhos, os quais estão em estado dinâmico de renovação, logo a persistência das gramíneas classificadas como perenes, pode ser atribuída, em parte, a esse estado dinâmico de renovação, que consiste na produção e substituição de perfilhos.

As práticas de manejo adotadas, taxa de lotação, sistema de pastejo, são fundamentais para garantia da persistência das plantas forrageiras, uma vez que é necessário permitir às plantas em exploração o uso de suas reservas após os ciclos de pastejo, possibilitando o aparecimento de novos perfilhos, os quais devem se desenvolver e sintetizar os substratos de reserva previamente consumidos. Corroborando com tal afirmação, Langer (1963) reportou que o tempo de vida do perfilho e a sua taxa de renovação são aspectos importantes para a persistência da comunidade de plantas na pastagem.

Em se tratando especificamente do gênero *Urochloa* trabalhos desenvolvidos por Casagrande et al. (2013); Barbeiro et al (2017); Delevatti et al. (2018) e (2019); Koscheck et al.

(2020) e especialmente Romanzini et al. (2018) reportam dados de anos de pesquisa quanto à altura de manejo tida como ideal num sistema com 95% interceptação luminosa (25 cm); níveis de suplementação e adubação, os quais resultam em diferentes capacidade de suporte, possibilitando assim que diferentes taxas de lotação sejam utilizadas de acordo com a intensificação do sistema de produção, determinada previamente pelas metas produtivas.

2.6. Fertilidade do solo

A compreensão da fertilidade do solo é fundamental a qualquer sistema de produção vegetal, tendo em vista que as forragens utilizadas como principal alimento na bovinocultura de corte deve ser considerada uma cultura, assim como milho e soja, então entender esse tema possibilita a extração dos melhores resultados na atividade. Em se tratando de fertilidade sabemos que esta é vital para adequadas produtividades, porém um solo fértil nem sempre será produtivo, uma vez que muitos fatores podem interferir na produtividade, tais como solos mal drenados, infestações por insetos, condições climáticas (POTAFOS, 1998). Ainda de acordo com a literatura anterior, diz-se que na agricultura moderna, a fertilidade do solo é uma parte de um sistema dinâmico, onde os nutrientes são constantemente exportados na forma de produtos, sejam eles de origem vegetal ou animal.

Esse conceito de exportação de nutrientes deve ser considerado e interpretado junto as clássicas Leis dos Mínimos, também conhecida como Lei de Liebig (RAIJ, 1981), uma vez que a quantidade exportada do nutriente para a produção vegetal, pode acarretar na diminuição da disponibilidade desse no solo e conseqüentemente limitar o crescimento ótimo da planta. Logo para que essas exportações, remoções de nutrientes, não interfiram no desenvolvimento da planta e, conseqüentemente na produtividade desta, deve-se trabalhar com a reposição

periódica, de acordo com as necessidades, identificadas por meio de análises de solo de cada uma das áreas da propriedade, para os diferentes cultivares explorados.

2.7. Adubação nitrogenada

A adubação de manutenção dos pastos com fontes nitrogenadas é uma das principais técnicas de manejo, que além de contribuir para a redução na pressão de abertura de novas áreas, devido principalmente à capacidade dos pastos adubados em suportar maiores taxas de lotação animal, viabiliza a correção do nível de outros nutrientes. Além disso o N, favorece o aumento do teor de matéria orgânica do solo ao longo dos anos (SANTOS, 2009), contribui para evitar a perda de produtividade das pastagens e mitigar a emissão de gases de efeito estufa (MARTHA JÚNIOR et al., 2004), aumenta a eficiência de utilização de recursos como a radiação solar e água pelas plantas (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996), favorece a mobilização de reservas de carbono e nitrogênio da planta logo depois da desfolha (MILLARD et al., 1990), interfere no ritmo de expansão da área foliar e no peso e número de perfilhos acarretando em aumento de biomassa nos pastos (WHITEHEAD, 1995), além de proporcionar melhorias no valor nutritivo da forragem.

Embora sejam atribuídos inúmeros benefícios à adubação nitrogenada de pastagens na produção animal, existem alguns fatores, principalmente os ambientais, que são afetados de forma negativa quando as estratégias de aplicação do fertilizante não são bem estabelecidas, como a dose de aplicação, a fonte e a forma de parcelamento (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). E, segundo os mesmos autores, o sucesso com que essas medidas de manejo do N como fertilizante são implementadas para aumentar a recuperação do N aplicado no sistema solo-planta e a redução das perdas para o ambiente, em associação com a eficiência de pastejo, são os principais determinantes da eficiência biológica e econômica da adubação nitrogenada de

pastagens, que irão permitir odelineamento de estratégias de aumento da eficiência de uso e minimização do impacto ambiental.

Deve-se destacar que apesar de todos os benefícios reconhecidos quanto ao uso de adubos nitrogenados sobre as pastagens, de acordo com Heinrichs (2017) se considerada toda área de pastagem brasileira o volume de adubo nitrogenado destinado à essas, 520 mil t, seria capaz de fertilizar ao nível de 3,46 kg/ha; já se consideradas apenas às áreas de pastagens cultivadas, esse nível melhora, 7,00 kg/ha, porém se mantém aquém do que realmente deve ser utilizado em se tratando de sistemas intensivos de produção, com elevada exportação de nutrientes do solo para as plantas e conseqüentemente para a produção animal.

2.7.1. *Respostas das plantas forrageiras ao nitrogênio*

Em se tratando respostas das plantas forrageiras à essa adubação nitrogenada, primeiramente devemos lembrar que o nitrogênio tem papel imprescindível tanto na morfogênese de plantas, aparecimento e desenvolvimento de perfilhos, quanto nas características morfológicas, como tamanho das folhas e docolmo (MARTUSCELLO et al., 2005; MARTUSCELLO et al., 2006 e PATÊS et al., 2007). Logo se considerado que a produtividade das gramíneas forrageiras decorre da contínua emissão de folhas e perfilhos, processos importantes para a restauração da área foliar após corte ou pastejo, a adubação nitrogenada está diretamente relacionada a garantia da perenidade à forrageira (PATÊS et al., 2007).

Além de toda influência sobre a morfogênese e morfologia da planta, e conseqüente perenidade dessas plantas, o N quando inserido no sistema de pastejo, via adubação, possibilita que reflitamos diretamente quanto à alimentação animal. A adubação nitrogenada favorece o aumento na concentração de N na planta, e conseqüentemente, o teor de proteína bruta (PB), refletindo na qualidade da forragem. Porém, nem toda PB está totalmente disponível para ser

aproveitada de forma imediata pelos ruminantes. Sniffen et al. (1992) classificaram as formas do N em cinco frações, relacionadas à nutrição dos ruminantes: Fração A: representa o N-não-proteico (NNP), sendo solúvel e de alta digestibilidade no rúmen; Fração B1: parte da proteína verdadeira, também solúvel e de rápida degradação ruminal; Fração B2: parte da proteína que não é solúvel, não faz parte da parede celular e também não é NNP e apresenta degradação média; Fração B3: parte da proteína aderida na fibra em detergente neutro (FDN) e é disponível, porém com taxa de degradação muito lenta; Fração C: é a proteína indisponível contida na fibra em detergente ácido (FDA), associada à lignina e altamente resistente à degradação microbiana e enzimática. Já do ponto de vista da nutrição mineral de plantas, as formas do N podem ser classificadas em: orgânica (aminoácidos, amidas, peptídeos e as próprias proteínas) e inorgânica (amônio, nitrato ou nitrito). O N inorgânico corresponde à fração A, enquanto o N orgânico pode fazer parte das frações B1, B2, B3 ou C.

2.8. Visão geral de calagem e adubação x gênero "Urochloa"

O processo de calagem possibilita ajustes no pH efetivo do solo, o qual alterará os valores de saturação por bases (%V) e capacidade de troca catiônica (CTC), essas mudanças tendem a elevar a fertilidade do solo, tornando os nutrientes adicionados a este meio mais disponíveis às plantas. De acordo com Euclides et al. (2008) as plantas do gênero *Urochloa* têm potencial de produção elevado mesmo em solos cuja fertilidade é mediana, logo, se os manejos de calagem e adubação foram realizados, causando a melhoria da fertilidade, o potencial produtivo dos cultivares desse gênero se elevam, possibilitando inclusive maior persistência ao pastejo nessas áreas, uma vez que as melhores condições possibilitam as plantas maior acúmulo de reserva de nutrientes, os quais estão diretamente relacionados ao processo de persistência.

É crucial que o produtor conheça previamente todo o sistema de produção sob sua tutela, uma vez que os diferentes cultivares de *Urochloa* possuem diferenças entre si quanto as exigências de nitrogênio, principal nutriente associado aos processos de adubação, as quais são necessárias para atingir elevada produção. Segundo Costa et al. (2006) *Urochloa decumbens*, *humidicola eruzizensis* são menos exigentes que as *Urochloa brizantha* cvs. Marandue Xaraés, que têm um grau de exigência médio enquanto a cultivar de *Urochloa brizantha*, a MG-5, apresenta de média a alta exigências. Essas diferenças nas exigências das diferentes cultivares não existe somente devido ao melhoramento genético praticado sobre a espécie, mas também devido as altas produtividades esperadas, Cesar et al. (2006) avaliaram doses de N em adubação de cobertura em pastagens de *Urochloa brizantha* cv. MG-5, estes reportaram aumento de 22,1% dos tratamentos com uso de N em relação às parcelas que não receberam o nutriente. Ydoyaga et al. (2006) estudaram métodos de recuperação de pastagens, *Urochloa decumbens*, estes descrevem que a adubação nitrogenada propiciou aumento de 34% na disponibilidade de massa seca. De maneira geral, as práticas que envolvem melhoria na fertilidade do solo, calagem e adubação, têm uma resposta positiva na produção de forragens quando utilizados os gêneros *Urochloa*.

2.9. Fisiologia da planta forrageira (morfologia e morfogênese)

As plantas forrageiras, independente de gênero e espécie, tem como condições fundamentais do ciclo de vida, três ações, sendo elas: nascer, crescer e senescer ou morrer. Quando tratamos de plantas forrageiras de clima tropical, mais especificamente aquelas com rota fotossintética C4, perenes, estivais, as gramíneas, especificamente as do gênero *Urochloa*, temos como unidades fundamentais ao desenvolvimento os fitômeros (perfilhos), compostos pelas seguintes estruturas: nó, gema axilar, entrenó, bainha, lígula e lâmina foliar. Essas

informações são importantes uma vez que o conhecimento, simultâneo entre morfologia e morfogênese, os quais regem os processos fisiológicos da planta forrageira permite ajustes nas tomadas de decisão quanto ao manejo adotado, respeitando os limites biológicos da planta, principalmente sobre os mecanismos de controle da desfolha das mesmas (CASAGRANDE et al., 2010).

Dentre as ações fundamentais do ciclo de vida das plantas, o crescimento está condicionado diretamente à morfogênese, e esta se relaciona com a disponibilidade ou não de recursos, como água, luz, nitrogênio e temperatura. Já com relação a morfologia, pode-se associar a mesma às variáveis estruturais das plantas, a quais são diretamente afetadas por alterações das respostas morfogênicas, somadas ao manejo de pastejo adotado, representado pela frequência e intensidade de pastejo (SANTOS et al., 2011).

Os diferentes manejos de pastejo adotados em determinadas condições e sistemas produtivos resultam em mudanças na intensidade de desfolha das plantas, o que causa alterações na arquitetura do dossel, mudando as proporções dos componentes morfológicos e botânicos, os quais constituem tanto a estrutura vertical, quanto a horizontal do mesmo (LACA & LEMAIRE, 2000). As alterações nas proporções desses componentes inclusive provocam mudanças na composição química da forragem disponível ao consumo animal, uma vez que o aumento de colmos em relação às folhas tende a diminuir as frações digestíveis e elevar as menos digestíveis e indigestíveis, uma vez que os colmos são estruturas de sustentação caracterizadas pela presença de carboidratos estruturais. Por outro lado, aqueles manejos que resultam na maior presença de lâminas foliares na estrutura do dossel tendem a atender de forma mais eficiente às exigências nutricionais dos animais em produção mantidos nesses sistemas, haja vista que os nutrientes têm uma digestibilidade maior devido a sua composição química (HODGSON, 1990).

2.10. Composição química de plantas forrageiras

As plantas forrageiras assim como todos alimentos são compostas por duas frações básicas: água e matéria seca. Na fração denominada matéria seca, temos a matéria orgânica, a qual é composta por todos os nutrientes (proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta ou fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, carboidratos não-fibrosos) e a matéria mineral, composta pelos macro e micro minerais. A composição química mensurada em cada forrageira, além de estar relacionada com o gênero e cultivar, tem direta relação com o manejo adotado na área. De acordo com Laca & Lemaire, (2000) aumentar a intensidade de pastejo causa mudanças estruturais no pasto, o qual na tentativa de se adaptar à nova condição e reestabelecer a sua área foliar. Assim se inicia um processo de aumento na densidade populacional de perfilhos, observado empastos mais baixos, e evidencia a existência de um mecanismo de compensação em, segundo o qual estepastos possuíram maior densidade populacional de perfilhos pequenos se comparados aqueles manejados mais altos, os quais possuíram maior massa por perfilho e menor densidade de perfilhos. Deve-se destacar ainda que os fatores ambientais estão diretamente relacionados à condição previamente reportada, alterando assim a estrutura do dossel, de acordo com melhores e piores condições. De acordo com Romanzini et al. (2017) a produção total de forragem é diretamente afetada tanto pela frequência nos dias de chuva, quanto pela umidade relativa do ar durante o período de maior desenvolvimento das plantas forrageiras, ou seja além do manejo as condições ambientais podem determinar alterações na composição química das plantas forrageiras, devido a alterações na composição do dossel.

Uma breve reflexão pode elucidar as mudanças presentes na composição química de plantas forrageiras de acordo com a idade das mesmas e o manejo adotado, as plantas jovens, quando submetidas a adubação nitrogenada tendem a aumentar a concentração de PB e

diminuir a porção de nitrogênio insolúvel em detergentes neutro e ácido (NIDN e NIDA, respectivamente). Neste sentido, forragens com altos teores de proteína degradável no rúmen (PDR) resultam em menores eficiências de utilização de nitrogênio amoniacal ruminal e síntese de proteína microbiana, principalmente se a digestibilidade da FDN for baixa. Já quando observadas as plantas com estágio de maturidade mais avançado, os teores de nitrogênio ligados a FDN e FDA aumentam (SOLLENBERGER et., 2005), mesmo se utilizada a prática de adubação nitrogenada, visando aumentar a fração folha, e, por conseguinte os compostos nitrogenados, a idade avançada de maturação da planta gera maior proporção de tecidos de sustentação e conseqüentemente maior FDN (MARCELINO et al., 2002), o qual pode ser menos digestível, devendo então ser mensurado a fração de fibra detergente indigestível (FDNi) e a fração potencialmente digestível (FDNpd) para que assim possa ter como parâmetro a qualidade do alimento que se fornece ao consumo animal.

