

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITOS DA UREIA PÓS-RUMINAL NA TRANSIÇÃO
ÁGUAS-SECA SOBRE O DESEMPENHO E PARÂMETROS
RUMINAIS DE BOVINOS NELORE DURANTE A RECRIA**

Mailza Gonçalves de Souza
Zootecnista

2022

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITOS DA UREIA PÓS-RUMINAL NA TRANSIÇÃO
ÁGUAS-SECA SOBRE O DESEMPENHO E PARÂMETROS
RUMINAIS DE BOVINOS NELORE DURANTE A RECRIA**

Discente: Mailza Gonçalves de Souza

Orientador: Prof. Dr. Flávio Dutra de Resende

Coorientadora: Dra. Laura Fraco Prados

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestra em Zootecnia.

S729e Souza, Mailza Gonçalves de
Efeitos da ureia pós-ruminal na transição águas-seca sobre o desempenho e parâmetros ruminais de bovinos nelore durante a recria / Mailza Gonçalves de Souza. -- Jaboticabal, 2022
82 f.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Flávio Dutra de Resende
Coorientador: Laura Franco Prados

1. Nitrogênio não proteico. 2. Proteína verdadeira. 3. Reciclagem de nitrogênio. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

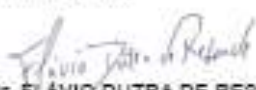
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITOS DA UREIA PÓS-RUMINAL NA TRANSIÇÃO ÁGUAS-SECA SOBRE O DESEMPENHO E PARÂMETROS RUMINAIS DE BOVINOS NELORE DURANTE A RECRIA

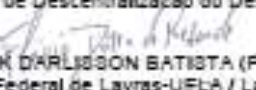
AUTORA: MAILZA GONÇALVES DE SOUZA

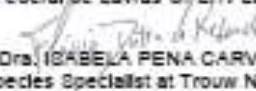
ORIENTADOR: FLÁVIO DUTRA DE RESENDE

COORIENTADORA: LAURA FRANCO PRADOS

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


Pesquisador Dr. FLÁVIO DUTRA DE RESENDE (Participação Virtual)
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / APTA. ColinaOP


Prof. Dr. ERICK DARLISSON BATISTA (Participação Virtual)
Universidade Federal de Lavras-UFLA / Lavras/MG


Pesquisadora Dra. ISABELA PENA CARVALHO DE CARVALHO (Participação Virtual)
Global Beef Species Specialist at Trouw Nutrition / Stationsstraat 77 - Amerfoort, NL

Jaboticabal, 14 de fevereiro de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Mailza Gonçalves de Souza, nascida em 03 de abril de 1995, na cidade de Floresta Pernambuco. Filha de Miguel José de Souza e Maria Cícera Gonçalves Torres de Souza. Possui curso técnico em Agropecuária (2010 – 2013), pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, campus Floresta. Graduação em Zootecnia (2014 – 2019), pela Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade acadêmica de Serra Talhada. Durante a graduação participou do grupo de estudos e pesquisas do leite no sertão – GEPEL, desenvolvendo trabalhos de iniciação científica e extensão, sob orientação da Professora Dra. Fabiana Maria da Silva. Em fevereiro de 2020 ingressou no mestrado pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, São Paulo, no programa de pós-graduação em Zootecnia sob orientação do professor Dr. Flávio Dutra de Resende.

EPÍGRAFE

RECOMECE

Quando a vida bater forte e sua alma sangrar, quando esse mundo pesado lhe ferir, lhe esmagar...É hora do recomeço. Recomece a **LUTAR**.

Quando tudo for escuro e nada iluminar, quando tudo for incerto e você só duvidar... É hora do recomeço. Recomece a **ACREDITAR**.

Quando a estrada for longa e seu corpo fraquejar, quando não houver caminho nem um lugar pra chegar...É hora do recomeço. Recomece a **CAMINHAR**.

Quando o mal for evidente e o amor se ocultar, quando o peito for vazio, quando o abraço faltar...É hora do recomeço. Recomece a **AMAR**.

Quando você cair e ninguém lhe aparar, quando a força do que é ruim conseguir lhe derrubar... É hora do recomeço. Recomece a **LEVANTAR**.

Quando a falta de esperança decidir lhe açoitar, se tudo que for real for difícil suportar...É hora do recomeço. Recomece a **SONHAR**.

Enfim, É preciso de um final pra poder recomeçar, como é preciso cair pra poder se levantar. Nem sempre engatar a ré significa voltar. Remarque aquele encontro, reconquiste um amor, reúna quem lhe quer bem, reconforte um sofredor, reanime quem tá triste e reaprenda na dor.

Recomece, se refaça, lembre o que foi bom, reconstrua cada sonho, redescubra algum dom, reaprenda quando errar, rebole quando dançar, e se um dia, lá na frente, a vida der uma ré, recupere sua fé e **RECOMECE** novamente.

-Bráulio Bessa

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por toda proteção e por me guiar na minha caminhada, me dando coragem e força para seguir batalhado em busca dos meus sonhos.

À minha família, que é a minha maior motivação, meu pai, Miguel, minha mãe, Maria Cícera, por todo o apoio e amor incondicional, por estarem sempre torcendo por mim, a meus irmãos, Marisa e Marciel, obrigada pela parceria. Aos meus tios, tias e primos(a), agradeço por todo apoio e incentivo.

À todos os meus amigos, em especial, Joyce Naiara e Fábio Eraclito, que mesmo distantes se fizeram presentes em todos os momentos, e foram um ponto de apoio fundamental, para que eu pudesse concluir o mestrado, gratidão a vocês.

À Irene Alexandre Reis, pessoa que vou levar para a minha vida, muito obrigada pela parceria, pelas conversas, pelo incentivo e companheirismo durante todo o mestrado, por ter sido meu ponto de apoio em todos os momentos ao longo desses dois anos.

À minha coorientadora, Dra. Laura Franco Prados, deixo registrado aqui a minha admiração e respeito, agradeço imensamente por toda a paciência e ensinamentos, obrigada pela sua amizade, pelos conselhos, e pela imensa contribuição na correção do trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Flávio Dutra de Resende, obrigada pelos valiosos ensinamentos acadêmicos e também pelos conselhos de vida, por me receber na instituição, pelo apoio e confiança para condução do experimento, e elaboração deste trabalho.

Ao professor, Dr. Gustavo Siqueira, muito obrigada pela orientação durante a condução do experimento.