2.11. Consumo e digestibilidade de plantas forrageiras

De acordo com Hodgson (1990) o processo de utilização da forragem produzida é aquele com maior possibilidade de ajustes por meio do manejo, entre 40 e 85% de possibilidade de ajustes, enquanto o crescimento e a conversão do alimento consumido em produto de origem animal, tem possibilidades de ajustes variando entre 2 e 5%, para ambos. O consumo de forragens é consequência direta da estrutura do dossel, a qual determina a acessibilidade e a facilidade de colheita, normalmente desenvolvida durante o processo de seleção praticado pelos animais em pastejo, e afeta, em última análise, a quantidade de nutrientes ingerida (STOBBS, 1973), estando assim diretamente relacionado ao resultado final dos sistemas de produção animal.

Com relação as diferentes possibilidades de ajuste, que resultam em controle no processo de utilização entre 40 e 85% desenvolvidas na forma de manejo, pode-se reportar o controle na altura do dossel, o qual resulta no acompanhamento da massa de forragem e na taxa de lotação praticada na área, ambos interferindo na quantidade e qualidade da forragem disponível (REIS et al., 2009), corroborando com tal informação Sollenberger et al. (2005) reportaram que a oferta de lâminas foliares verdes é o que permite prever com segurança o desempenho animal, por integrar a massa de lâminas foliares com a taxa de lotação. A folha verde é a fração mais selecionada pelos animais durante o consumo, devido ao seu maior valor nutritivo (PACIULLO et al., 2001) e pode representar mais de 80% da forragem consumida pelos animais (FORBES & HODGSON, 1985).

De acordo com Poppi et al. (1987), o consumo de forragem é determinado por duas classes de fatores: a nutricional relacionada ao valor nutritivo da forragem e fatores metabólicos; e a não-nutricional associada à estrutura presente no pasto, como massa de forragem, altura, densidade volumétrica, proporção de colmo, material morto e relação folha:colmo que influenciam diretamente o consumo por alterações na massa de bocado e na taxa de bocados/min. Complementando as afirmações de Poppi et al. (1987), Carvalho et al. (2001) reportaram que apesar de a altura favorecer a profundidade e, conseqüentemente, a massa do bocado, aqueles pastos manejados com maior intensidade de pastejo, apesar de apresentarem maior relação folha:colmo e valor nutritivo, devido às condições à que as plantas forrageiras foram submetidas, restringem o consumo pela menor oferta de forragem e folhas verdes, podendo resultar em menor desempenho animal, devido à maior busca por alimento dentro da área de pastejo.

Deve-se traçar um paralelo entre as diferentes classes de fatores previamente reportadas, de acordo com Hernández Garay et al. (2004) a taxa de lotação possui efeito direto

sobre redução nos teores de fibra e aumento na proteína e,consequentemente na digestibilidade da forragem.Isso sugere que a oferta deforragem ideal para maximizar ganho de peso varia de acordo com o valor nutritivoda forragem, conforme reportado por Guerrero et al. (1984), eles mencionaram que menoresofertas de forragem puderam ser utilizadas para proporcionar o máximo ganho de peso dos animais,quando se aumentou a digestibilidade da forragem consumida pelos mesmos.

2.12. Desempenho Animal (ganhos por área e animal)

A resposta de todo sistema de produção fundamentado no uso de forragens, não é a forragem produzida com qualidade, mas sim o desempenho animal final, medido em ganho de peso ou produção de litros de leite. Por isso, conhecer e mensurar esses desempenhos possibilita classificar todo manejo prévio como adequado ou não, e assim identificar possíveis gargalos, onde o manejador possa agir para alterar os resultados finais. É importante que se tenha uma visão holística do sistema, uma vez que os ganhos por animal podem ser pequenos, porém os ganhos por área são elevados, nestes sentido Casagrande et al. (2013) reportaram que ao intensificar o manejo do pastejo, aumentando a taxa de lotação e manejando pastos mais baixos é possível aumentar o ganho por área, porém, o ganho individual pode ser comprometido quando a suplementação não é utilizada. Neste sentido, inicia-se a ação do manejador no que se refere às tomadas de decisão, uma vez que a produção de bovinos de corte em pastagens deve explorar o máximo ganhopor animal e por área para ser eficiente e competitiva dentro do agronegócio. As tomadas de decisão do manejador podem gerar adequadas relações entreintensidade de pastejo e taxa de lotação, as quais são cruciais para a obtenção de alto rendimento por animal e por área (BLASER, 1988). Para melhor interpretar essas relações Mott (1960) reportou que em situação de baixa taxa de lotação, o desempenho individual é maior,

entretanto, é nulo quando a lotação é equivalente a 1,5 vezes a referente à pressão de pastejo ótima. Por outro lado, o ganho por área aumenta de acordo com o aumento da taxa de lotação, sendo que o maior ganho por área foi obtido num ponto acima do maior ganho por animal. Portanto, no ponto de maior ganho por área o ganho individual não foi maximizado, devido à baixa oferta de forragem, situação causadora de baixo consumo de alimento pelos animais.

Uma alternativa para aumentar a taxa de lotação das pastagens, além da suplementação da dieta, seria por meio da maior produção de forragem, que pode ser obtida com aplicação da adubação nitrogenada. Euclides et al. (1999) e Corrêa (2000) reportaram em seus estudos que pastos adubados com doses maiores de nitrogênio suportaram maiores taxas de lotação, as quais resultaram em maiores produtividades. Segundo estes autores, o aumento na adubação nitrogenada de 50 kg/ha para 100 kg/ha (EUCLIDES et al., 1999) e de 200 kg/ha para 300 kg/ha, acarretou respectivamente em 1,9 e 1,2 kg de peso vivo a mais por hectare, para cada quilograma adicional de N aplicado, ou seja aumentou-se o ganho por área, no entanto gerou-se a necessidade de mensurar a eficiência de uso desse nutriente.

2.13. Eficiência de uso do nitrogênio

O primeiro passo para que se tenha elevados índices de eficiência do uso do nitrogênio é o conhecimento das formas de perdas desse nutriente no sistema solo-planta, uma vez que este possibilita a definição de estratégias visando aumentar a eficiência de uso e minimizar o impacto ambiental do N aplicado (COSTA et al., 2006). Carvalho & Saraiva (1987) mencionam a perda de nitrogênio toda vez que se aplica esse elemento no solo, de acordo com os autores as formas mais comuns de perda são a volatilização, desnitrificação e, principalmente, a lixiviação, todas essas, logicamente acarretam baixa taxa da eficiência da utilização do nitrogênio. Gerando

assim a necessidade de conhecer e aplicar técnicas eficientes, as quais melhorem tal taxa e consequentemente reduzam os impactos ambientais.

Os primeiros passos para que se obtenham maiores eficiências de uso do N, estão relacionados à presença dos demais nutrientes em níveis adequados no solo e ao correto manejo das pastagens, para que os animais possam aproveitar adequadamente a forragem produzida (CORRÊA, 2000). Em se tratando especificamente da eficiência de uso do N, vários fatores interferem no mesmo, tais como a fonte de nitrogênio, as condições do solo e climáticas, grau de fracionamento e dose aplicada, potencial de resposta da planta, presença e potencial do animal, entre outros (LUPATINI et al., 1998). Esses fatores que influem na taxa de acúmulo da planta e na recuperação de nitrogênio também influenciam a eficiência de utilização do nutriente (SOARES & RESTLE, 2002).

Além de mensurar a eficiência de utilização do N é importante considerar sua recuperação. Primavesi et al. (2006) reportaram que, em pastagens manejadas intensivamente, usando doses elevadas de N, conhecer a recuperação do N do fertilizante pelas plantas torna-se importante para montar estratégias, as quais visam maximizar a eficiência do seu uso e minimizar os impactos ambientais. A recuperação do fertilizante aplicado em pastagens varia entre 50 e 80% e, frequentemente se mantém entre 65 e 70%. Resultados de pesquisas têm mostrado que com o aumento das doses de N aplicado, a quantidade de N recuperado é menor (WHITEHEAD, 1995, 2000). Martha Junior et al. (2004) reportaram que a maximização da eficiência de conversão do N aplicado via adubação (N-fertilizante), em massa seca de forragem, é extremamente importante para o resultado econômico final da prática nos sistemas de produção utilizando as forragens como alimento principal. Segundo esses autores, a eficiência do uso do N-fertilizante na produção animal é de 1,45kg de ganho de peso vivo (GPV) por kg de

N aplicado, para um potencial estimado em 3,5 a 4,0 kg de GPV por kg de N aplicado, mostrando assim o gargalo existente para melhorias nas condições de manejo.

3. Hipóteses

As hipóteses consideradas neste estudo foram se a combinação do manejo do pastejo com altura de 25 cm de altura (95% IL) e aplicação de doses nitrogênio: (1) aumentaria a massa de forragem (MF) e desempenho animal, (2) aumentaria a qualidade da forragem, (3) aumentaria a proporção de níveis críticos e absorvidos de nitrogênio por plantas (índice nutricional de nitrogênio - INN), (4) diminuiria a eficiência de uso do nitrogênio, (5) alteraria os componentes estruturais da plantas forrageiras, e (6) modificaria o fracionamento proteico das plantas forrageiras durante o período das águas.

4. Referências

- ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **BeefReport – Perfil da Pecuária no Brasil**. 2019. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/control/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>>. Acessado em: Agosto de 2019.
- ADAMI, P.F.; SOARES, A.B.; ASSMANN, T.S.; ASSMANN, A.L.; SARTOR, L.R.; PITTA, C.S.R.; FRANCHIN, M.F.; MIGLIORINI, F. Dynamic of a papuã pasture under two grazing intensities and two nitrogen levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2569-2577. 2010.
- ANDRADE, R.P. de. Pasture seed production technology in Brazil. In: International Grassland Congress, 19^a ed., 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: SBZ, 2001, p.129-132.
- BARBERO, R.P.; MALHEIROS, E.B.; NAVE, R.L.G.; MULLINIKS, J.T.; DELEVATTI, L.M.; KOSCHECK, J.F.W.; ROMANZINI, E.P.; FERRARI, A.C.; RENESTO, D.M.; BERCHIELLI, T.T.; RUGGIERI, A.C.; REIS, R.A. Influence of post-weaning management system during the finishing phase on grasslands or feedlot on aiming to improvement of the beef cattle production. **Agricultural Systems**, v.153, p.23-31. 2017.
- BLASER, R.E. Pasture-animal management to evaluate plants and to develop forage systems. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 9. Piracicaba, 1988. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988, p. 1-39.
- CASAGRANDE, D.R.; RUGGIERI, A.C.; JANUSCKIEWICZ, E.R.; GOMIDE, J.A.; REIS, R.A.; VALENTE, A.L.S. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu manejado

- sob pastejo intermitente com diferentes ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2108-2115, 2010.
- CASAGRANDE, D.R.; AZENHA, M.V.; VIEIRA, B.R.; RESENDE, F.D.; FARIA, M.H.; BERCHIELLI, T.T.; RUGGIERI, A.C.; REIS, R.A. Performance and carcass quality of feedlot or pasture finished Nellore heifers according to feeding managements in the postweaning phase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.12, p.899-908. 2013.
- CARVALHO, M.M.; SARAIVA, O.F. Resposta do capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) a aplicações de nitrogênio, em regime de cortes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.16, n.5, p.442-454. 1987.
- CARVALHO, P.C.F.; MARÇAL, G.K.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C.; TRINDADE, J.K.; OLIVEIRA, J.O.R.; NABINGER, C.; MORAES, A. Pastagens altas podem limitar o consumo dos animais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.853-871, 2001.
- CARVALHO, T.B. de; ZEN, S. de. The beef cattle chain in Brazil: evolution and trends. **Revista iPecege**, v.3, n.1, p.85-99. 2017.
- CESAR, A.S.M.; PERNA JÚNIOR, F.; TONETTI, P.A.; SILVA, L.H.O.; SGAMBATTI, M.B.D.R.; KOKUBO, M.S.; HERLING, V.R. Algumas características agrônômicas e fisiológicas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés adubada com doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM.
- CORRÊA, L. A. Pastejo rotacionado para produção de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 1., 2000, Lavras. **Temas em evidência**. Lavras: UFLA, 2000. p.149-177.
- COSTA, N.L.; MAGALHÃES, J.A.; TOWNSEND, C.R.; PAULINO, V.T. **Fisiologia e manejo de plantas forrageiras**. Porto Velho: Embrapa Rondonia. 2004. 27 p.
- COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2006. 60 p.
- DA SILVA, S.C.; GIMENES, F.M.A.; SARMENTO, D.O.L.; SBRISSIA, A.F.; OLIVEIRA, D.E.; HERNANDEZ-GARAY, A.; PIRES, A.V. Grazing behaviour, herbage intake and animal performance of beef cattle heifers on marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. **Journal of Agricultural Science**, v.151, p.727-739. 2013.
- DELEVATTI, L.M.; CARDOSO, A.S.; BARBERO, R.P.; LEITE, R.G.; ROMANZINI, E.P.; RUGGIERI, A.C.; REIS, R.A. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. **Scientific Reports**, v.9, p.7596. 2019.
- DELEVATTI, L.M.; ROMANZINI, E.P.; KOSCHECK, J.F.W.; DA ROSS, T.L.A.; RENESTO, D.M.; FERRARI, A.C.; BARBERO, R.P.; MULLINKS, J.T.; REIS, R.A. Forage management intensification and supplementation strategy: Intake and metabolic parameters on beef cattle production. **Animal Feed Science and Technology**, v.1, p.1. 2018.

- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VALLE, C.B. do; BARBOSA, R.A.; GONÇALVES, W.V. Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1805- 1812. 2008.
- FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Compare Data: 2010 – 2017; Food Balance: Food Supply: World.** 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#compare>>. Acessado em: Agosto de 2019.
- FERRAZ, J.B.S.; FELÍCIO, P.E. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, v.84, p.238-243. 2010.
- FORBES, T.D.A.; HODGSON, J. Comparative studies of the influence of sward conditions on the ingestive behaviour of cows and sheep. **Grass and Forage Science**, v.40, n.1, p.69-77. 1985.
- GUERRERO, J.N.; CONRAD, B.E.; HOLT, E.C.; WU, H. Prediction of animal performance on bermudagrass pasture from available forage. **Agronomy Journal**, v.76, p.577–580. 1984.
- GIMENES, F.M.A.; SILVA, S.C.; FIALHO, C.A.; GOMES, M.B.; BERNDT, A.; GERDES, L.; COLOZZA, M.T. Ganho de peso e produtividade animal em capim- marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.751-759. 2011.
- HAY, R.K.M.; WALKER, A.J. **An introduction to the physiology of crop yield.** Essex: Longman Scientific and Technical, 1989. 292 p.
- HEINRICH, R. Novos enfoques na adubação e nutrição nitrogenada em pastagens. **Proceedings...** In: IV Simpósio de Adubação e Manejo de Pastagens e IV Simpósio de Produção Animal a Pasto. 4., 2017. Dracena, SP. 2017.
- HERNANDEZ GARAY, A.; SOLLENBERGER, L.E.; MCDONALD, D.C.; RUEGSEGG, G.J.; KALMBACHER, R.S.; MISLEVY, P. Nitrogen fertilization and stocking rate affect stargrass pasture and cattle performance. **Crop Science**, v.44, p.1348–1354. 2004.
- HOCQUETTE, J.F.; ELLIES-OURY, M.P.; LHERM, M.; PINEAU, C.; DEBLITZ, C.; FARMER, L. Current situation and future prospects for beef production in Europe — A review. **Asian – Australasian Journal of Animal Sciences**, v.31, n.7, p.1017-1035. 2018.
- HODGSON, J. The control of herbage intake in the grazing ruminant. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.44, p.339-346, 1985.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice.** Ed. Longman Scientific & Technical. 203p. 1990.
- JANK, L.; BRAZ, T.G.S.; MARTUSCELLO, J.A. Gramíneas de Clima Tropical. In: Reis, R.A.; Bernardes, T.F.; Siqueira, G.R. (Ed.) **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros.** Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2013. Cap.8, p.109-124.
- KELLER-GREIN, G.; MAAS, B.L.; HANSON, J. Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collections. In: Miles, J.W.; Maas, B.L.; Valle, C.B. do. (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement.** Cali: CIAT, 1996. Cap.2, p.16-42.

- KOSCHECK, J.F.W.; ROMANZINI, E.P.; BARBERO, R.P.; DELEVATTI, L.M.; FERRARI, A.C.; MULLINI, J.T.; MOUSQUER C.J.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A. How do animal performance and methane emissions vary with forage management intensification and supplementation? **Animal Production Science**, v.X, p.X. 2020. (no prelo).
- LACA, E.A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: T'MANNETJE, L.; JONES, R.M. (Ed.). **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. New York: Cabi, p.103-122. 2000.
- LANGER, R.H.M. Tillering in herbage grasses. **Herbage Abstracts**, v.33, n.3, p.141-148, 1963.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 3-36.
- LUPATINI, G.C.; RESTLE, J.; CERETTA, M. Avaliação da mistura de aveia preta e azevém sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. I - Produção e qualidade de forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.11, p.1939-1943. 1998.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrado: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: Simpósio sobre Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros, 1995. Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995, p.28-62.
- MARCELINO, K.R.A.; LEITE, G.G.; VILELA, L. et al. Influência de nitrogênio e tensões hídricas sobre o valor nutritivo do Marandu (*Brachiaria brizantha*) cultivado no cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002. **Anais...** Recife, 2002 (CD-ROM).
- MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARIONI, L.G.; et al. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 21: 2004, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: 2004, p. 155-215.
- MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P.M.; JUNIOR, J.I.R.; CUNHA, D.N.F.V.; MOREIRA, L.M. Características morfológicas e estruturais do capim xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1475-1482. 2005.
- MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JR., D.; SANTOS, P.M.; CUNHA, D.N.F.V. Características morfológicas e estruturais do capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.665-671, 2006.
- MILLARD, P.; THOMAS, R.J.; BUCKLAND, S.T. Nitrogen supply affects the remobilization of nitrogen for the regrowth of defoliated *Lolium perenne* L. **Journal of Experimental Botany**, v.41, p.941-947, 1990.
- MOTT, G.O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress VIII. **Proceedings...** Reading, United Kingdom. 1960. p. 606-611.
- OLIVEIRA, A.A. **Manejo do pasto de capim marandu e suplementação com diferentes fontes de energia na recria de tourinhos nelore**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - UNESP, 2014. 121p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2014.

- PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; QUEIROZ, D.S.; DA SILVA, E.A.M. Composição química e digestibilidade *in vitro* de lâminas foliares e colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção do perfilho, da idade e da estação de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.3, p.964-974. 2001.
- PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; WILLIAMS, J.H.H. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Science**, v.43, n.1, p.1-14. 1988.
- PATEL, M.; SONESSON, U.; HESSLE, A. Upgrading plant amino acids through cattle to improve the nutritional value for humans: effects of different production systems. **Animal**, v.11, n.3, p.519-528. 2016.
- PATÊS, N.M.S.; PIRES, A.J.V.; SILVA, C.C.F.; SANTOS, L.C.; CARVALHO, G.G.P.; FREIRE, M.A.L. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1736-1741. 2007.
- PATOU-MATHIS M. **Meateaters. From prehistory to nowadays**. Paris, France: Editions Perrin; 2009. 408 p.
- PIZARRO, E.A.; VALLE, C.B. do; KELLER-GREIN, G.; SCHULTZE-KRAFT, R.; ZIMMER, A.H. Regional experience with *Brachiaria*: Tropical América – Savannas. In: Miles, J.W.; Maas, B.L.; Valle, C.B. do. (Ed.) **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement**. Cali: CIAT, 1996. Cap.15, p.225-246.
- POTAFOS – Instituto da Potassa & Fosfato. **Manual Internacional de Fertilidade do solo**. Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. - 2 ed., rev. e ampl. -Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177 p.
- POPPI, D.P.; HUGHES, T.P.; L'HUILLIER, P.J. Intake of pasture by grazing ruminants. In: NICOL, A. M. (Ed). **Livestock feed on pasture**. Hamilton: New Zealand Society of Animal Production, 1987, p.55-64.
- PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A.C.; SILVA, A.G. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.562-568. 2006.
- RAIJ, B. VAN. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba, Instituto de Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142 p.
- REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C.; CASAGRANDE, D.R.; PÁSCOA, A.G. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Sup. Esp.; v.38, p.147-159. 2009.
- RHODES, I. Relationship between canopy structure and productivity in herbage grasses and its implication for plant breeding. **Herbage abstracts**, v.43, p.129-133. 1973.
- ROMANZINI, E.P.; BERNARDES, P.A.; MUNARI, D.P.; REIS, R.A.; MALHEIROS, E.B. A review of three important points that can improve the beef cattle productivity in Brazil. **Animal Husbandry, Dairy and Veterinary Science**, v.2, n.3, p.1-4. 2018.
- ROMANZINI, E.P.; MALHEIROS, E.B.; DELEVATTI, L.M.; LEITE, R.G.; HODDMANN, A.; REIS, R.A. Fatores fundamentais para produção de pastos de *Brachiaria brizantha* cv Marandu adubados com níveis crescentes nitrogênio. In: IV Simpósio de Adubação e Manejo de

- Pastagens e IV Simpósio de Produção Animal a Pasto, 4., 2017. Dracena. **Anais...** Dracena: Genap, 2017. p. 79-82.
- SANTOS, P.M. Uso estratégico de fertilizantes nitrogenados em sistemas de produção animal em pastagens. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 25: 2009, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: 2009, p. 151-162.
- SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; GOMES, V.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; GOMIDE, C.A.M.; SBRISSIA, A.F. Capim-braquiária sob lotação contínua e com altura única ou variável durante as estações do ano: dinâmica do perfilhamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.11, p.2332-2339. 2011.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST P. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- SOARES, A.; RESTLE, J. Adubação nitrogenada em pastagem de Triticale mais Azevém sob pastejo com lotação contínua: recuperação de nitrogênio e eficiência na produção de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.43-51. 2002.
- SOLLENBERGER, L.E.; MOORE, J.E.; ALLEN, V.G.; PEDREIRA, C.G.S. Reporting forage allowance in grazing experiments. **Crop Science**, v.45, p. 896-900. 2005.
- SOLLENBERGER, L.E.; VANZANT, E.S; Interrelationships among forage nutritive value and quantity and individual animal performance. **Crop Science**, v.51, p.420-432. 2011.
- SOUZA FILHO, A.P.S.; DUTRA, S. Resposta do *Brachiaria humidicola* à adubação em campo Cerrado do Estado do Amapá, Brasil. **Pasturas Tropicales**, v.13, n.2, p.42-45. 1991.
- STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bites size of the grazing cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.24, n.6, p.809-819. 1973.
- VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.B.P.; MACEDO, M.C.M. Característica das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 65-108.
- WHITEHEAD, D.C. **Grassland Nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. 397p.
- WHITEHEAD, D.C. **Nutrient elements in grasslands: soil-plant-animal relationships**. Wallingford: CAB International, 2000. 369 p.
- YDOYAGA, D.F.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SILVA, M.C.; SANTOS, V.F.; FERNANDES, A.P.M. Métodos de recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. no Agreste Pernambucano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.699-705. 2006.

Capítulo 2 –Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pastures

O artigo a seguir está redigido conforme normas de publicação do Periódico: ScientificReports exceto o posicionamento das tabelas

Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture

A three-year-long field experiment was conducted in a continuous grazing system with a variable stocking rate to evaluate effects of increasing nitrogen levels in Marandu grass (*Brachiaria brizantha* Hochst ex A. Rich Stapf "marandu") on herbage mass, forage accumulation rate (FAR), forage quality, stocking rate (SR), averaged daily gain (ADG), gain per hectare (GPH), and gain per kg of applied N. The experimental design was completely randomized with four treatments (control without application of N, and 90, 180, and 270 kg N ha⁻¹ year⁻¹) and three replicates (paddocks per treatment); nitrogen was applied in the form of urea. Herbage mass, crude protein (CP), FAR, SR, GPH, and the nitrogen nutrition index increased with increasing nitrogen level ($P < 0.05$), whereas the neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre, and nitrogen use efficiency decreased with increasing nitrogen level ($P < 0.01$). Crude protein was higher than 12% and NDF lower than 60% in all treatments. Nitrogen application rate affected ADG ($P < 0.05$) but did not fit any equation. The highest ADG was 90 kg N ha⁻¹ year⁻¹ (985 g animal⁻¹ day⁻¹). Increasing the nitrogen level is a promising way to improve Marandu grass production, nutritive value, and animal production.

1. Introduction

Protein is a vital nutrient for human nutrition and animal meat is the main source of protein for the human population¹. Beef is rich in high biological value proteins that are rich in essential amino acids and possess the highest quality rating among food sources¹. The high quality of this source is primarily explained by the high chemical score and amino acid profiles of proteins obtained from animal sources¹. However, the production of animal proteins requires millions of hectares of land and numerous resources². Finding a way to enhance animal production, while saving resources and land, is among the main challenge for the animal science community³. Livestock productivity in tropical areas is low and reasons for this can be diverse, such as inadequate genetic resources, improper animal management, absence of pasture management, and low investment⁴. Most of the animal production in tropical areas is based on forage and inadequate grazing management can be responsible for insufficient yield in animal production systems⁵.

Forage production can be improved through fertilizer application, management of grazing, and control of weeds⁶. The effects of fertilizers on forage production are examined through plot experiments, which attempt to simulate the real production systems. Most studies on grazing strategies aim to improve forage production and animal performance and are based on pasture height. However, these studies typically investigate the effects of fertilizer use alone.

In the 1950s, Brougham⁷ found that the highest net forage accumulation occurs when the grass achieves 95% of the incident light interception (IL). In continuous stocking grazing management, the pasture is maintained at a near constant IL, which allows for a high photosynthetic rate and high herbage production⁸. Associating pasture management at 95% IL with nitrogen fertilizers could result in high forage production, nutritive value, and animal

performance⁹. In this study, we aimed to quantify the effect of application of varying nitrogen doses on the forage yield, chemical composition, nitrogen use efficiency (NUE), and animal performance in a tropical Marandu grass pasture. We hypothesized that combining grazing management with 95% IL and nitrogen application would: (1) increase the herbage mass (HM) and animal performance, (2) augment the herbage quality, (3) enhance the ratio of absorbed and critical levels of nitrogen required by plants (nitrogen nutrition index – NNI), and (4) decrease the NUE.

2. Results and Discussion

2.1. Herbage yield and accumulation rate

Fertilization with nitrogen increased the HM immediately and consistently, as we did not observe an effect of year of evaluation. In our study, herbage yield was affected by nitrogen application rate ($P = 0.002$), which increased linearly ($P < 0.001$) (Table 1). This difference in the herbage yield likely occurred because of the difference in tiller density, because the pasture height was the same¹⁰. Tiller density increases with increasing nitrogen application rates¹⁰. Our results were similar to those measured in a site 1200 km from our study (Cerrado region), and documented a value of 6098 kg DM ha⁻¹¹¹. However, the values obtained in this study were lower than the 7847 kg DM ha⁻¹ reported in Kenya¹², and the 9871 kg DM ha⁻¹ reported in Brazil¹³.

Forage accumulation rate (FAR) was affected by nitrogen application rates ($P = 0.043$). The effect of nitrogen application was linear ($P < 0.01$) (Figure 1). These values were higher than those reported for a Cerrado region¹¹, which was 63 kg DM ha⁻¹ d⁻¹, and lower than that reported in a similar region studied by our group¹⁴, being 106.4 kg DM ha⁻¹ d⁻¹. Our findings can be potentially explained by the grazing management that we adopted.

Under different canopy heights at continuous stocking, the tiller size/density compensation results in small differences in the amount of leaves produced per unit area¹⁵. In our study, the sward heights were kept the same and the differences in FAR were caused by N supply variations. Because we managed the pasture with the goal of 95% IL, which occurs at 25 cm under our conditions¹⁶, we probably measured the maximal net forage accumulation, which occurs at 95% IL⁸. In tropical conditions, the values for nitrogen fertilizer application range from 300 to 400 kg N per ha¹⁷. This means that forage production can continue to increase in response to nitrogen application.

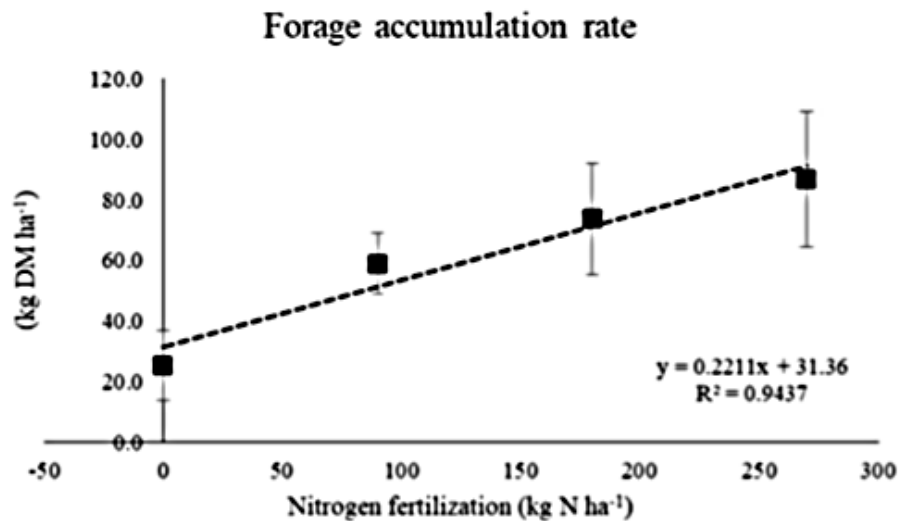


Figure 1. Forage accumulation rate ($\text{kg DM}^{-1} \text{ day}^{-1}$) of Marandu grass under fertilization with different doses of nitrogen. ANOVA ($P = 0.043$). The effect of nitrogen application was linear and positive. In the linear equation, $f(x)$ is a function of N dose ($x = \text{kg N ha}^{-1}$) and $y = \text{kg DM}^{-1} \text{ day}^{-1}$

Increasing nitrogen application to crops can follow the Law of Diminishing Returns (Mitscherlich's Law). Mitscherlich¹⁸ observed that with an increasing rate of fertilizer application,

the crop yield increased, but at a decreasing rate. Here, we found that an increase in the yield decreased per added unit of fertilizer. When 90 kg N ha⁻¹ was applied, the FAR was augmented by a factor of 2.32, whereas after 180 kg N ha⁻¹, it increased 1.25 times, and with an increase of 270 kg N ha⁻¹, it augmented by a factor of 1.18. In Brazil, nitrogen fertilizers are expensive and the increase in the forage production resulting from the application of 270 kg N ha⁻¹ may not result in higher profits for farmers.