Ao Pólo Regional da Alta Mogiana (APTA de Colina), por toda a estrutura e funcionários disponibilizados para que fosse possível a execução do projeto.

À todos os funcionários da APTA de Colina, Toizinho, Lori, Denilson, Luizinho, Roberto, Miltinho, Chico, Juninho, Antônio Carlos, Rogério, Néia e Sueli, obrigada pelo

auxílio, por todo apoio e suporte para a execução do projeto. À Regina e ao Rodolfo (Toga), obrigada pela disponibilidade e pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Produção de Ruminantes, GEPROR, Laylles, Karla, Amanda, Jéssica, Keuven, Luciana, Luís, Mateus, Mariana, Aline, Iorrano e Igor, obrigada por toda a ajuda durante a realização do experimento e pelos anos de convivência e troca de experiências. Aos estagiários, Matheus Queiroz e Gustavo, obrigada pela ajuda durante a fase experimental. Agradeço também a Gustavo Moura, pela ajuda e suporte em Jaboticabal quando precisei.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNESP de Jaboticabal e seus docentes pelos ensinamentos e oportunidade de realização do mestrado.

Aos membros das bancas de qualificação e defesa, Professora Dra. Ivanna de Moraes Oliveira, Professor Dr. Erick Batista e Dra. Isabela Pena, obrigada pelas contribuições para o aprimoramento do nosso trabalho.

À empresa Trouw Nutrition, por disponibilizar o suplemento para a realização do experimento.

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

MINHA ETERNA GRATIDÃO A CADA UM DE VOCÊS!!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Sustentabilidade na pecuária de corte brasileira	18
2.2 Forragem na transição águas-secas.....	20
2.3 Crescimento animal e suplementação a pasto	23
2.4 Metabolismo proteico em ruminantes	25
2.5 Nitrogênio não proteico na suplementação de ruminantes	27
2.6 Reciclagem de nitrogênio em ruminantes	30
2.7 Suplementação nitrogenada pós-ruminal.....	33
3. OBJETIVO	34
4. HIPÓTESE.....	34
5. MATERIAL E MÉTODOS	35
5.1 Localização e clima.....	35
5.2 Caracterização da área, animais, períodos e delineamento experimental.....	36
5.3 Suplementação e tratamentos	36
5.4 Avaliação da forragem	38
5.5 Determinação do valor nutritivo da forragem	39
5.6 Degradabilidade da matéria seca (experimento 1).....	40
5.7 Parâmetros ruminais (experimento 1).....	40
5.8 Parâmetros sanguíneos (experimento 1)	41
5.9 Desempenho animal (experimento 2)	41
5.10 Taxa de desaparecimento do suplemento (experimento 2)	42
6. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	42
7. RESULTADOS	43
7.1 Experimento 1: Metabolismo.....	43
7.1.1 Avaliação do pasto e valor nutritivo da forragem	43
7.1.2 Degradabilidade da matéria seca	46
7.1.3 Consumo de suplemento	47
7.1.4 Parâmetros ruminais.....	47
7.1.5 Parâmetros sanguíneos.....	52

7.2 Experimento 2: Desempenho.....	54
7.2.1 Avaliação do pasto e valor nutritivo da forragem	54
7.2.2 Desempenho animal	59
7.2.3 Taxa de desaparecimento do suplemento	62
8. DISCUSSÃO.....	63
9. CONCLUSÃO	69
10. REFERÊNCIAS	70



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "Uso de ureia de absorção pós-ruminal na suplementação de Bovinos Nelore durante a recria no período seco e período das águas", protocolo nº 3974/20, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Flávio Dutra de Resende, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 25 de agosto de 2020.

Vigência do Projeto	01/09/2020 a 01/07/2021
Espécie / Linhagem	Bovinos da raça Nelore
Nº de animais	129
Peso / Idade	315 kg / 1,5 a 3 anos
Sexo	Machos
Origem	Rebanho da Instituição (APTA – Colina)

Jaboticabal, 25 de agosto de 2020.

Fabiana Pilarski
Profª Drª Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

EFEITOS DA UREIA PÓS-RUMINAL NA TRANSIÇÃO ÁGUAS-SECA SOBRE O DESEMPENHO E PARÂMETROS RUMINAIS DE BOVINOS NELORE DURANTE A RECRIA

RESUMO – Objetivou-se avaliar os efeitos da utilização da ureia com absorção pós-ruminal, na suplementação de bovinos Nelore em crescimento recriados à pasto durante o período de transição águas-secas. Para o estudo, foram desenvolvidos dois experimentos, no experimento 1, foi avaliado os parâmetros ruminiais e sanguíneos, sendo utilizados 8 bovinos Nelore canulados no rúmen com peso corporal (PC) inicial de 763 ± 44 kg, distribuídos em um duplo quadrado latino 4×4 . No experimento 2, foram utilizados 120 bovinos Nelore com PC inicial de 380 ± 35 kg para avaliação do desempenho, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados (fator de blocagem o PC inicial). Foram avaliados os mesmos quatro tratamentos em ambos os experimentos: 1: (PV-U) (controle) = suplemento com 24% de proteína bruta (PB) contendo ureia como fonte de nitrogênio não proteico (NNP; 3%) e farelo de soja; Tratamento 2: (PV-PRU) = suplemento com 24% de PB contendo ureia de absorção pós-ruminal (PRU; 3,6%) e farelo de soja; 3: (NNP-U-PRU) = suplemento com 24% de PB contendo ureia + ureia de absorção pós-ruminal (U = 3% e PRU = 3,9%), sem farelo de soja; 4: (NNP-PRU) = suplemento com 24% de PB contendo ureia pós-ruminal (7,5%), sem farelo de soja. O suplemento foi ofertado em 3 g/kg PC por animal, diariamente, uma vez ao dia (10 hrs). Todos os animais foram mantidos em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o PROC MIXED do SAS, sendo os dados avaliados pelos seguintes contrastes: **C1** = PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU (Substituição do farelo de soja por NNP); **C2** = NNP-U-PRU vs NNP-PRU (nível baixo e alto de ureia pós-ruminal-PRU); **C3**= PV-U vs PV-PRU (Ureia convencional vs ureia pós-ruminal). Para os parâmetros ruminiais, o pH diferiu entre os tratamentos onde o farelo de soja foi substituído por NNP ($P=0,003$), apresentando média de pH de 6,75, já os suplementados com NNP, apresentaram média de 6,85. A concentração de nitrogênio amoniacal foi diferente entre os tratamentos com baixo e alto nível de ureia pós-ruminal ($P=0,04$), com médias de 6,37 e 7,85 mg/dL, e também entre os tratamentos

que compararam a ureia convencional versus a ureia pós-ruminal ($P=0,03$) com médias de 6,24 e 7,59 (mg/dL), respectivamente. A concentração total de ácidos graxos de cadeia curta, foi diferente entre os tratamentos no qual o farelo de soja foi substituído por NNP, com médias de 68,65 e 58,55 Mm ($P=0,00$), sendo diferente também entre os tratamentos que compararam baixo e alto nível de inclusão da ureia pós-ruminal, com médias de 59,5 e 57,6 Mm. A concentração de Isobutirato ($P=0,003$), valerato ($P=0,001$) e isovalerato ($P=0,001$), foram diferentes entre os tratamentos do contraste que avaliou a substituição do farelo de soja por NNP. Nos parâmetros sanguíneos, a ureia também foi diferente entre esses tratamentos que substituiu os farelo de soja por NNP, ($P=0,006$), apresentando média de 34,95 (mg/dL) para os tratamentos PV-U/PV-PRU e 31,41 (mg/dL) para NNP.U-PRU/NNP-PRU. O desempenho (PC final, ganho de peso e ganho por área), dos animais, foi diferente, sendo maior ($P=0,04$) em animais suplementados com farelo de soja, comparados ao NNP. O comportamento de consumo do suplemento também diferiu entre esses mesmos tratamentos ($P<0,01$), de forma que os suplementos PV-U e PV-PRU eram consumidos em um menor tempo quando comparado com os tratamentos NNP.U-PRU e NNP-PRU. A retirada do farelo de soja do suplemento e sua substituição seja pela junção da ureia convencional mais ureia pós-ruminal, ou somente pela ureia pós-ruminal compromete o desempenho dos animais. A utilização da ureia convencional ou pós-ruminal apresentam efeitos similares no desempenho e metabolismo animal, assim como os níveis de inclusão da ureia pós-ruminal.

Palavras-chave: Nitrogênio não proteico, Proteína verdadeira, Reciclagem de nitrogênio.

EFFECTS OF POSTRUMINAL UREA IN THE RAINY-TO-DRY TRANSITION ON PERFORMANCE AND RUMINAL PARAMETERS OF NELLORE CATTLE DURING GROWING PHASE

ABSTRACT - The objective was to evaluate the effects of the use of urea with post-ruminal absorption, in the supplementation of growing Nellore cattle reared on pasture during the dry-water transition period. For the study, two experiments were developed, in experiment 1, the rumen and blood parameters were evaluated, using 8 rumen-cannulated Nellore cattle with initial body weight (BW) of 763 ± 44 kg, distributed in a double Latin square 4×4 . In experiment 2, 120 Nellore cattle with initial BW of 380 ± 35 kg were used for performance evaluation, distributed in a randomized block design (blocking factor or initial BW). The same four treatments were evaluated in both experiments: 1: (PV-U) (control) = supplement with 24% crude protein (CP) containing urea as a source of non-protein nitrogen (NNP; 3%) and soybean meal; Treatment 2: (PV-PRU) = 24% CP supplement containing post-ruminal absorption urea (PRU; 3.6%) and soybean meal; 3: (NNP-U-PRU) = 24% CP supplement containing urea + post-ruminal absorption urea (U = 3% and PRU = 3.9%), without soybean meal; 4: (NNP-PRU) = supplement with 24% CP containing post-ruminal urea (7.5%), without soybean meal. The supplement was offered at 3 g/kg BW per animal, daily, once a day (10 hrs). All animals were kept on *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Statistical analyzes were performed using the SAS PROC MIXED, and the data were evaluated by the following contrasts: C1 = PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU (Soybean meal replacement by NNP); C2 = NNP-U-PRU vs NNP-PRU (low and high post-ruminal urea-PRU level); C3= PV-U vs PV-PRU (conventional urea vs post-immune urea). For ruminal parameters, the pH differed between treatments where soybean meal was replaced by NNP ($P=0.003$), with an average pH of 6.75, whereas those supplemented with NNP had an average of 6.85. The concentration of ammonia nitrogen was different between treatments with low and high levels of post-ruminal urea ($P=0.04$), with means of 6.37 and 7.85 mg/dL, and also between treatments that compared the conventional urea versus post-ruminal urea ($P=0.03$) with means of 6.24 and 7.59 (mg/dL), respectively. The total concentration of short-chain fatty acids was different between treatments in which soybean meal was replaced by NNP, with averages of 68.65 and

58.55 Mm ($P=0.00$), also being different between the treatments. Treatments that compared low and high post-ruminal urea inclusion levels, with means of 59.5 and 57.6 Mm. The concentration of Isobutyrate ($P=0.003$), valerate ($P=0.001$) and isovalerate ($P=0.001$) were different between the contrast treatments that evaluated the replacement of soybean meal by NNP. In blood parameters, urea was also different between those treatments that replaced soybean meal with NNP, ($P=0.006$), with an average of 34.95 (mg/dL) for the treatments PV-U/PV-PRU and 31 .41 (mg/dL) for NNP-U-PRU/NNP-PRU. The performance (final BW, weight gain and gain per area) of the animals was different, being higher ($P=0.04$) in animals supplemented with soybean meal, compared to NNP. Supplement consumption behavior also differed between these same treatments ($P<0.01$), so that PV-U and PV-PRU supplements were consumed in a shorter time when compared to NNP-U-PRU and NNP treatments. -PRU. The removal of soybean meal from the supplement and its replacement either by the addition of conventional urea plus post-ruminal urea, or only by post-ruminal urea, compromises the performance of the animals. The use of conventional or post-ruminal urea has similar effects on animal performance and metabolism, as well as post-ruminal urea inclusion levels.

Keywords: Nitrogen Recycling, Non-Protein Nitrogen, True Protein.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do processo evolutivo, as espécies animais desenvolveram a capacidade de conservar nitrogênio (Singer et al., 2003), para os ruminantes essa conservação possibilitou a sobrevivência, assim, tornaram-se capazes de colonizar diversas regiões do planeta consumindo dietas com baixo teor de proteína (Silva et al., 2019). Outro fator que contribuiu para a evolução dos ruminantes, foi a capacidade de utilização de nitrogênio não proteico (NNP) para a síntese de proteína microbiana, de alto valor biológico, dessa forma, o uso de fontes alternativas de nitrogênio se torna uma opção viável (Salman, 2008; Batista et al., 2017).