Table 1. Herbage mass, morphological composition, forage allowance, and chemical composition of palisade grass pastures under fertilization with different doses of nitrogen. (Means of 3 years of evaluation, 4 evaluations per year, n = 36)

Item	Treatment (kg N ha ⁻¹)				SEM	Effect
	0	90	180	270		
<i>Herbage characteristics</i>						
Herbage mass (kg ha ⁻¹)	5798	6345	6436	6499	106	linear
Green leaves (g kg ⁻¹)	444.3	422.0	362.3	354.9	13.91	linear
Stem + sheath (g kg ⁻¹)	320.1	338.5	392.8	392.8	15.02	quadratic
Dead material (g kg ⁻¹)	235.6	239.7	244.8	252.3	12.23	Ns
Herbage allowance (kg DM kg BW ⁻¹)	3.89	3.05	2.55	2.23	0.135	linear
Leaf allowance (kg DM kg BW ⁻¹)	1.78	1.29	0.95	0.79	0.094	linear
<i>Chemical composition</i>						
OM (g kg ⁻¹ DM)	916.1	918.4	919.0	916.5	1.03	Ns
CP (g kg ⁻¹ DM)	113.6	135.5	150.9	167.6	5.41	linear
NDF (g kg ⁻¹ DM)	606.2	585.7	564.0	559.2	5.82	linear
ADF (g kg ⁻¹ DM)	298.1	287.3	278.7	276.2	4.05	quadratic
Lignin (g kg ⁻¹ DM)	39.5	35.6	38.5	37.7	1.03	Ns
Ash (g kg ⁻¹ DM)	83.9	81.6	81.0	83.5	0.92	Ns
DE (g kg ⁻¹ DM)	584.1	569.2	565.9	560.8	2.31	Ns

Nitrogen (N), dry matter (DM), bodyweight (BW), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), dry matter digestibility (DE), standard error of mean (SEM). ANOVA significance (Herbage mass $P = 0.002$; green leaves $P = 0.003$; stem + sheath $P < 0.001$; dead material $P = 0.2599$; CP $P < 0.001$; herbage allowance $P < 0.049$; leaf allowance $P = 0.031$, OM $P = 0.027$, NDF $P < 0.001$; ADF $P < 0.001$; lignin $P > 0.05$; ash $P > 0.05$; DE $P = 0.35$).

Differences in the morphological composition of the sward with nitrogen application rates to grasslands occur because of increases in the leaf elongation rate, leaf area, changes in ontogenetic development, and decreased senescence rate¹⁹. However, when the canopy is managed as the same pasture, height differences in morphological composition are caused more by variations in climatic conditions²⁰. Nitrogen application rates affected green leaves (Table 1). The green leaf content was lower than that reported when Marandu grasses were fertilized with nitrogen in rotational grazing²¹, and in line with that measured in a Cerrado biome²². The stem + sheath proportion varied with the nitrogen application rate ($P < 0.01$)

quadratically and averaged approximately 350 g kg⁻¹

DM (Table 1), being in line with the average value reported in Mata Atlantica²³ and a similar ecosystem²⁴.

The amount of dead material was affected by nitrogen application rates ($P < 0.05$), and surprisingly, it showed a linear increase (Table 1). This was higher than the values reported in a similar climatic region¹⁶ and in rotational grazing²¹, and lower than that reported in a study in the Cerrado¹¹. It also differed from the findings measured in a Mata Atlantica region²³, where a reduction in dead material with increasing nitrogen application rate was observed. Increasing nitrogen application rate diminished the leaf life because of the higher plant growth¹³. The higher amount of dead material reported in this study at the highest nitrogen application rate could be a consequence of the higher stocking rate observed in this treatment. Trampling can affect forage utilization and may increase forage plant senescence²⁵.

2.2. Chemical composition

Nitrogen application affected the crude protein (CP) in the forage²². The amount of CP can increase with increasing nitrogen application rate. Augment is caused by increases in amino acids and protein synthesis²². In our study, CP increased linearly with DM ($P < 0.01$), from the lowest to the highest nitrogen application rate (Table 1), in agreement with findings for Marandu grass in a subtropical region²⁶ and in the Cerrado biome²². In a review, the authors reported the CP of tropical grasses from 47 studies and calculated a mean of 82 g kg⁻¹ DM with a range of 52 to 128 g kg⁻¹ DM of CP²⁷. The cultivar Marandu usually has less than 120 g kg⁻¹ DM of CP in the total DM. Our results were higher values than those observed in other studies. This could be attributed to the sufficient inorganic N for luxury consumption ($NNI > 1$), as found in this study, and a combination of rainfall, precipitation, and temperature that allowed higher CP²⁸. Nevertheless, in our experimental site, CP of approximately 150 g kg⁻¹ DM has been reported in the last 16 years^{24,29,30}. The tiller size/density compensation results in a high

amount of leaves produced per unit area¹⁵ that may explain the CP values observed. Similar to the amounts found in our study, higher CP was measured in *Brachiaria* grass in Vietnam, which ranged from 131 to 170 g kg⁻¹ DM³¹. The neutral detergent fibre (NDF) concentration decreased linearly with increasing nitrogen application rate ($P < 0.01$) (Table 1). Our data agreed with the reduction in NDF concentration previously observed^{22,32,33}. As observed in this study, the concentration of NDF diminished because of an increase in the CP and other soluble contents, which accumulated in the cell and cause dilution of the cell wall³⁴. Results from a few other studies disagree with our findings; for example, they did not observe changes in NDF content caused by N rates³⁵. These changes are associated with the epoch of evaluation mainly during the growing season.

During the growing season, higher growing rates result in stem accumulation, thus NDF increases¹⁵. Nevertheless, the adoption of the criterion of herbage management at 95% LI reduces stem elongation because of grazing¹³. Acid detergent fibre (ADF) decreased linearly as the nitrogen application rate was increased ($P < 0.01$), whereas the lignin content was unaffected ($P > 0.05$) (Table 1). These changes in ADF probably occurred because of the dilution of the cell wall as discussed above. Indeed, to increase CP content, the forage uses carbon to reduce inorganic N for protein synthesis rather than to produce structural carbohydrates³⁶. ADF was lower than the values reported for *Brachiaria brizantha* in Vietnam³¹ and in the Cerrado biome²². A few other studies also disagreed with our findings^{22,32}, wherein a reduction in the ADF content with N application was not observed. Increasing fertilization levels did not affect dry matter digestibility ($P = 0.3539$) that was within the range of 550-600 g kg⁻¹ DM for *Brachiaria* cultivars^{22,24,31}. NUE and nutrition index The NUE is measured by the dry mass productivity per unit N taken from the soil³⁷, and is influenced by the application rate, method, and timing of fertilizer application, as well as

environmental and soil conditions³⁸. In tropical pastures, the NUE values are typically low, at approximately 500 g kg⁻¹ N applied. We found that NUE decreased linearly and was lower than the average found in tropical pastures (Table 2). These values were lower than the reported 427 g kg⁻¹ applied for Marandugrass cultivated in a Cerrado region²². As N application rate increases, the NUE typically decreases, as observed in this study³⁹.

Nitrogen recovery (N rec – kg N ha⁻¹) from fertilizer application can vary according to the grass species, forage management, source of N, soil properties, and environmental factors⁴⁰. The apparent nitrogen recovery (REC – % N applied recovered) from soil increased linearly with increasing nitrogen application rate, although the nitrogen recovered decreased linearly (Table 2). Both the amount of N rec from soil + fertilizer and the percentage of N from fertilizer were significantly affected by the treatments (P < 0.01). They decreased linearly (Table 2). Our results are in agreement with those measured for coast-cross, who found high nitrogen agronomic efficiency when low rates of N were applied; that is, efficiency decreased with increasing nitrogen application rates⁴¹. In a Cerrado biome²² an N rec of 203.5 g kg⁻¹ N applied was recorded, which is lower than our results. However, we found N rec values lower than those observed in a similar soil and climatic region¹⁰, which ranged from 450 to 920 g kg⁻¹ N. These values were also lower than those verified in Europe for a range of forages, i.e. between 500 and 800 g kg⁻¹ N⁴². The lower N rec found by us probably occurred because of the method of application (applied to surface), which results in high nitrogen volatilization⁴³. The highest flux values of ammonia were observed when urea was applied to the grassland soil surface⁴³. Moreover, in tropical regions, the loss of N by volatilization can be higher because of high rainfall and higher temperatures⁴⁴.

Table 2. Apparent nitrogen recovery, nitrogen usage efficiency, and nitrogen nutrition index of palisade grass under fertilization with different doses of nitrogen. (Means of 3 years of evaluation, 4 evaluations per year, n = 36)

Item	Treatment (kg N ha ⁻¹)				SEM	Effect
	0	90	180	270		
N recovery (kg N ha ⁻¹)	110.5	132.7	156.9	175.6	6.29	linear
NUE (g N used kg ⁻¹ N applied)	-	356.3	271.2	249.5	23.88	linear
NNI (dimensionless)	0.92	1.13	1.26	1.40	0.051	linear

Nitrogen usage efficiency (NUE), nitrogen nutrition index (NNI), standard error of mean (SEM). ANOVA significance (N recovery P = 0.023; NUE P < 0.01; NNI P < 0.001).

With respect to the nitrogen nutritional index (NNI), values < 1 indicate N deficiency, N = 1 was the critical level, and > 1 was considered luxurious N consumption⁴⁵. Nitrogen application rate increased the NNI values, paddocks without urea application presented a value of 0.92 and those receiving the highest urea application rate had a value of 1.40 (Table 2). Nitrogen deficiency was observed only in the control treatment. Nitrogen nutrition index means were > 1 in the treatments with urea application, suggesting that luxurious N consumption occurred. Values of NNI above 1 can increase the production costs and potentially contribute to environmental pollution⁴⁶. Our results differ from the NNI < 1 that was observed when 120 kg N ha⁻¹ year⁻¹ was applied in a *Brachiaria* pasture in Vietnam³¹. Nutritional status is an effective way to choose the best strategy for pasture fertilization. The NNI farms need to find the optimal N rate is based on the epoch and method of application to achieve an index equal 1. However, few studies reported a diagnosis of grazed pastures in tropical regions. Brazilian farms applied an average of 80 kg N ha⁻¹ year⁻¹ in pastures⁴⁶. In the present study, the NNI for the dose of 90 kg N ha⁻¹ year⁻¹ was 1.13, probably the average rate of N used by the farms is close to the critical point of N nutrition according to the author of the index⁴⁵ and represents the most

beneficial rate of yield and expense for fertilizer. Our data suggest that applying relatively moderate amounts of N per year (approximately 200 kg⁻¹ N) results in high yield and high forage quality.

2.3. Animal performance

Average daily gain (ADG) was affected by the nitrogen level ($P = 0.03$) presenting a cubic effect. The highest ADG measured was 0.985 kg animal⁻¹ day⁻¹ (Table 3). The apparent small difference in the ADG among treatments was caused by the grazing management adopted, which was put-and-take⁴⁷. In a put-and-take system, the stocking rate is adjusted to achieve the management target, which here is 25 cm pasture height; thereby, the best effect of nitrogen application on animal performance is observed in the gain per area. The ADG reported here is much higher than those previously observed: 0.510 kg animal⁻¹ day⁻¹¹⁴⁸, 0.580 kg animal⁻¹ day⁻¹¹⁴⁹, and 0.580 kg animal⁻¹ day⁻¹⁵⁰. It was also higher than the national ADG of 0.27 kg animal⁻¹ day⁻¹¹⁴⁶. However, it was lower than the value of 1.15 kg animal⁻¹ day⁻¹ measured in the same experimental area two years before our study²⁴. The additional ADG can be attributed to animal supplementation (3 g supplement kg⁻¹ BW). Higher ADG depends on dietary and non-dietary aspects that affect forage intake⁵¹. In this study, neither NDF nor CP limited the intake and N supply, which likely resulted in the higher ADG. Providing approximately 124 g CP kg⁻¹ DM assures good availability of nitrogen for optimum animal metabolism, resulting in the best performance²⁷. The CP reported in this study (>114 g kg⁻¹ DM) probably resulted from a greater ruminal nitrogen supply, which increased ruminal digestion and microbial growth²⁷. Non-nutritional factors affecting DM intake are herbage mass (kg DM ha⁻¹), structural composition (e.g. ratio leaf/stem), and forage allowance (kg herbage mass available per

kg bodyweight)⁵¹. Higher pasture dry matter intake and animal performance occurred when high pasture mass and allowance were provided.

A positive effect of increasing nitrogen levels was found on the stocking rate (SR), (LU = 450 kg ha⁻¹; P < 0.001) (Table 3). Our stocking rate was higher than the values of 2.4 AU ha⁻¹ reported for Marandu grass measured in a Mata Atlântica region¹¹. In a Cerrado biome, a stocking rate of 4.0 LU ha⁻¹ was measured during the summer⁴⁹, which was similar to the value of 90 kg N ha⁻¹ treatment in this study. Increase in the stocking rate occurred because of the increase in forage accumulation rate. These increases can be achieved using N fertilization and managing Marandu grass at 25 cm canopy height. The average Brazilian national stocking rate is 1.3 AU, which is much lower than the results of this study⁵².

Table 3. Effects of palisade grass fertilization with different doses of nitrogen on the performance of yearling bulls in the growing period. (Means of 3 years of evaluation, 4 evaluations per year, n = 36).

Animal performance item	Treatment (kg N ha ⁻¹)				SEM	Effect
	0	90	180	270		
Stocking rate (AU ha ⁻¹)	3.37	4.64	5.81	6.55	0.234	linear
ADG (kg animal ⁻¹ day ⁻¹)	0.939	0.985	0.879	0.898	0.017	linear
GPH (kg BW ha ⁻¹)	514	769	848	967	51.3	linear
GPN (kg BW kg N applied ⁻¹)	-	2.84	1.86	1.68	0.361	linear

Animal unit (AU) = 450 kg body weight (BW), dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), average daily gain (ADG), gain per hectare (GPH), gain per kg N applied (GPN), and standard error of mean (SEM). ANOVA significance (Stocking rate P < 0.001; ADG P = 0.032; GPH P < 0.001; GPN P < 0.001).

The increase in nitrogen doses also increased the gain per area, which increased linearly during the 4 months of evaluation (rearing phase) (Table 3).

They were also higher than the range of 470 to 778 kg BW ha⁻¹ reported in a previous study in the same area evaluating different sward heights²⁴. Nitrogen fertilization also increases yield, DM digestibility, and protein content of forage, leading to higher gain per area⁵³.

An important index is the zootechnical efficiency of nitrogen usage (gain BW per kg N applied). In our study, the gain per kg nutrient applied decreased linearly (Table 3). A previous study calculated this index previously under Brazilian conditions⁵⁴ and they reported a value of 2.44 kg BW kg⁻¹ N from three studies with Marandu grass, that was within the range reported in the present study.