A conservação de nitrogênio (N) se dá por meio do processo de reciclagem na forma de ureia para o trato digestivo, ocorrendo principalmente por meio da saliva ou por difusão através da parede ruminal (Van soest, 1994; Abdoun et al., 2007). Em bovinos, cerca de 40 a 80% da ureia produzida no fígado pode retornar para o sistema gastrointestinal, sendo o rúmen o principal órgão de recebimento (Lapierre e Lobley, 2001). Esta reciclagem contribui para o metabolismo ruminal de N, tendo grande importância quando a dieta fornecida ao animal apresenta baixo teor de proteína.

Diversos trabalhos foram conduzidos ao longo do tempo, na tentativa do melhor entendimento sobre o processo de reciclagem de N, com o deslocamento do fornecimento de proteína, do rúmen para o abomaso, e sua real contribuição no metabolismo dos ruminantes, obtendo resultados positivos quanto à melhoria na eficiência do uso de nitrogênio (Egan, 1965; Weston e Hogan, 1967; Hogan e Weston, 1967; Little e Mitchell, 1967; Winter e Pigden, 1971; Batista et al, 2016; Carvalho et al., 2019; Oliveira et al., 2020). Esses dados indicam uma vantagem em se deslocar o fornecimento de N do rúmen para o abomaso/intestino, pois estimula a reciclagem de N e previne os efeitos deletérios do acúmulo de amônia no rúmen.

Todos esses trabalhos citados foram realizados por meio de infusões diretas de proteína no rúmen, abomaso ou duodeno, não sendo constatado na literatura o uso de uma fonte de ureia pós-ruminal adicionada à dieta, como a utilizada no presente trabalho, também não há relatos de pesquisas realizadas avaliando o desempenho de animais suplementados com ureia pós-ruminal.

A ureia com absorção pós-ruminal consiste em uma fonte de ureia encapsulada com reduzida liberação ruminal, cerca de 30% dessa ureia será degradada no rúmen,

e o restante (70%) nos compartimentos pós-ruminais, dessa forma, a sua utilização potencializará a reciclagem de nitrogênio contribuindo para o metabolismo ruminal. Logo, é necessário estudos para avaliar o uso dessa fonte de nitrogênio em diferentes formulações de suplementos para o uso durante a recria a pasto, no período de transição águas-secas.

Tradicionalmente, a pecuária de corte brasileira é caracterizada pela criação de animais a pasto, sendo as forragens tropicais a principal fonte de alimento para o rebanho (Carvalho e Zen, 2017). No entanto, raramente elas podem apresentar uma dieta balanceada, pois oferecem algumas restrições nutricionais, que variam ao longo do ano em consequência do déficit hídrico e da idade fenológica de planta (Paulino et al., 2008). Sendo o teor de proteína bruta, uma das principais características afetadas, por esse déficit (Franco et al., 2021).

Dessa forma, para otimização do desempenho animal, faz-se necessário a formulação de suplementos que potencializem o fornecimento de proteína para o animal. Uma forma de potencialização do aporte de proteína metabolizável é o fornecimento de fontes proteicas não degradadas no rúmen (Poppi e McLennan, 1995), uma vez que o fornecimento de fontes prontamente degradadas no rúmen, como a ureia convencional por exemplo, pode não favorecer a relação proteína microbiana e energia metabolizável, resultando em redução no consumo voluntário pela elevação do metabolismo hepático, da amônia sanguínea e intracelular, que leva à sensações de mal-estar nos animais (Detmann et al., 2007).

A partir do exposto, tornam-se necessários estudos para compreender o uso de ureia pós-ruminal, na alimentação de bovinos Nelore na fase de recria à pasto, com diferentes formulações de suplemento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sustentabilidade na pecuária de corte brasileira

O impacto ambiental corresponde a qualquer atividade humana que direta ou indiretamente cause alterações do meio ambiente, visto isso, conhecer e compreender a dinâmica ambiental é fundamental, para que se possa realizar o manejo adequado dos recursos e explorar as suas potencialidades. É constantemente enfatizado a conscientização mundial a respeito da sustentabilidade e preservação, o crescimento da população mundial traz desafios cada vez maiores, no tocante a produção de alimentos de forma compatível com a disponibilidade dos recursos naturais (Abadias et al., 2020).

A pecuária de corte brasileira, tem sido frequentemente questionada quanto a sua sustentabilidade, por ser considerada uma atividade que causa inúmeros impactos ambientais tais como: emissão de gases de efeito estufa, desmatamento, degradação do solo, entre outros. Entretanto existem tecnologias economicamente viáveis e disponíveis capazes de reduzir os impactos ambientais, como: sistemas integrados de produção, adubação de manutenção de pastagens, recuperação de pastagens, boas práticas de produção, produção de novilho precoce, entre outras (Malafaia et al., 2019).

O uso da terra vem sendo modificado ao longo dos anos, a tecnificação da pecuária tem contribuído para a redução das áreas de pastagens, e aumento da produtividade mesmo com uma redução da área, a adoção de processo de gestão e melhorias da produtividade por meio do uso de tecnologias são fundamentais nesse processo de mudança (Santos et al., 2022).

A produção de bovinos no Brasil, em sua grande maioria, é baseada no uso de plantas forrageiras como fonte de alimento para os rebanhos, esse pasto tem potencial para a mitigação de gases de efeito estufa (GEE) devido à alta produção de massa verde, que pode incrementar o sequestro de carbono (CO₂), de forma que acaba retirando esse GEE da atmosfera (Oliveira et al., 2020). A adoção de sistemas como a integração lavoura pecuária floresta (ILPF), o melhor aporte nutricional dos animais, a recuperação das áreas degradadas de pastagens e o desenvolvimento de

novas tecnologias aliadas a nutrição, vem buscando reduzir o impacto ambiental causado pela produção pecuária (Dias et al., 2020).

Outro gás de importância ambiental produzido pela pecuária de corte é o metano (CH_4). O melhor desempenho animal, por meio do uso de tecnologias, melhoramento genético e estratégias nutricionais já possibilitam a redução das emissões de CH_4 , como exemplo temos o uso de aditivos, que inibem populações microbianas no rúmen que produzem o CH_4 , o manejo correto das pastagens, que resulta em maior digestibilidade, conseqüentemente menor produção de metano na fermentação ruminal, todas essas alternativas reduzem o tempo do ciclo pecuário, dessa forma menos GEE são emitidos na atmosfera ao longo da vida do animal (De Souza Filho et al., 2019; Zubieta et al., 2021).

A adoção de estratégias para a intensificação da produção pecuária de forma sustentável depende do conhecimento de todos os elos da cadeia produtiva. A utilização de plantas forrageiras, associadas ao fornecimento de suplemento, aumentam a eficiência de utilização de nutrientes de forma que proporcionam um aumento no desempenho e ganho por área dos animais, reduzindo assim a idade de abate, sendo possível produzir mais em menor tempo e área (Cardoso et al., 2020).

O uso de nitrogênio não proteico como a ureia na suplementação de bovinos é uma realidade nos nossos sistemas de produção, no entanto, a ureia pode levar ao excesso de nitrogênio disponível para o animal pela sua rápida hidrólise no ambiente ruminal, esse excedente será excretado via urina e fezes podendo causar impactos ambientais (Cardoso et al., 2020). Portanto, a busca por novas tecnologias aliadas a suplementação são cruciais para a sustentabilidade da atividade.

A ureia de absorção pós-ruminal é uma tecnologia que surge com o intuito de otimizar o uso do nitrogênio pelo animal, com o deslocamento do local de absorção do rúmen para os compartimentos pós-ruminais, de forma que aumente a eficiência de utilização de N pelo animal. Trabalhos conduzidos ao longo do tempo deslocamento do fornecimento de proteína, do rúmen para o abomaso, mostraram resultados positivos quanto à melhoria na eficiência do uso de nitrogênio, e digestibilidade da fibra pelos animais (Egan, 1965; Carvalho et al., 2019; Oliveira et al., 2020).

Dessa forma, pesquisas sobre o uso de tecnologias inovadoras, como a proposta no presente trabalho, que possibilite uma maior eficiência de utilização do nitrogênio reduzindo as perdas desse N para o ambiente são de extrema relevância. A intensificação da pecuária de corte a pasto possibilita a sustentabilidade da atividade, aumentando os benefícios econômicos, sociais e ambientais, a suplementação desses animais possibilita o aumento de ganho de peso por área utilizada, garantindo assim produção de proteína animal em larga escala de maneira mais sustentável.

2.2 Forragem na transição águas-secas

Nas regiões tropicais, as gramíneas forrageiras constituem a base da alimentação dos rebanhos bovinos, sendo os pastos a principal e mais econômica fonte de nutrientes para os ruminantes. No entanto, essas gramíneas apresentam limitações relacionadas à qualidade e quantidade de nutrientes disponíveis (Zervoudakis et al., 2010). Logo, as gramíneas tropicais não devem ser consideradas como uma dieta equilibrada para os animais em pastejo, por apresentarem limitações nutricionais, que culminarão em restrições sobre o consumo e digestão da forragem (Detmann et al., 2014a). Sendo assim, para que ocorra a intensificação da pecuária de corte é necessária a adoção de tecnologias eficientes e de fácil aplicação no campo, que possam contribuir de maneira satisfatória com os sistemas produtivos e nas diferentes fases e estações.

Atualmente, destaca-se no Brasil forragens do gênero *Urochloa*, estimando-se que cerca de 85% da área de pastagens formadas no país sejam ocupadas por espécies desse gênero por apresentarem boa adaptabilidade às condições edafoclimáticas tropicais (Paulino e Teixeira, 2009). Dentre as várias espécies cultivadas a mais difundida é a *Urochloa brizantha*, sendo a cultivar Marandu (capim-marandu) mais utilizada, somando cerca de 60 milhões de hectares (Medica et al., 2017).

Na estação seca do ano, as forragens tropicais apresentam alta lignificação da parede celular e baixas concentrações de proteína bruta (PB), geralmente abaixo de 7%, que é o valor mínimo necessário para que ocorra adequada fermentação ruminal

(Van soest, 1994). Valores abaixo do mínimo necessário acabam comprometendo a degradação da fibra por restringir o crescimento microbiano no rúmen (Franco et al., 2021). Já no período chuvoso, as forragens tropicais apresentam um desbalanceamento na relação energia-proteína, havendo excesso de energia, pela melhor qualidade da forragem (Detmann et al., 2014b).

Devido às mudanças sazonais, em decorrência das chuvas, o ciclo de vida das plantas forrageiras passa por modificações, dessa forma os manejos que visem a otimização da produção não podem ser vistos apenas com enfoque nos períodos de secas e águas, existem as fases transitórias (águas-secas e secas-águas), no qual, também devem ser aplicadas estratégias nutricionais que visem maximizar o desempenho animal (Machado, 2009). No período de transição águas-secas as chuvas vão diminuindo e o valor nutritivo do pasto sofre redução, ocorrendo aumento dos teores de fibra, afetando a digestibilidade o consumo de matéria seca e o consumo voluntário dos animais (Sales et al., 2008).

As plantas também passam por alterações morfofisiológicas ao longo do tempo devido às condições hídricas (alteração na relação folha:caule, material vivo e senescente), dessa forma ocorrem mudanças na estrutura do pasto influenciadas pelas características ambientais como a fertilidade do solo, temperatura e manejo do pasto (Paulino et al., 2002).

A avaliação da composição química da forragem é fundamental para indicação da necessidade de suplementação da dieta (Velásquez et al., 2010). Com o avanço da idade fisiológica da planta aumentam os percentuais de celulose, hemicelulose e lignina, ocorrendo uma redução dos nutrientes potencialmente digestíveis, como os carboidratos solúveis, proteínas, minerais e vitaminas (Reis et al., 2012).

O fracionamento de carboidratos é utilizado para avaliar a quantidade de nutrientes disponíveis dando suporte para a fermentação ruminal realizada pelos microrganismos (Rodrigues e Vieira, 2011). Sendo classificados de acordo com a taxa de degradação no rúmen, em fração A, que compreende açúcares solúveis; fração B₁, de rápida degradação no rúmen, composto por amido e pectina, que apresentam degradação intermediária; fração B₂, fermentada lentamente no rúmen, composta principalmente por celulose e hemicelulose; e fração C, que corresponde à fibra indigestível (Sniffen et al., 1992).

De acordo com Velásquez et al. (2010), avaliando o valor nutritivo da *Urochloa brizantha* (capim-marandu) em duas épocas do ano, de janeiro-março e abril-junho, observaram que no período de janeiro-março ocorre um aumento nos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas e fibra em detergente ácido, em decorrência da maturação dos tecidos da planta, ocorrendo um aumento das frações de carboidratos totais e da fração B₂ (lentamente degradada no rúmen). Já no período de abril-junho ocorre um aumento nos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas, fibra em detergente ácido, carboidratos totais, lignina e frações B₂ e C (fibra indigestível) e redução nos teores de carboidratos não-fibrosos.