3. Implications

Our results show that under continuous grazing, Marandu grass fertilized with 90 kg N ha⁻¹ year⁻¹ and managed at 25 cm height, which represents 95% IL in our soil and climatic conditions, produces high forage yield with high quality. The average Brazilian national stocking rate is 1.3 AU⁵² and the national ADG is 0.27 kg animal⁻¹ day⁻¹⁴⁶. Our findings show that it is possible to increase the national average of stocking rate by four times and the productivity by three times, by solely feeding the animals with Marandu grass and a mineral mixture. Our results are applicable to the livestock region called the Brazil central region. The region is similar to the tropical regions with savannas, Oxisols, and seasonality in the rainfall distribution. Optimising pasture management in pasture-based beef production systems in tropical regions represents a sustainable method to save land and sustainably intensify production. Even though there was an observed increase in productivity parameters with increasing nitrogen doses, fertilizer use and dose must be adopted according to the system's financial goals and market background²⁹.

Nitrogen fertilization has been overused in several countries, resulting in high production costs and environmental impacts, such as increases in greenhouse gas emissions, pollution of water, and loss of biodiversity⁵⁵. In this study, we report a high forage yield and high quality using a relatively low nitrogen application. Once nitrogen nutrition in all nitrogen application rates are in the margin of luxury consumption, the dose of $90 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ can be applied in Marandu grass in tropical clay soils. With this dose, it is possible to increase $0.3 \text{ kg BW gain animal}^{-1} \text{ day}^{-1}$ and double the herbage mass production. In Brazil, nitrogen fertilizers are expensive and the increase in the forage resulting from the application of $270 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ may not result in a higher profit for farmers.

With respect to greenhouse gas emissions, different scenarios of beef cattle production in Brazil were analysed⁴⁶. They calculated that, in intensive systems based on grasslands, the carbon footprint is four times lower than the national average, and it is possible to increase land efficiency by three times. In the intensive scenario studied, they considered an ADG of $0.75 \text{ kg animal}^{-1} \text{ day}^{-1}$ and stocking rate of 3 AU⁴⁶. In the present study, we report an ADG of $0.93 \text{ kg animal}^{-1} \text{ day}^{-1}$ and stocking rate of 6 AU, indicating that it is possible to increase land use efficiency even more, while simultaneously diminishing the carbon footprint of beef cattle in Brazil.

Based on our results, we recommend that the farms and consultants adopt the strategies of management used in this study, namely, continuous grazing with the put-and-take method, sward at 95% IL, 50% of grazing efficiency, and moderate nitrogen fertilization ($180 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) to achieve higher animal productivity. Once ADG is improved, the age of slaughter can be reduced and our strategy of fertilization can indirectly contribute to the reduction of greenhouse gas emissions. In Brazil, the average age of slaughter is 3 years, which can be reduced to 2 years with moderate intensification. The increases in the gain per

are may also contribute to saving land once less area is required to produce the same amount of meat. However, we stress that our results are applicable to intensive systems with continuous grazing, which were rigorous in all management aspects, with the goal of achieving the optimal grazing pressure postulated by Mott without pasture degradation⁵⁶.

4. Conclusions

Application of relatively low nitrogen doses results in high yield and high quality of Marandu grass under continuous stock. The herbage, forage accumulation rate, and nutritive value increased linearly with nitrogen application rate. Our data are applicable to that of tropical areas with Oxisol, seasonal rainfall (wet summer), Marandu palisade-grass, and Nellore cattle during the rearing phase.

The apparent nitrogen recovery was inversely proportional to the nitrogen application rates. The critical N increased with increasing nitrogen level and the NNI showed that the N application was enough to supply the critical N level for Marandu grass nutrition.

Average daily gain and gain per area increased with the nitrogen dose and were higher than the previously published values for young Nellore bulls reared solely on tropical grasses.

The grazing management adopted here with relatively low N application rates can be used for the sustainable intensification of pasture-based beef in tropical areas. This could potentially improve land use efficiency, reduce pressure to open new areas, release areas for crops, and indirectly reduce greenhouse gas emissions. The impact of the Marandu grass management during the growing season (from November to April) studied by us was immediate and was maintained throughout three years of evaluation. In Brazil,

nitrogen fertilizers are expensive and the increase in the forage resulting from application of 270 kg N ha^{-1} may not result in a higher profit for the farmers. Our data suggest that applying a relatively moderate amount of N per year (approximately $180 \text{ kg}^{-1} \text{ N}$) results in high yield and high forage quality.

5. Methods

5.1. Experimental area and design

A three-year-long experiment was conducted in the Forage and Grasslands sector of São Paulo State University, “Julio de Mesquita Filho” (UNESP) (Jaboticabal, São Paulo, Brazil), during the forage growing season (December to April) of 2014/2015, 2015/2016, and 2016/2017. Climate of this region is classified as the subtropical humid type, with wet summers and dry winters. The mean annual rainfall is 1424 mm , mean air temperature is $22.3 \text{ }^\circ\text{C}$, and the soil is a Rhodic Ferralsol⁵⁷ derived from basalt. The pasture was established in 2001 with *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf Marandu (Marandu grass). Soil chemical and physical characteristics are presented in Table 4.

Table 4. Soil chemical composition and texture in the Marandu grass pasture paddocks under fertilization with different doses

Treatment (kg N ha ⁻¹)	Soil chemical composition								Soil texture *			
	pH	SOM	P	K	Ca	Mg	H+Al	V	Clay	Lime	Sand	SBD 5
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³		mmolcdm ⁻³			%		g kg ⁻¹		g cm ⁻³
0	5.2	29	8	1.2	15	9	22	55	269	98	633	1.59
90	5.3	29	11	2.2	20	11	20	63	291	86	623	1.57
180	5.1	28	9	2.7	18	9	25	56	312	107	581	1.61
270	5.1	16	11	2.7	16	9	24	55	284	94	622	1.58

of nitrogen

(pH) Soil pH in CaCl₂; (SOM) soil organic matter; (V) percent of base saturation; (SBD) soil bulk density. *Soil texture was sandy-clay-loam.

The experimental design was a completely randomized design, with four treatments (0, 90, 180, and 270 kg N ha⁻¹) using urea fertilizer, which were applied in a split design during 3 fertilizations per growing season, and 3 replicates per treatment, totalling 12 paddocks (experimental units). The paddock areas were 1.3 ha, 1 ha, 0.7 ha, and 0.5 ha for the treatments 0, 90, 180, and 270 kg N ha⁻¹, respectively. The experimental area included a reserve area of 3 ha for the spare animals.

5.2. Animal and grazing management

Animals involved in this study were cared for according to the rules of the São Paulo State University Animal Care and Use Committee and the National Council of Animal Experimentation Control. The committee reviewed and approved the experiment and all procedures carried out in the study (Certificate number 12703/15). Seventy-two young Nelore bulls (*Bos indicus*) in each year with an initial BW (mean \pm SD) of 352 \pm 5 kg, 334 \pm 2 kg, and 315 \pm 6 kg were utilized to measure animal productivity in the first, second, and third experimental year, respectively. The bulls were identified, weighed, and randomly distributed in groups of six bulls per paddock balanced for BW. The remaining animals were used to maintain a pre-determined grazing height, using the put-and-take methodology⁴⁷.

The pasture was managed using the put-and-take methodology under continuous stocking. The pasture height of 25 cm was chosen because at this height, the canopy intercepted 95% of the light under our experimental conditions. At this IL, it is possible to achieve the maximal net forage accumulation⁶, which may result in high animal performance^{13,24,58}. During the

experimental period, the bulls were weighed every 28 days (without fasting) to adjust the stocking rate to the pasture height. During the experimental period, the animal diet was solely Marandu grass and mineral salt supplementation.

5.3. Forage samples

During the experimental period, the grazing height was measured every 28 days. Eighty measurements per hectare were obtained using a ruler graduated in centimetres at the curvature of the upper leaves. Herbage mass was estimated using eight samples collected per cut²⁴ at the average pasture height point of the paddock (approximately 5.0 cm of residue) using a 0.25 m² circular frame. Forage samples were separated into green leaves, stem + sheath, and dead material, and then dried in an oven (55 ± 5 °C for 72 h), following which, they were weighed to calculate the forage dry mass per hectare. To evaluate the herbage yield, samples were collected as described above. To determine the forage composition, samples were collected from 20 points per hectare via the grazing-simulation method²⁴, with approximately 200 g of fresh matter harvested per sample. Samples were dried in a forced-air oven (55 ± 5 °C, for 72 h), ground in a mill (Thomas-Wiley Laboratory Mill Model 4, H. Thomas Co.), and taken to the laboratory for analyses.

The cumulative forage dry mass was evaluated using exclusion cages (1 m²) and the triple pairing technique⁵⁹. In this technique, forage samples are collected at 5 cm height from the ground and the cages are used to isolate the spots accrued because of the presence of young bulls under continuous grazing in the experimental area. On the first day of placement of the cages, two areas with similar dry matter of Marandu grass were selected by visual criteria, representing the paddock

condition. To estimate the initial forage mass of Marandu grass inside the cage, we placed the cage in an area, and collected samples from a 1 m^2 area both inside and outside the cage (paired samples) at 5 cm height from the ground. After 28 days of cage placement, forage samples were collected again to obtain herbage accumulation. The samples were then weighed to obtain the fresh mass, and subsamples of approximately 200 g were separated and dried in a forced-air ventilation oven at $55\text{ }^\circ\text{C}$ for 72 h to estimate the dry weight and in a forced-air ventilation oven at $55\text{ }^\circ\text{C}$ for 72 h to estimate the dry weight and calculate the dry mass (kg ha^{-1}).

Forage accumulation rate ($\text{kg ha}^{-1}\text{ day}^{-1}$) was calculated by dividing the cumulative forage dry mass by the number of days between evaluations (28 d). Cumulative forage dry mass was obtained by the difference between the forage dry mass of the samples collected from the interior of the cage on the date of sampling and the forage dry mass of the sample outside the cage (paired sample) on the date of the previous sampling.

5.4. Chemical composition

Dry matter (DM), organic matter (OM), and ash were estimated following the procedures described in AOAC⁶⁰ (AOAC 934.01 for DM, AOAC 942.05 for OM, and AOAC 942.05 for ash). Crude protein content was estimated using a LECO® FP 528 device (Leco Corporation, Michigan, USA). Neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF),

and acid detergent lignin (ADL) were determined using the procedures described by ANKOM Technology^{61,62,63,77,78}.

5.5. *NUE and nutrition index*

Apparent N recovery (REC) by the forage was estimated⁴⁵ based on N uptake of the fertilized treatments and unfertilized control as follows: $REC (\%) = \{(U_f - U_o) / N_f\}$ where N_f = fertilizer-N rate (kg ha^{-1}) and U_f = N uptake (kg ha^{-1}) when N_f is given, and U_o = N uptake (kilograms per hectare) in non-fertilized paddocks. Apparent efficiency of absorbed N (NUE) by the plants was calculated⁴⁵ as follows: $NUE (\text{kg kg}^{-1} \text{N}) = \{(TFM) / N_c\}$ where TFM = total forage mass of the treatment in kg and N_c = nitrogen uptake by the pastures in kg.

Nutrient yields were calculated by multiplying the DM yield by nutrient concentration in each sampling period. Nitrogen nutrition index (NNI) of Marandugrass was calculated⁴⁵ as: $(NNI = (N_a / N_c) \text{ where } N_c = aW - b)$, where N_a is the actual N concentration, N_c is the critical N concentration, W is the DM yield (Mg ha^{-1}), and a and b are species-specific constants for C4 perennial grasses (3.6 and 0.34, respectively; references⁶⁴ and⁴⁵). Luxury N CONSUMPTION WAS ASSUMED FOR nni VALUES > 1⁽⁴⁵⁾.

5.6. *Animal production*

Bulls were weighed at the beginning (0 days) of the experiment, at the end of the adaptation period of each year, and at the end of the experimental period, after fasting for 12 h prior to each weighing event. The bulls were also weighed every 28

days (without fasting), to adjust the stocking rate to the maintain pasture height. Animal performance variables were recalculated as follows²⁴: Body weight gain - BW gain (kg) = (final BW – initial BW); Averaged daily gain - ADG (kg day⁻¹) = (BW gain (kg) / days); Gain per area - GPH = (ADG × number of animals per days × experimental period (days)) / area (ha), where the number of animal days (animal day⁻¹ ha⁻¹) was calculated by dividing animal stock by the mean weight of “testers”. Animal stock was obtained by the sum of weights of all animals present in each paddock divided by the area of the paddock (kg BW ha⁻¹); Gain per kg N applied - GPN (kg gain kg⁻¹ N applied) = (GPH / kg of N applied); Stocking rate in animal unit (AU = 450 kg BW) / ha = (∑ BW mean / 450) / area (ha); Herbage mass allowance (kg DM / kg BW) = (kg DM / ha) / (∑ BW mean / area (ha)).

5.7. Statistical analysis

Data were tested for normality and equal variance using the Shapiro-Wilk normality test and Bartlett test of homogeneity of variances, respectively. Data were analysed using the LME procedure of R (package NLME, R core team⁶⁵), and the statistical model included nitrogen level and year as fixed effects, whereas paddock or animal was the random effect. All variables were analysed as repeated measures. The best covariance structure used for repeated-measures analyses was chosen as the one that achieved the lowest corrected Akaike and Bayesian information. Significant effects for treatment were declared at $P < 0.05$. When a significant effect was found, orthogonal polynomial contrasts were performed to assess the effect of nitrogen dose on the variables.

6. References

1. Hoffman, J. R. & Falvo, M. J. Protein – which is best? *J. Sports Sci. Med.***3**, 118–130 (2004).
2. Thornton, P. K. Livestock production: recent trends, future prospects. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.***365**, 2853–2867 (2010).
<http://doi.org/10.1098/rstb.2010.0134>
3. Rööös, E. *et al.* Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. *Global Environ. Change***47**, 1–12 (2017).
4. Payne, W. J. A. *An introduction to animal husbandry in the tropics*. Tropical Agriculture Series. 881 p. (Longman Scientific & Technical, Essex England, 1990).
5. Reis, R. A., Ruggieri, A. C., Casagrande, D. R. & Páscoa, A. G. Supplementation of beef cattle as strategy of pasture management. *R. Bras. Zootec.***38**, 147–159 (2009).
6. McCarthy, B. *et al.* The multi-year cumulative effects of alternative stocking rate and grazing management practices on pasture productivity and utilization efficiency.
*J. Dairy Sci.***99**, 3784–3797 (2016).
7. Brougham, R. W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. *Aust. J. Agric. Res.***9**, 39–52 (1958).
8. Parsons, A., Leafe, E., Collett, B. & Stiles, W. The physiology of grass production under grazing. I. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed swards. *J. Appl. Ecol.***20**, 117–126 (1983).