Assim, no período de transição águas-secas a planta inicia o processo de amadurecimento, aumentando a proporção de forragem senescente, de forma que a seleção da forragem realizada pelos bovinos também aumenta, fator este que pode culminar em redução do consumo e conseqüentemente ganho de peso dos animais (Roth et al., 2018).

Ramalho (2006) verificou o efeito da variação climática sobre o desempenho de bovinos cruzados mantidos em pastagens tropicas e suplementados, foram observados ganhos médios de 1,105 kg/dia no período de janeiro a abril, e 0,416 kg/dia no mês de maio, para animais recebendo suplemento proteico (0,6% do peso corporal (PC), as explicações para a redução do desempenho dos animais foram atribuídas à redução na massa de forragem e redução no teor de proteína de 17,4% de janeiro a abril, para 11% de proteína bruta (PB) no mês de maio.

Roth (2012) avaliando o ganho médio diário de bovinos Nelore a pasto, durante a primavera, verão e o outono, observou menor ganho de peso dos animais durante o outono independentemente do tipo de suplemento alimentar de forma que, durante o período de setembro a abril os animais tiveram ganho de 0,709 kg/dia, e de abril a junho, ganho de 0,594 kg/dia, dessa forma, a redução no desempenho dos animais pode ser relacionada com as características da forragem, alimento basal destes animais. Assim, a redução do desempenho dos animais no outono, que é o período que caracteriza a transição de águas para seca, está relacionada às variações morfológicas e à diminuição do valor nutritivo da forragem, refletindo diretamente no ganho de peso dos animais.

Homem et al. (2021a), avaliaram o ganho médio diário de peso de bovinos Nelore recebendo suplemento mineral a pasto, durante a primavera, verão e outono, os autores relataram menores ganho de peso durante o outono, com ganho médio de 0,453 kg/dia, já durante a primavera e verão os ganhos foram de 0,761 e 0,577 kg/dia respectivamente, sendo relatado também queda na qualidade do pasto, devido as mudanças ao longo das estações, visto que a PB do pasto passou de 12,6% na primavera para 9,15% no outono (Homem et al., 2021b).

Assim, o conhecimento sobre a composição química da planta forrageira e a sua variação ao longo do ano é fundamental, dando maior aporte para a escolha da suplementação adequada de acordo com a época do ano, e a categoria animal, de forma que podem ser traçadas estratégias de suplementação que visem maximizar o desempenho animal, seja no período das águas, de secas ou durante as fases de transições.

2.3 Crescimento animal e suplementação a pasto

O aumento da eficiência da produção de bovinos a pasto, passa pela intensificação dos sistemas de produção, de forma que a adoção de novas tecnologias favorece esse desenvolvimento. A suplementação desses animais a pasto visa suprir deficiências nutricionais que retardam o crescimento animal, atendendo suas exigências e melhorando o seu desempenho (Goes et al., 2005). Além de promover melhorias no acabamento de carcaça e na qualidade da carne, dessa forma permite reduzir o tempo de abate, aumentar a taxa de desfrute e o giro de capital, seja na fase de recria ou terminação (Reis et al., 2009; Alves Neto et al., 2018).

Segundo Owens et al. (1993), o crescimento animal ocorre por meio de hiperplasia, com o aumento no número de células, ou por hipertrofia, aumento no tamanho das células existentes. A curva de crescimento em ruminantes é composta por diferentes fases, de forma que, a deposição de tecidos, ou componentes corporais, ocorre em diferentes tempos, sendo o tecido neural o primeiro a se desenvolver no animal seguido pelo crescimento do tecido ósseo, muscular e o tecido adiposo (Owens et al., 1993).

Na fase de crescimento embrionário todos os tecidos crescem por hiperplasia, porém, após o nascimento alguns tecidos como nervos e células do músculo esquelético passam a crescer apenas por hipertrofia ou incorporação de células satélites (Allen et al., 1979). No entanto, existem outros tecidos, como os dos órgãos que fazem parte do sistema digestivo, as células do sangue e aqueles presentes na ectoderme que continuam com capacidade de multiplicação por toda a vida do animal (Owens et al., 1993).

O crescimento animal apresenta duas fases, sendo uma representada pela fase pré-pubere, no qual o crescimento se apresenta de forma mais acelerada, e outra pós-púbere. Na puberdade o crescimento animal muda de padrão, ocorrendo alterações na deposição dos tecidos na carcaça, já durante a fase adulta o animal diminui o crescimento muscular e ósseo, e o ganho de peso passa a ser pela deposição de gordura (Owens et al., 1993).

Durante a fase de recria deve-se explorar ao máximo o potencial de ganho de peso dos animais, uma vez que os mesmos apresentam uma boa conversão alimentar (Fernandes et al., 2004). No entanto, a variação existente ao longo do ano na composição nutricional da forragem consumida, pode afetar o crescimento desses animais, devendo ser traçadas estratégias alimentares para garantir o máximo desempenho animal, sendo necessário o uso de nutrientes suplementares. Dessa forma, para a aplicação de tecnologias nutricionais, em sistemas nos quais os animais são mantidos a pasto, deve-se compreender a interação entre forragem e suplemento (Detmann, et al., 2014c).

O planejamento para a suplementação de animais a pasto deve ter como base a utilização de suplementos de acordo com duas fases teóricas nutricionais distintas, de forma que, na primeira fase deve-se maximizar o uso do pasto, possibilitando que os custos de produção sejam reduzidos, na segunda fase os suplementos são adicionados ao sistema para atingir a produção planejada, como redução da idade de abate por exemplo (Detmann et al., 2014c).

Segundo Zervoudakis et al. (2010), para promover o crescimento contínuo dos animais durante a fase de recria, em sistemas de produção de novilhos superprecoces a pasto, é necessário garantir níveis de desempenho superiores a 700 g/dia durante

essa fase, devendo ser utilizadas estratégias de suplementação no período de transição águas-secas para garantir esse ganho.

Barbosa et al. (2007) trabalhando com novilhos cruzados, durante o período de transição águas-secas, consumindo suplemento mineral (0,1% do PC) ou suplemento proteico energético (0,3% do PC), com diferentes níveis de proteína, observaram maior ganho de peso quando os animais foram suplementados com suplemento proteico energético, com média de ganho de peso de 0,701 kg/dia, já os animais que consumiram suplemento mineral obtiveram ganho de 0,535 kg/dia, sendo recomendada a suplementação proteico energética durante o período de transição águas-secas.