9. Brâncio, P. A. *et al.* Evaluation of three varieties of *Panicum maximum* Jacq. under grazing: diet composition, dry matter intake and animal weight gain. *Rev. Bras. Zootec.* **32**, 1037–1044 (2003).
10. Silva, D. R. G., Costa, K. A. P., Faquin, V., Oliveira, I. P. & Bernardes, T. F. Rates and sources of nitrogen in the recovery of the structural and productive characteristics of marandu grass. *Rev. Cienc. Agron.* **44**, 184–191 (2013).
11. Paula, C. C. L. D. *et al.* Herbage accumulation, morphogenetic and structural characteristics in marandu palisade grass under grazing heights. *Ciênc. Rural* **42**, 2059–2065, (2012).
12. Ondiko, C. N., Njunie, M. N. & Ngode, L. Establishment and growth of *Brachiaria* grass cultivars in the coastal lowlands of Kenya in *Climate Smart Brachiaria Grasses for Improving Livestock Production in East Africa–Kenya Experience* (ed. ILRI), 36-37. (ILRI, 2016).
13. Santana, S. S. *et al.* Canopy characteristics and tillering dynamics of Marandu palisade grass pastures in the rainy–dry transition season. *Grass Forage Sci.* **72**, 261–270 (2017).
14. Calvano, M. P. C. A. *et al.* Tillering and forage accumulation in Marandu grass under different grazing intensities. *Ceres* **58**, 6 (2011).
15. Sbrissia, A. F. & Silva, S. C. D. Tiller size/density compensation in Marandu palisade grass swards. *Rev. Bras. Zootec.* **37**, 35–47 (2008).
16. Trindade, J. K. *et al.* Morphological composition of the herbage consumed by beef cattle during the grazing down process of marandu palisade grass subjected to rotational strategies. *Pesq. Agropec. Bras.* **42**, 883–890. (2007).

17. Primavesi, A. C. *et al.* Nitrogen fertilization in coastcross grass: effects on nutrient extraction and apparent nitrogen recovery. *Rev. Bras. Zootec.* **33**, 68–78 (2004).
18. Mitscherlich, E. A. Zurmethodik der felddüngungs- und der ortenanbauversuche. *Landw. Jahrb.***42**, 413–421 (1912).
19. Lopes, C. M. *et al.* Herbage mass, morphological composition and nutritive value of signal grass, submitted to shading and fertilization levels. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.***69**, 225–233 (2017).
20. Korte, C. J. & Harris, W. *Effects of grazing and cutting* (ed. Snaydon, R.W.) 71–79. (Elsevier Science Publisher, 1987).
21. Anjos, A. J. *et al.* Forage mass and morphological composition of Marandu palisade grass pasture under rest periods. *Ciênc. Agrotec.***40**, 76–86 (2016).
22. Dupas, E. *et al.* Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. *Aust. J. Crop Sci.***10**, 1330 (2016).
23. Fagundes, J. L. *et al.* Morphogenetical and structural characteristics of the signal grass in a nitrogen fertilized pasture evaluated over the seasons of the year. *R. Bras. Zootec.***35**, 21–29 (2006).
24. Barbero, R. P. *et al.* Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. *Anim. Feed Sci. Technol.***209**, 110–118 (2015).
25. Coleman, D. C., Odum, E. P. & Crossley, D. A. Soil biology, soil ecology, and global change. *Biol. Fertil. Soils***14**, 104–111 (1992).

26. Martins, R. L., Junior, P. R., Fernandes, A. C., Grise, M. M. & Muraro, G. B. Production of forage in pastures of *Brachiaria brizantha* cv Marandu and *Panicum maximum* cv Mombaça, in reply the doses of nutrients, in Umuarama-PR. *Rev. Acad. Ciênc. Anim.***4**, 564 (2006).
27. Detmann, E., Valente, É. E., Batista, E. D. & Huhtanen, P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livest. Sci.***162**, 141–153 (2014).
28. AbdElgawad, H. *et al.* Climate extreme effects on the chemical composition of temperate grassland species under ambient and elevated CO₂: a comparison of fructan and non-fructan accumulators. *PLoS One***9**:e92044. (2014).
29. Barbero, R. P. *et al.* Influence of post-weaning management system during the finishing phase on grasslands or feedlot on aiming to improvement of the beef cattle production. *Agr. Syst.***153**, 23–31 (2017).
30. Oliveira, A. P. *et al.* Supplementation for beef cattle on Marandu grass pastures with different herbage allowances. *Animal Prod. Sci.***56**, 123–129 (2016).
31. McRoberts, K. C. *et al.* Urea and composted cattle manure affect forage yield and nutritive value in sandy soils of south-central Vietnam. *Grass Forage Sci.***73**, 1–14. (2017).
32. Viana, M. C. M. *et al.* Nitrogen fertilization on yield and chemical composition of signal grass under rotational grazing. *Rev. Bras. Zootec.***40**, 1497–1503 (2011).
33. Dupas, E., Buzetti, S., Sarto, A. L., Hernandez, F. B. T. & Bergamaschine, A. F. Dry matter yield and nutritional value of Marandu grass under nitrogen

fertilization and irrigation in Cerrado in São Paulo. *Rev. Bras. Zootec.***39**, 2598–2603 (2010).

34. Peyraud, J. & Astigarraga, L. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: Consequences on animal nutrition and N balance. *Anim. Feed Sci. Technol.***72**, 235–259 (1998).

35. Benett, C. G. S., Buzetti, S., Silva, K. S., Bergamaschine, A. F. & Fabricio, J. A. Yield and bromatologic composition of marandu grass as function of sources and doses of nitrogen. *Cienc. Agrotec.***32**, 1629–1636 (2008).

36. Taiz, L. & Zeiger, E. *Plant physiology*. 848 p. (Artmed, 2009)

37. Hirose, T. Nitrogen use efficiency revisited. *Oecologia***166**, 863–867 (2011).

38. Dale, A. J., Laidlaw, A. S., Bailey, J. S. & Mayne, C. S. Effect of dairy slurry application rate and forage type on production, soil nutrient status and nitrogen-use efficiency. *Grass Forage Sci.***70**, 44–58 (2015).

39. Dobermann, A. R. *Nitrogen use efficiency – state of the art*. Faculty Publications. 316. (Agronomy & Horticulture, 2005).

40. Stott, K. J. & Gourley, C. J. Intensification, nitrogen use and recovery in grazing-based dairy systems. *Agr Syst.***144**, 101–112 (2016).

41. Primavesi, O., Primavesi, A. C., Corrêa, L. A., Silva, A. G., Cantarella, H. Nitrate leaching in heavily nitrogen fertilized coastcross pasture. *Rev. Bras. Zootec.***35**, 683–690 (2006).

42. Whitehead, D. C. *Grassland nitrogen*. 145-150 (CAB International, 1995).

43. Sommer, S. G. & Jensen, C. Ammonia volatilization from urea and ammoniacal fertilizers surface applied to winter wheat and grassland. *Nutr. Cycl. Agroecosys.***37**, 85–92 (1994).
44. Primavesi, A. C., Primavesi, O., Corrêa, L. A., Cantarella, H., Silva, A. G. Cations and anions uptake by coastcross grass fertilized with urea and ammonium nitrate. *Pesq. Agropec. Bras.* **40**, 247–253 (2005).
45. Lemaire, G., Jeuffroy, M. H. & Gastal, F. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practices for crop N management. *Eur. J. Agron.***28**, 614–624 (2008).
45. Lemaire, G. & Meynard, J. M. Use of the nitrogen nutrition index for analysis of agronomical data in *Diagnosis on the nitrogen status in crops* (ed. Lemaire) 45–55 (Springer-Verlag, 1997).
46. Cardoso, A. S. *et al.* Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agr. Syst.***143**, 86–96 (2016).
47. Mott, G. O. & Lucas, H. L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures in *International grassland congress*. 1380-1395 (Pennsylvania State University, 1952).
48. Andrade, F. M. E. Produção de forragem e valor alimentício do capim-Marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz,” 2003. 125 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.”
49. Flores, R. S. *et al.* Animal performance, forage yield and structural characteristics in the palisade grass cvs. marandu and xaraés submitted to grazing intensities. *Rev. Bras. Zootec.***37**, 1355–1365 (2008).

50. Herling, V. R. *et al.* Performance and productivity of Nelore steers on rotationally stocked palisade grass (*Brachiaria brizantha*) pastures in response to herbage allowance. *J. Agric. Sci.***149**, 761–768 (2011).
51. Poppi, D. P., Hughes, T. P. & L'huillier, P. J. Intake of pasture by grazing ruminants. Livestock feeding on pasture. *New Zeal. Soc. Anim. Prod.***7**, 55–64 (1987).
52. Wedekin, I., Pinazza, L. A., Lemos, F. K. & Vivo, V. M. *Economia da Pecuária de Corte – Fundamentos e o ciclo de preços*. 33–35 (WedekinCosultores, 2017).
53. Cecato, U. *et al.* Animal performance, production, and quality of Tanzania grass fertilized with nitrogen. *Semin-Cienc. Agrar.***38**, 3861–3870 (2017).
54. Aguiar, A. Choose the cultivar by the right reason. *DBO a revista de negócios da pecuária***445**, 72–73 (2017).
55. Schulze, E. D. *et al.* Importance of methane and nitrous oxide for Europe's terrestrial greenhouse-gas balance. *Nat. Geosci.***2**, 842–850 (2009).
56. Mott, G. O. Grazing pressures and the measurement of pastures production in *International Grassland Congress*. 606–611 (Reading, 1960).
57. IUSS Working Group WRB. 2006. World reference base for soil resources 2006 in *World Soil Resources Reports*. 103 (FAO, 2006)
58. Casagrande, D. R. *et al.* Sward canopy structure and performance of beef heifers under supplementation in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pastures maintained with three grazing intensities in a continuous stocking system. *Rev. Bras. Zootec.***40**, 2074–2082 (2011).

59. Moraes, A., Moojen, E. L. & Maraschin, G. E. Comparação de métodos de estimativa de taxas de crescimento em uma pastagem submetida a diferentes pressões de pastejo in *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 332–334 (FEALQ, 1990).

60. AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists 15th ed. (Association of Official Analytical Chemists, 1990).

61. ANKOM *Acid detergent fiber in feeds. Filter bag technique (for A200, A200I)*. Ankom Technology Method 8. (Ankom Technology Corp., 2006a)

62. ANKOM *Method for determining acid detergent lignin in beakers*. (Ankom Technology Corp., 2006b)

63. ANKOM *Neutral detergent fiber in feeds. Filter bag technique (for A200, A200I)*. Ankom Technology Method 9. (Ankom Technology Corp., 2006c)

64. Alderman, P. D., Boote, K. J. & Sollenberger, L. E. Regrowth dynamics of 'Tifton 85' Bermuda grass as affected by nitrogen fertilization. *Crop Sci.* **51**, 1716–1726 (2011).

65. R Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>. (2017).

Capítulo 3 – Efeito de doses de adubonitrogenadosobre as fraçõesfibrosas e nitrogenadas de capim-marandu

Efeito de doses de adubo nitrogenado sobre as frações fibrosas e nitrogenadas de capim-marandu

Resumo: A adubação nitrogenada é essencial para a produtividade e perenidade de pastagens de gramíneas forrageiras tropicais como o capim-marandu (*Urochloa brizantha*). Este trabalho objetiva avaliar o efeito de doses de adubação nitrogenada sobre as frações fibrosas e nitrogenadas de capim-marandu. Os tratamentos foram 0, 90, 180 e 270 kg N ha⁻¹ em delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições. O adubo utilizado foi a ureia aplicado em 3 vezes. O experimento consistiu em 3 anos experimentais com 4 períodos de avaliação cada durante a estação de crescimento da forrageira. As variáveis avaliadas em amostras de pastejo simulado foram as frações fibrosas: carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (CNF), fibras em detergente neutro (FDN), FDN potencialmente degradável (FDNpd), FDN indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido (FDA). As frações nitrogenadas (A+B1; B2, B3 e C), o consumo de matéria seca, proteína e NDT. Digestibilidade da matéria seca (DigMS), nutrientes digestíveis totais (NDT). Somente as variáveis CHOT (P =0,0089), FDNcp (P<0,0001), FDA (P<0,001), PB (P <0,001), fração A+B1 (P =0,013), fração C (P<0,0156) e DigMS (P = 0,002). Os teores de CHOT, FDNcp e fração C decresceram linearmente. Enquanto o teor de PB, proteína solúvel (fração A +B1) e digestibilidade aumentaram linearmente. O aumento nas doses de N reduziu os teores de FDNcp de 606 para 559 g kg⁻¹ MS e de fração C de 130 para 90 g kg⁻¹ PB e aumentou os teores de proteína solúvel de 307 para 369 g kg⁻¹ PB e a DigMS de 586 para 680 g kg⁻¹ MS. Portanto, o aumento das doses de adubo nitrogenada é uma alternativa viável para aumentar os teores de proteína mais disponíveis para os animais e a digestibilidade do capim marandu.

1. Introdução

A produção animal em ambientes tropicais tem apresentado aumentos significativos de produtividade no começo do século XXI. No Brasil, país que possui o maior rebanho comercial de bovinos de cortes do mundo, somente no começo deste século teve sua produtividade aumentada em 30% (Wedekin et al., 2018). No entanto, por ser baseada a pasto principalmente utilizando *Urochloas* para se manter a produtividade da forrageira é necessário realizar a adubação nitrogenada (Scholz et al., 2019) uma vez que o nitrogênio é o elemento chave para a degradação das pastagens tropicais (Boddey et al., 2004), aumenta a produtividade (Dupas et al., 2016; Delevatti et al., 2019) e os teores de proteína bruta.

É amplamente sabido que a adubação nitrogenada aumenta os teores de proteína bruta (Vicente-Chandler, 1964; Van Soest, 1885). No entanto, a proteína bruta se localiza em diferentes partes da célula vegetal e, portanto, varia quanto a sua disponibilidade para aproveitamento pelos micro-organismos ruminantes que produzem a proteína microbiana e conseqüentemente pelo ruminante (Detmann et al., 2014). A Universidade de Cornell desenvolveu o sistema de CNCPS (*The Cornell Net Carbohydrate and Protein System*), o qual avalia as frações proteicas e de carboidratos dos alimentos baseado na sua solubilidade e digestibilidade. De acordo com Sniffen et al. (1992) a fração A é a fração 100% solúvel constituída de amônio, nitrato e peptídeos, a fração B1 por proteínas solúveis, rapidamente degradadas no rúmen; proteínas insolúveis, a B2 com taxa de degradação intermediária e B3 lenta no rúmen; e fração C, constituída de proteínas insolúveis, indigeríveis no rúmen e nos intestinos.

No que se refere as frações fibrosas diversos trabalhos atribuem a redução dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e de fibra em detergente ácido (FDA) à adubação nitrogenada (Rocha et al., 2001; Costa et al., 2006; Dupas et al., 2010). Diminuição nos teores de FDA implicaria possível melhoria da digestibilidade da forragem. Relativo a isto, Van Soest (1994) cita que o nitrogênio provoca aumento na concentração de aminoácidos e proteínas que acumulam principalmente no conteúdo celular, acarretando diluição da parede celular e aumento de digestibilidade. Por seu lado, isso pode ser contrabalançado pelo aumento da lignificação desta parede, na presença de uma adubação nitrogenada adequada para o bom crescimento da planta. Esse efeito foi observado em forrageiras de clima temperado e tropical. Porém, ainda é desconhecido este efeito quando diferentes doses de N são aplicadas a pastagens em regime de pastejo.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de doses de adubo nitrogenado (ureia) sobre as frações nitrogenadas e fibrosas, digestibilidade e nutrientes digestíveis totais de capim-marandu. As hipóteses estudadas foram: (1) o aumento da dose de nitrogênio aumentará o teor de proteína bruta e proteína solúvel e consequentemente reduzirá o teor de proteína insolúvel (2) quanto maior a dose de nitrogênio menor o teor de carboidratos totais e de fibras (3) o incremento da adubação nitrogenada aumentará a digestibilidade do capim-marandu.

2. Materiais e Métodos

O projeto foi conduzido durante a fase de recria dos animais, no Setor de Forragicultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária (FCAV) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), campus de

Jaboticabal, Estado de São Paulo, onde o clima observado na região é subtropical do tipo Aw de acordo com a classificação de Köppen. Os dados meteorológicos (Tabela 1) registrados durante o período experimental foram extraídos de um conjunto de dados pertencentes ao acervo do Departamento de Ciências Exatas da Estação Agroclimatológica do Campus de Jaboticabal, localizada na latitude 21°14'05" sul, e longitude 48°17'09" oeste com altitude de 615,01 metros.

A área experimental para avaliação dos animais em pastejo é formada com *Urochloa brizantha* (Hochstex A. Rich) Stapf cv Marandu, com 12 piquetes experimentais, sendo metade com áreas de 0,7 e metade com 1,3 ha, totalizando 12 ha, além de 1 ha de piquete reserva. Os pastos receberam adubação de correção de acordo com os resultados da análise de solo, e fertilizados com as respectivas doses de N parceladas em três aplicações durante o período chuvoso, sendo a ureia a fonte do nitrogênio. As aplicações foram no início de dezembro, no fim de janeiro e no início de março.

Tabela 1. Valores mensais das de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluvial e dias de chuvas durante o período experimental, sendo 2014/2015 – 1; 2015/2016 – 2; 2016/2017 – 3

Mês	Temperatura (°C)									Umidade Relativa (%)			Chuva (mm)			Dias de Chuva		
	Máx			Mín.			Média			Média								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Nov	31,1	30,8	30,9	19,8	19,8	18,7	24,4	24,3	23,9	72,4	78,0	71,7	180,9	278,0	246,5	15	17	9
Dez	31,0	30,6	31,5	20,1	20,2	20,0	24,6	24,4	24,7	74,0	78,2	74,3	150,3	306,0	184,4	15	18	19
Jan	33,9	29,5	30,2	21,1	20,2	20,6	26,5	24,0	24,1	68,4	80,9	80,2	101,5	445,0	217,7	9	17	19
Fev	30,9	31,5	32,0	20,0	20,5	20,0	24,3	25,0	25,0	78,8	76,3	72,5	283,7	206,0	118,3	19	16	8
Mar	29,1	30,9	31,9	19,8	19,8	19,3	23,3	24,2	24,4	83,5	77,0	71,7	183,3	127,0	126,3	21	16	11
Abr	30,1	31,0	30,0	18,0	18,0	17,9	22,9	24,1	22,8	76,9	61,8	74,7	86,4	9,10	135,7	7	2	9

Dados obtidos do Departamento de Ciências Exatas de FCAV / Jaboticabal, localizado a 800 m da área experimental.

2.1. *Experimento, animais e método do pastejo*

O capim-marandu foi amostrado em uma área destinada a recria dos animais em regime de pastejo, durante o período das águas entre dezembro e abril de 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017, respectivamente. Foram utilizados 72 tourinhos Nelore, com peso corporal inicial médio de 352 ± 5 kg, 334 ± 2 kg, e 315 ± 6 kg no primeiro, segundo e terceiro ano experimental, respectivamente. Os animais foram mantidos em 12 piquetes, manejados a 25 cm de altura em sistema de lotação contínua e taxa de lotação variável, utilizando a técnica de “*putand take*” (MOTT & LUCAS, 1952).

2.2. *Tratamentos e delineamento experimental*

Os animais foram sorteados ao acaso em quatro tratamentos e três repetições (piquetes) e arranjados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo realizado quatro períodos experimentais de 28 dias cada, totalizando 112 dias. Antes do início os animais foram submetidos a 15 dias de adaptação aos seguintes tratamentos: 0, 90, 180 e 270 kg N ha⁻¹.

2.3. *Composição química e fracionamento*

Na determinação do valor nutritivo da forragem as amostras do pasto que representam a fração consumida pelos animais foram coletadas a cada 28 dias a partir da simulação do pastejo (Halls, 1954), coletadas pelo método “*hand-plucking*” que consiste em colher a forragem após prévia observação do hábito de pastejo dos animais. As amostras frescas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas. Após a pré-secagem, todas as amostras de forragem, bem como

dos suplementos foram processadas em moinho do tipo Willey, com peneira de malha com crivo de 1mm, exceto para análises de FDNi (fibra em detergente neutro indigestível) que foram moídas em 2mm, conforme Valente et al. (2011).

As amostras foram quantificadas quanto aos teores de matéria seca (MS, método 934,01), matéria orgânica (MO, método 942,05), extrato etéreo (EE, método 954,02) de acordo com a AOAC (1990). A fração proteína bruta (PB) foi obtida por condutividade térmica utilizando-se o equipamento Leco®, modelo FP-528. As avaliações de FDN e FDA foram realizadas no aparelho Ankom 2000 (AnkomTechnologies, Macedon, NY). A FDN dos concentrados, tratados com amilase termoestável (Van Soest et al., 1991), a FDN, FDA, FDNcp, NIDN e NIDA da forragem (Robertson & Van Soest, 1981 e Licitra et al., 1996). O fracionamento da proteína foi realizado de acordo com Licitra et al. (1996).

Estimou os carboidratos não fibrosos (CNF) dos suplementos, bem como fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd) pela obtenção da FDNi.

As frações proteicas foram obtidas conforme metodologias descritas por Licitra et al. (1996). A fração A foi determinada a partir do tratamento de 0,5 g de amostra com 50 mL de água, por 30 minutos, adicionando-se, em seguida, 10 mL de ácido tricloroacético (TCA) por mais 30 minutos. A seguir, procedeu-se à filtragem da amostra, utilizando-se papel-filtro Wathman 54, dosando-se o N residual pelo método Kjeldahl. A fração A foi determinada pela diferença entre o teor de N total e o N insolúvel em TCA.

O N solúvel total foi obtido incubando-se 0,5 g de amostra com 50 mL de tampão borato-fosfato (TBF) e 1 mL de azida sódica a 10%. Após três horas de

incubação, a amostra foi filtrada e o resíduo, analisado para N insolúvel em TBF. O N solúvel em TBF foi determinado pela diferença entre o teor de N total e o N insolúvel em TBF. A fração B1, por sua vez, foi determinada pela diferença entre o teor de N solúvel em TBF e o N solúvel em TCA.

O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram dosados nos resíduos de FDN e FDA, respectivamente. A fração B3 foi obtida pela diferença entre o NIDN e o NIDA. A fração C constitui o NIDA e a fração B2 foi determinada pela diferença entre o N insolúvel em TBF e o NIDN.

2.4. *Consumo e Digestibilidade*

Foi avaliado o consumo e digestibilidade dos nutrientes em 24 animais, sendo 6 por tratamento, e 2 de cada piquete. Na avaliação do consumo e digestibilidade foram empregados os métodos dos indicadores. Na estimativa da produção fecal o óxido de cromo (Cr_2O_3) foi utilizado com marcador externo, sendo aplicado sempre às 7 horas da manhã durante 10 dias. Cada animal recebeu 10g de Cr_2O_3 acondicionado em cartuchos de papel e introduzido por meio de uma sonda esofágica.

No 8º, 9º e 10º dia de aplicação do indicador foram realizadas coletas de fezes às 07h00; 11h00; e 17h00, respectivamente, logo após defecação espontânea. Nesses mesmos dias, foi realizada uma simulação manual do pastejo para avaliar o consumo de pasto. O consumo de forragem foi estimado com base nos dados de produção fecal e da FDNi como marcador interno. Foi elaborada uma amostra composta das fezes com base no peso seco ao ar, por animal, dos três dias de

coleta, identificadas e posteriormente analisadas quanto aos teores: de cromo, por espectrofotometria de absorção atômica (KIMURA & MILLER, 1957), e quanto aos teores dos nutrientes como descritos anteriormente.

Para estimar os coeficientes de digestibilidade aparente, as amostras de fezes foram submetidas à análise para quantificação dos teores de MS, cinzas, PB, NDT. A partir do consumo de nutrientes pela forragem e suplementos e a excreção destes nas fezes calculou-se a digestibilidade aparente total através do cálculo: $DigMS = (CMS - EF) / CMS$ onde, DigMS- digestibilidade aparente total da matéria seca (%); CMST - consumo de matéria seca total ($kg\text{dia}^{-1}$); EF - excreção fecal ($kg\text{dia}^{-1}$)

A eficiência de síntese de proteína microbiana (PBmic) foi expressa em gramas de nitrogênio microbiano por quilo de MO digestível ($g\text{ PB }kg^{-1}\text{ MOD}$). A matéria orgânica digestível (MOD) foi obtida pelo cálculo do consumo de MO digestível pelos animais multiplicados pelo fator 0,65 (ARC, 1980). Considerando o nitrogênio microbiano ($g\text{dia}^{-1}$) foi calculado a proteína microbiana pela multiplicação com o fator 6,25 e a eficiência de proteína microbiana por kg de NDT consumido.

2.5. *Análises estatísticas*

Os dados foram testados quanto à normalidade através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk e o teste de Bartlett para homogeneidade de variâncias, respectivamente. Os dados foram analisados pelo procedimento LME de R (pacote NLME, R core team) e o modelo estatístico incluiu o nível de nitrogênio e o ano como efeitos fixos, enquanto o piquete foi o efeito aleatório.

Todas as variáveis foram analisadas como medidas repetidas no tempo. A melhor estrutura de covariância estrutura usada para análises de medidas repetidas foi escolhida como a que alcançou o menor valor corrigido de Akaike (AICc). Efeitos significativos para o tratamento foram declarados em $P < 0,05$. Quando um efeito significativo foi encontrado, contrastes polinomiais ortogonais foram realizados para avaliar o efeito da dose de nitrogênio nas variáveis.

3. Resultados e Discussão

3.1. Frações fibrosas

As doses de adubo nitrogenado afetam os teores de carboidratos totais ($P=0,0089$), fibra em detergente neutro ($P<0,001$) e fibra em detergente ácido ($P<0,001$) (Tabela 2).

Tabela 2– Frações fibrosas (g kg^{-1} MS) do pastejo simulado de capim-marandu adubados com diferentes doses de nitrogênio (0, 90, 180 e $270 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Médias de 3 anos de avaliação

Variável* (%MS)	Tratamento ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)				EPM	P-valor
	0	90	180	270		
CHOT	787,5	767,9	753,1	733,8	0,6	0,0089
CNF	181,3	182,2	189,0	174,7	0,6	0,95
FDN _{cp}	606,2	585,7	564,0	559,2	0,6	0,0001
FDN _{pd}	423,7	413,9	399,3	413,3	0,3	0,81
FDNi	182,4	171,7	164,7	146,7	1,2	0,44
FDA	465,5	436,3	407,6	391,8	0,7	0,0001

* CHOT – carboidratos totais; CNF – carboidratos não fibrosos; FDNcp – Fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína; FDNpd – Fibra em detergente neutro potencialmente degradável; FDNi – Fibra em detergente neutro indigestível e FDA – Fibra em detergente ácido.

A análise dos dados da Tabela 2 evidencia que o capim marandu adubado com diferentes doses de N e manejado em lotação contínua e carga variável durante o período das águas apresentou altos teores de carboidratos não fibrosos e baixos valores de fibra em detergente neutro, notadamente da fração de FDNi.

O manejo dos pastos do capim marandu segundo o critério de interceptação luminosa de IL95% proposto por Brougham (1956), adotando a altura de 25 cm de acordo com dados de pesquisa de Carneiro et al. (2007), propiciou a obtenção de forragem com alto valor nutritivo, semelhante a trabalhos conduzidos na mesma área (Barbero et al., 2015, Delevatti et al., 2018) em função da alta emissão de novos tecidos, o que proporcionou alta percentagem de folhas no dossel (Delevatti et al, 2019). Estudos conduzidos com o capim marandu manejado segundo os critérios citados anteriormente evidenciaram alta produção de folhas, acarretando baixos valores de componentes da fração fibrosa e altos valores de CNF e de compostos nitrogenados.

3.2. *Frações nitrogenadas*

Os teores de proteína bruta ($P < 0,01$), proteína solúvel ($P < 0,01$) e fração C foram afetados pelas doses de nitrogênio (Tabela 3). O aumento do teor de proteína foi observado por outros autores (Alves et al., 2008; Cecato et al., 2004; Ribeiro & Pereira, 2010). Para que ocorra o aumento no teor de proteína é necessário que a dose de N seja elevada o suficiente para que não ocorra a diluição do N na matéria

seca, uma vez que também ocorre aumento na produção de forragem (Gomide, 1989).

Tabela 3– Proteína bruta (g kg MS⁻¹) e frações nitrogenadas (g kg PB⁻¹) de pastos de capim-marandu adubados com diferentes doses de nitrogênio (0, 90, 180 e 270 kg N ha⁻¹ ano⁻¹). Médias de 3 anos de avaliação

Variável*	Tratamento (kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹)				EPM	P-valor
	0	90	180	270		
PB (g kg MS ⁻¹)	92,8	116,7	134,5	129,0	0,4	< 0,001**
Fração A +B1	30,4	31,5	34,0	36,9	2,1	0,013
Fração B2	26,0	28,8	26,6	27,0	1,2	0,86
Fração B3	30,6	29,8	30,2	27,2	1,2	0,68
Fração C	13,0	10,0	9,3	9,0	0,4	0,0156**

* PB – proteína bruta determinada por combustão a seco (Método de Dumas); Frações proteicas A, B1, B2, B3 e C determinadas segundo Licitra et al. (1996) (g kg PB⁻¹).**Efeito linear.

A análise dos dados da Tabela 3 evidencia que os teores de PB da forragem aumentaram em resposta a aplicação de N. Em relação ao fracionamento dos compostos nitrogenados, foram observados incrementos nas proporções das frações A + B1 e decréscimo da fração indigestível C, enquanto as frações B2 e B3 de menores taxas de degradação não foram afetadas pelas doses de N.

Os resultados confirmam as observações de trabalhos nos quais foram avaliados os efeitos da adubação nitrogenada sobre a composição química do capim marandu. Dados de trabalhos conduzidos pelo grupo evidenciam o aumento nos teores das frações solúveis de N devido ao aumento na taxa de renovação de

tecidos e do perfilhamento (Santana et al., 2016), resultando na alta proporção de folhas (Delevatti et al., 2018, 2019).