Logo, para a prática da pecuária de ciclo curto, baseada no uso de pastagens, aspectos importantes como, mérito genético, sanidade, composição dos suplementos fornecidos e disponibilidade de forragem são essenciais, uma vez que as características nutricionais do pasto associadas ao fornecimento de suplemento, tem como objetivo principal aumentar o consumo de energia metabolizável (EM), por meio do consumo e digestão da forragem e do suplemento (Paulino et al., 2004).

Dessa forma as estratégias de suplementação devem propiciar a otimização da digestão e metabolismo da forragem, e não o atendimento de todas as exigências via suplemento (Paulino et al., 2004). Então, para serem traçadas estratégias eficientes que visem a intensificação da produção pecuária, a identificação das limitações nutricionais do pasto é fundamental, de forma que essas deficiências devem ser reduzidas ou eliminadas por meio do uso adequado da suplementação. Sendo assim, os programas de suplementação são mecanismos que visam reduzir os entraves nutricionais (objetivo primário) para que se obtenha maiores metas de produção (objetivo secundário) (Detmann et al., 2014a).

2.4 Metabolismo proteico em ruminantes

As proteínas desempenham diversas funções no organismo animal, fazendo parte da composição de tecidos estruturais, enzimas, hormônios, receptores hormonais e composição do material genético (Rotta et al., 2016). A proteína ingerida pelos ruminantes pode ser classificada como proteína degradada no rúmen (PDR) e

proteína não degradada no rúmen (PNDR). Quanto ao nitrogênio presente no rúmen, este pode ter origem endógena, sendo proveniente da ureia reciclada, da descamação epitelial, da morte das células microbianas, além da excreção de metabólitos dos microrganismos, já o nitrogênio exógeno é originário de proteínas verdadeiras e nitrogênio não proteico (Rech et al., 2013) advindos da dieta.

O primeiro passo para a degradação de proteínas no rúmen é a aderência e colonização das partículas de alimentos pelas bactérias, seguido da atividade das proteases, peptidases e deaminases, secretadas pelos microrganismos ruminais (Bach et al., 2005). A maior parte do nitrogênio consumido pelos animais é convertido em amônia, dessa forma cerca de 40 a 100% do nitrogênio bacteriano é derivado da amônia. A maior parte das bactérias ruminais utilizam amônia para a síntese de seus compostos nitrogenados, principalmente para as que degradam carboidratos fibrosos, sendo, a amônia fundamental para o seu crescimento (Kozloski, 2019).

A proteína no rúmen é degradada pela ação das enzimas secretadas pelos microrganismos, a PDR fornece peptídeos, aminoácidos e amônia para a síntese de proteína microbiana, devendo ocorrer equilíbrio entre a velocidade de degradação ruminal da proteína e a utilização dos compostos nitrogenados, pois o excesso de amônia produzida no rúmen pode ser perdido via urina na forma de ureia (Santos e Pedrosa, 2011). A digestão pós-ruminal das proteínas tem início no abomaso por meio da ação da pepsina, seguindo para a digestão intestinal por meio da ação das enzimas pancreáticas, dando origem aos aminoácidos, monossacarídeos e oligopeptídeos, que serão absorvidos no intestino delgado (Kozloski, 2019).

A proteína contida nos alimentos pode ou não ser degradada no rúmen, sendo a fração degradada utilizada pelos microrganismos para multiplicação celular, dando origem à proteína microbiana, no entanto é necessário energia disponível para que ocorra a multiplicação celular, e, os carboidratos são a principal fonte de energia para as bactérias (Casper et al., 1999). Dessa forma, para que ocorra adequada produção de proteína microbiana, uma série de inter-relações, envolvendo diversos microrganismos no ambiente ruminal precisa ocorrer (Salazar et al., 2008).

As bactérias que degradam carboidratos fibrosos utilizam principalmente amônia para síntese de suas proteínas, sendo dependentes do nível de nitrogênio amoniacal presente no ambiente ruminal (Kozloski, 2019), sendo assim a otimização

entre os carboidratos fibrosos e a proteína degradada no rúmen é fundamental para maximizar a produção de proteína microbiana (Salazar et al., 2008). Nesse aspecto a reciclagem de nitrogênio tem papel fundamental pois desempenha papel importante no fornecimento de N para o rúmen, de forma regular e contínua ao longo do tempo (Valkeners et al., 2004).

Fatores como a composição física e química da proteína, podem afetar a sua degradação no rúmen (Santos e Pedrosa, 2011), sendo então necessário o conhecimento em relação as frações proteicas para que ocorra adequada formulação dos suplementos, para atender as exigências nutricionais dos animais. De acordo com Sniffen et al. (1992), a proteína dos alimentos é dividida em 5 frações, sendo a fração A, representada pelo nitrogênio não proteico (NNP), e solubilizada instantaneamente no rúmen; a fração B₁, composta por uma pequena parcela de proteína solúvel total, sendo constituída por globulinas e albuminas, com taxa de degradação de 120 a 400% por hora; a fração B₂, compreende glutelinas e albuminas, com taxa de degradação de 3 a 16% por hora; a fração B₃ é composta por glicoproteínas presentes na parede celular, com taxa de degradação de 0,06 a 0,55% por hora; a fração C, é a fração de proteína ligada a lignina e não é degradada no rúmen.

2.5 Nitrogênio não proteico na suplementação de ruminantes

A população microbiana ruminal é responsável pelo aproveitamento das forragens pelos bovinos, a atividade desses microrganismos sobre os compostos fibrosos é dependente dos níveis de compostos nitrogenados presentes no meio ruminal. Em gramíneas tropicais são encontradas elevadas proporções de nitrogênio insolúveis em detergente neutro, que apresentam lenta ou incompleta degradação, o que pode levar a carências de compostos nitrogenados no rúmen, limitando assim a produção de proteína microbiana e, conseqüentemente, a degradação dos compostos fibrosos das forragens (Costa et al., 2011).

O uso de suplementos contendo nitrogênio não proteico (NNP) na alimentação de ruminantes favorece a síntese de proteína microbiana, proteína de alto valor biológico (Detmann et al., 2011). Essa proteína pode representar cerca de 50 a 80%

da proteína absorvida no intestino (Bach et al., 2005). O NNP é um composto que pode ser utilizado pelos microrganismos ruminais, apresentando equivalente proteico de menor custo em relação às fontes proteicas verdadeiras de origem vegetal (farelo de soja, por exemplo).