3.3. *Consumo, digestibilidade e suas relações com desempenho*

Em estudo conduzido por Delevatti et al. (2019) nos quais foram avaliadas a produção de forragem, a eficiência de uso do N aplicado e os ganhos de peso por animal e por área, foram observados ganhos médios diários de 0,939, 0,985, 0,879 e de 0,967 kg dia⁻¹ (Dados apresentados na Tabela 4), respectivamente nos animais recriados nos pastos não adubados e naqueles adubados com 90, 180 e 270 kg N ha⁻¹. Os valores observados confirmam a alta qualidade dos pastos do capim-marandu manejado em lotação contínua e carga variável segundo a altura de 25 cm, semelhantes aos resultados obtidos por Oliveira (2014), Barbero et al. (2015), Koscheck et al. (2020), Hofmman et al. (Trabalho submetido), Ferrari (2019).

Segundo a avaliação dos dados da Tabela 4, foram observados consumos médios de MS de 8,21 kg dia⁻¹, NDT de 5,29 kg dia⁻¹ e de PB de 0,87 kg dia⁻¹ nos animais mantidos nos pastos adubados com diferentes quantidades de N. Os dados disponíveis no BR Corte (2016) mostram que a exigência para o ganho de peso de 1,0 kg dia⁻¹ de tourinhos nelore com peso corporal médio de 300 kg, mantidos em pastagens é de 4,24 kg NDT dia⁻¹ e de 0,821 kg PB dia⁻¹, portanto próximos aos observados no presente estudo.

Na nutrição de bovinos de corte, um fator de extrema relevância é a eficiência de uso de nutrientes pelos animais recriados em pastagens de capins tropicais manejados em métodos de pastejo que aumentam a proporção de folhas

que contem altos teores de compostos solúveis, quer seja nas frações de carboidratos ou de compostos nitrogenados (Tabelas 2 e 3).

As análises dos dados da Tabela 4 mostram valores da relação de PB microbiana kg^{-1} MOD de 124,0; 148,0; 164,0 e de 183,0, respectivamente nos pastos não adubados e nos adubados com 90; 180 e 270 kg N ha^{-1} .

Tabela 4 – Peso corporal inicial e final, desempenho, consumo de matéria seca, proteína e energia, digestibilidade da matéria seca e energia, além da síntese de proteína microbiana

Variável*	Tratamento ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)				EPM	P-valor
	0	90	180	270		
Peso inicial (kg)	280	282	282	282	2,0	-
Peso final (kg)	385	392	381	383	3,0	-
GMD	0,939	0,985	0,879	0,898	0,02	0,032**
CMS	8,282	8,733	8,031	7,814	0,41	0,88
CProt	0,768	1,019	1,080	1,007	0,04	0,0089
CNDT	5,362	5,641	5,162	5,014	0,6	0,33
DigMS	585,7	611,4	630,8	680,4	1,2	0,002**
DigNDT	647,2	646,1	643,8	641,7	1,1	-
PBmic*	124,0	148,0	164,0	183,0	0,9	-

* GMD – ganho médio diário (kg dia^{-1}); CMS – consumo de matéria seca (kg dia^{-1}); CProt – consumo de proteína (kg dia^{-1}), CNDT – consumo de nutrientes digestíveis totais [NDT] (kg dia^{-1}), DigMS – Digestibilidade da matéria seca (g kg MS^{-1}); DigNDT – Digestibilidade dos nutrientes digestíveis totais (g kg MS^{-1}); * Eficiência de Síntese de proteína microbiana (g PB kg^{-1} MOD). **Efeito linear.

Pesquisas sobre a nutrição de bovinos de corte em pastejo (Poppi&McLeann, (1995, 2007, Poppi et 1997), demonstram que se pode aumentar a eficiência do uso do N através de práticas que maximizam a síntese de PB microbiana. Segundo estes autores a síntese de PBmic pode ser maximizada quando se tem a relação de 160 g PB kg⁻¹ MOD. Segundo Detmann et al. (2014) em estudos conduzidos em pastos de capins tropicais com teores de PB mais baixos do que os valores observados no presente experimento, observaram que a eficiência de uso de N foi positiva quando a relação entre PB kg⁻¹ MOD foi superior a 191 g PB kg⁻¹ MOD. De acordo com os autores, em situações onde o pasto apresenta altos teores de PB, recomenda-se a suplementação energética para que ocorra o equilíbrio entre a disponibilidade de energia e de N necessária para otimizar a síntese de PB microbiana. Desta forma, considerando a composição química dos pastos avaliados no estudo (Tabelas 4 e5), e considerando as observações de Bach et al. (2005) tem-se dois principais fatores que geralmente interferem na síntese PBmic, sendo eles, a quantidade de energia prontamente fermentescível e a concentração de amônia ruminal utilizadas como substrato para o crescimento microbiano.

Desta forma, segundo Silva et al. (2019) a adição de energia fermentescível pode aumentar a reciclagem de N no rúmen para o trato inferior aumentando a eficiência de uso de N pelos animais. Por outro lado, uma das alternativas usadas nos sistemas de produção, ou seja, a elevação dos teores de N na dieta pode aumentar o custo da alimentação e também elevar a excreção para ambiente elevando o impacto da produção de bovinos (Rotz et al. 2019).

O requerimento de PDR de um animal é estimado por quantidade de energia fermentável consumida, assumindo a eficiência de síntese de PB microbiana (PBmic) ruminal de 130 g PBmic kg⁻¹ energia fermentável (NRC 2000; CSIRO 2007). A eficiência de síntese de PBmic (ESPM) é definida como a quantidade de proteína microbiana e sintetizada por unidade de energia (CSIRO 2007).

Estudos conduzidos por Oliveira (2014) na Unesp - Jaboticabal para avaliar a síntese PBmic de tourinhos recriados em pastagens de capim marandu com altos teores de PB e compostos solúveis resultaram em valores de 236,3; 332,3 e de 369,0 g dia⁻¹, respectivamente nos animais que receberam sal mineral, suplemento proteico energético com milho e polpa cítrica, 0,3% PC. Os autores observaram maior retenção do N nos animais que receberam suplementos proteico energético.

Na mesma linha de pesquisa, Hofmman (2018) registrou valores de síntese e PB de 800,5; 691,9; 723,1 e de 644,6 g dia⁻¹, respectivamente nos animais mantidos em pastagens recebendo sal mineral, suplementados proteico energético (0,3% PC) com farelo de algodão (FA), suplemento com substituição de 50% do FA pelo DDG de milho, e 100% de substituição do FA pelo DDG de milho

Ferrari (2019) registrou valores de síntese de PBmic de tourinhos nelore recriados em pastos de capim marandu de 513, 764 e 585 g animal⁻¹ dia⁻¹, respectivamente nos animais que receberam suplemento proteico energético a base de farelo de soja e milho, suplemento energético e suplemento proteico energético a base de DDG e milho.

Segundo Silva et al. (2019) ao aumentarem a quantidade de energia fermentável, ocorreu aumento na reciclagem de N para o rúmen e também na síntese de PBmic. De modo geral, a adição de mais energia aumentara a eficiência

de conversão da proteína da dieta em PBmic. Em outras palavras, a adição de PDR na dieta aumentara a eficiência de conversão da energia disponível em PBmic, enquanto a adição de energia aumentara a eficiência de conversão do N disponível em PBmic, sendo que ambos os processos são afetados pela maior reciclagem de N. As estratégias de suplementação que aumentam a eficiência de uso de N são eficientes para diminuir a excreção e assim mitigar os efeitos negativos decorrentes das dietas com altos teores de PB e mesmo doses elevadas de adubos nitrogenados (Cardoso et al., 2016; Cardoso et al., 2019).

4. Conclusão

O incremento nas doses de nitrogênio se apresenta como uma alternativa viável para aumentar os teores de proteína bruta, proteína solúvel e digestibilidade de capim-marandu. E conseqüentemente, reduzir os teores de carboidratos totais de fibras em detergente neutro e ácido. Com o aumento da dose de nitrogênio a relação proteína bruta e matéria orgânica digestível aumentou indicando que a utilização de suplementos energéticos pode ser necessária para reduzir as perdas de N e por conseguinte aumentar o desempenho animal.

5. Referências

Alves, J.S.; Pires, A.J.V.; Matsumoto, S.N. et al. Características morfológicas e estruturais da *Brachiaria decumbens* Stapf. submetidas a diferentes doses de nitrogênio e volumes de água. Acta Veterinaria Brasilica, v.2, n.1, p.1-10, 2008

AOAC. 2012. AOAC official methods of analysis (18th ed.). Gaithersburg, USA: AOAC International.

ARC. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureau. Farnham Royal, UK, 1980.

Bach A, Calsamiglia S, Stern MD. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science* 88, (05) 73133-7.

Barbero, R. P.; Malheiros, E.B.; Araujo, T L R; Nave, R.L.G.; Mulliniks, J.T.; Berchielli, T.T.; Ruggieri, A C; Reis, R.A. 2015. Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. *Animal Feed Science and Technology*. v.209, p.110 – 118

Berça, A. S., Cardoso, A. D. S., Longhini, V. Z., Tedeschi, L. O., Boddey, R. M., Berndt, A., Reis, R. A. & Ruggieri, A. C. 2019. Methane production and nitrogen balance of dairy heifers grazing palisade grass cv. Marandu alone or with forage peanut. *Journal of animal science*, 97(11), 4625-4634.

Boddey, R. M., Macedo, R., Tarré, R. M., Ferreira, E., De Oliveira, O. C., Rezende, C. D. P., Cantarutti, R.B., Pereira, J.M., Alves, B. J. R., Urquiaga, S. 2004. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. *AgricEcosystEnviron*, 103:389-403.

BR -Corte: tabela brasileira de exigências nutricionais. 2016. Editores Sebastião de Campos Valadares Filho ... et al. -3. ed. -Viçosa (MG): UFV, DZO, 327p

Brougham, R. W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. *Aust. J. Agric. Res.* 9, 39–52 (1958).

Carneiro, B., Pedreira, C. G. S., da Silva, S. C. (2007). Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(2), 281-287

Cecato, U.; Pereira, L.A.F.; Jobim, C.C. et al. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição química bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v.26, n.3, p. 409-416, 2004.

Commonwealth Scientific And Industrial Research Organization (Eds M Freer, H Dove, J V Nolan) (2007) .Nutrient requirements of domesticated ruminants. (CSIRO Publishing: Melbourne, Vic., Australia).

Costa, K.A.P.; Oliveira, I.P.; Faquim, V. et al. Efeitos quantitativos e qualitativos do nitrogênio e do potássio no desenvolvimento da *Brachiaria Brizantha* cv. MG5. *Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos*, v.1, n.1, p.56-70, 2006.

Dupas, E.; Buzetti, S.; Sarto, A.L. et al. Dry matter yield and nutritional value of Marandu grass under nitrogen fertilization and irrigation in cerrado in São Paulo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.12, p.2598-2603, 2010.

Delevatti, L. M.; Cardoso, A. S.; Barbero, R. P.; Leite, R. G.; Romanzini, E. P.; Ruggieri, A. C.; Reis, R. A. 2019. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. *ScientificReports*. v.9, p.7596

Delevatti, L. M.; Romanzini, E. P.; Koscheck, J. F. W.; Da Ross, T. L. A.; Renesto, D. M.; Ferrari, A. C.; Barbero, R. P.; Mullinks, J. T.; Reis, R A. 2018. Forage management intensification and supplementation strategy: Intake and metabolic parameters on beef cattle production. *Animal Feed Science and Technology*. v.1, p.1.

Detmann, E.; Valente, E.E.L.; Batista, E.D.; Huhtanen, P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livestock Science*, v.162, n.4, p.141-153, 2014.

Dupas, E., Buzetti, S., Rabelo, F. H. S., Sarto, A. L., Cheng, N. C., Galindo, F. S. de Niro Gazola, R. 2016. Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. *Aust J CropSci*, 10:1330.

Ferrari, A C. Aportes nutricionais na recria a pasto e sistemas de terminação de tourinhos nelore: metabolismo, desempenho e qualidade da carne. 2019. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista.

Halls, L.K., 1954. The approximation of cattle diet through herbage sampling. *Rangel. Ecol. Manag. Range ManagArch*, 7:269-270.

Hoffmann, A. Eficiência da substituição do farelo de algodão por DDG na produção de bovinos de corte. 2019. Tese (Zootecnia) - Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista

Kimura, F.T.; Miller, V.L. Improved determination of chromic oxide in cow feed and feces. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v.5, p.216-216, 1957.

Koscheck, J. F. W.; Romanzini, E. P.; Barbero, R. P.; Delevatti, L. M.; Ferrari, A C; Mulliniks, J.T.; Mousquer C J; Berchielli, T. T.; REIS, R. A. 2020. How do animal performance and methane emissions vary with forage management intensification and supplementation? *Animal Production Science*, v.X, p.X.

Licitra G, Hernandez TM, Van Soest PJ (1996) Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Science Feed Technology*. p. 57 - 347.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2016). 'Nutrient requirements of beef cattle.' 8th revised edn. (National Academies Press: Washington, DC)

Oliveira, A. A. Manejo do pasto de capim-marandu e suplementação com diferentes fontes de energia na recria de tourinhos Nelore. 2014. 121 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista

Poppi D P, McLennan S R. 2010. Nutritional research to meet future challenges. *Animal Production Science* 50, 329–338.

Poppi, D P.; McLennan, S.R. 2007. Otimizando o desempenho de bovinos em pastejo com suplementação proteica e energética. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE: REQUISITOS DE QUALIDADE NA BOVINOCULTURA DE CORTE, 6., 2007, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2007. p.163-181.

Poppi, D.; McLennan, S.R.; Bediye, S., et al. Forage quality: Strategies for increasing nutritive value of forages. In. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18., Winnipeg, Canada. 1997.

Poppi, D.P.; McLennan, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *Journal of Animal Science*, v.73, p.278-290, 1995.

Ribeiro, K.G.; Pereira, O.G. Valor nutritivo do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e idades de rebrotação. *Veterinária e Zootecnia*, v.17, n.12, p.560-567, 2010.

Rocha, G.P.; Evangelista, A.R.; Paiva, P.C.A. et al. Digestibilidade de fração fibrosa de três gramíneas do gênero *Cynodon*. *Ciência e Agrotecnologia*, v.25, n.2, p.396-407, 2001.

Rotz C.A., Asem-Hiablie S, Place S, Thomas G. 2019. Environmental footprints of beef cattle production in the United States. *Agricultural Systems* 169, 1–13.

Santana, S. S.; Brito, L. F.; Azenha, M. V.; Oliveira, A. A.; Malheiros, E. B.; Ruggieri, A. C.; Reis, R. A. 2016. Canopy characteristics and tillering dynamics of Marandu palisade grass pastures in the rainy-dry transition season. *Grass Forage Science*. v.72, p.261 - 270

Silva, L. F. P; Dixon. R. M.; Costa D. F. A. 2019. Nitrogen recycling and feed efficiency of cattle fed protein-restricted diets. *Animal Production Science* 59 (11) 2093-2107.

Valente, T.N.P., Detmann, E., Queiroz, A.C., Valadares Filho, S.C., Gomes, D.I., Figueiras, J.F. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.2565-2573, 2011.

Vicente-Chandler, J. The intensive management of tropical forages in Puerto Rico. Rio Piedras: Agricultural Experiment Station, 1964.

Wedekin, L. A.; Pinazza, L. A.; Lemos, F.; Vivo, V. M. Economia da pecuária – fundamentos e o ciclo de preços. Wedekin Consultores, 280 p.