O uso de compostos nitrogenados na suplementação animal, é a principal ferramenta para se obter aumento da eficiência de uso do nitrogênio (EUN), envolvendo a adequação das condições dietéticas e principalmente metabólicas (Detmann et al., 2020). A maior disponibilidade de compostos nitrogenados para o metabolismo animal propiciará um aumento da EUN, aumentando o anabolismo, e reduzindo o catabolismo proteico, que resultará em maior deposição líquida de compostos nitrogenados na forma de produto, então, considerando a composição do pasto, o fornecimento de compostos nitrogenados de maneira adequada, levará ao aumento da eficiência de produção (Detmann et al., 2020).

A ureia é um composto orgânico solúvel em água e higroscópico, pertencente ao grupo dos compostos de NNP. Em 1879, Weiske verificou a capacidade dos ruminantes, de converterem o NNP em proteína microbiana (Rodrigues, 2003; Guimarães Júnior et al., 2007).

A ureia é amplamente utilizada na nutrição de ruminantes principalmente pela sua disponibilidade no mercado e baixo custo. No ambiente ruminal, se dissolve rapidamente, sendo hidrolisada até amônia por meio da enzima urease sintetizada pelas bactérias ruminais (Helmer e Bartley, 1971). Entre uma e duas horas após a sua ingestão ocorre um pico de amônia no rúmen, sendo 100% solúvel, dessa forma para a inclusão da ureia na dieta animal deve-se considerar a composição da forragem disponível (Valadares Filho et al., 2015) e também a adaptação do animal a este ingrediente.

A rápida liberação de amônia no ambiente ruminal exige uma sincronia entre o nitrogênio e a energia proveniente da dieta, caso contrário ocorrerá excesso de amônia que não será utilizada de forma eficiente pelos microrganismos, o que leva a um aumento do pH ruminal favorecendo a absorção acima da capacidade de processamento hepático, podendo ocasionar uma sobrecarga de nitrogênio amoniacal no fígado, que levará a um maior gasto de energia para excreção da ureia

via urina (Oliveira et al., 2001). Assim, uma fonte de ureia pós-ruminal seria mais seguro para a utilização na formulação de suplementos.

Portanto, a quantidade de ureia utilizada nas dietas de animais ruminantes é limitada, além do mencionado acima, esse excesso de nitrogênio pode ainda causar impactos ambientais sendo excretado via fezes e urina, sendo esse nitrogênio urinário excretado na forma de ureia, que será hidrolisado até amônia e posteriormente até nitrato, que pode ser convertido até óxido nítrico (N_2O), sendo um gás nocivo ao meio ambiente (Cherdthong e Wanapat, 2010). Dessa forma, o melhor aproveitamento da ureia e o uso de fontes de NNP que diminuam estes problemas são recomendados.

A ureia no ambiente ruminal é hidrolisada pela ação da uréase, sendo convertida em amônia e dióxido de carbono, a amônia livre (proveniente da hidrólise da ureia) é utilizada pelos microrganismos ruminais juntamente com esqueletos de carbonos advindos da degradação dos carboidratos, sendo utilizada principalmente por bactérias fibrolíticas para produção das suas proteínas (Cecava et al., 1991).

Para o aproveitamento das forragens, os bovinos dependem da atividade dos microrganismos ruminais, a amônia (NH_3) presente no ambiente ruminal deve estar entre os valores de 4 a 5 mg/dL para o adequado crescimento microbiano (Satter e Slyter, 1974). Valores abaixo limitam a produção de proteína microbiana, e conseqüentemente a atuação das bactérias na degradação dos carboidratos fibrosos (CF), uma vez que bactérias que degradam CF são dependentes de amônia para a síntese de suas proteínas (Kozloski, 2019). Já de acordo com Detmann et al. (2009), são necessários de 8 a 15 mg/dL de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal para que se maximize a produção microbiana no rúmen de bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade.

O baixo teor de proteína apresentado pelas forragens em algumas épocas do ano pode influenciar o crescimento microbiano no rúmen, dessa forma a suplementação com ureia melhoraria a digestibilidade da fibra, no entanto a sua rápida hidrólise no rúmen reduz a eficiência da utilização de N pelos microrganismos (Carvalho et al., 2019).

2.6 Reciclagem de nitrogênio em ruminantes

A compreensão do metabolismo de nitrogênio aliado aos modelos nutricionais em animais ruminantes é um desafio, principalmente quanto à previsão precisa da produção de proteína microbiana, e o melhor entendimento sobre a reciclagem de nitrogênio para o rúmen. Dessa forma faz-se necessário maior compreensão desses mecanismos para melhoria da eficiência de produção (Silva et al., 2019).

A captação da amônia pelas células bacterianas pode ser realizada por diferentes enzimas, a depender dos níveis de concentração de amônia no fluido ruminal. Em baixas concentrações de amônia no rúmen, a sua fixação pelas bactérias pode ser feita por meio do sistema glutamina sintetase-glutamato sintase, havendo gasto de um 1 mol de ATP (Adenosina Trifosfato) para incorporar 1 mol de amônia em uma molécula de glutamato, formando a glutamina, em sequência a glutamina doa um grupo amida para o α -cetoglutarato formando 2 glutamatos (Kozloski, 2019).

Em altas concentrações de amônia no ambiente ruminal, não há necessidade de gasto de ATP, sendo utilizado a enzima glutamato desidrogenase que utiliza o NADH ou NADPH para doar hidrogênios e assim realizar a incorporação da amônia em um α -cetoglutarato formando um glutamato, o qual é utilizado como base de formação dos aminoácidos para a síntese proteica pelas bactérias do rúmen (Erfle, Sauer e Mahadevan, 1977).

A maior parte dos compostos nitrogenados ingeridos são degradados pelos microrganismos, liberando amônia, onde grande parte será incorporada nos compostos nitrogenados microbianos, outra parte será absorvida pelo epitélio ruminal entrando na circulação portal. A amônia é um composto tóxico para o animal ruminante, por ter afinidade com a hemoglobina, transformando-se em metahemoglobina que tem baixa eficiência de transporte de oxigênio, dessa forma é convertida em ureia pelo fígado, onde segue para a excreção via urina ou reciclagem principalmente pela saliva, ou difusão direta no rúmen ou lúmen intestinal (Muscher et al., 2010).

A concentração de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) está entre um dos mecanismos que regulam a reciclagem de ureia para o rúmen, dessa forma concentrações baixas no ambiente ruminal estimulam a maior taxa de transferência

da ureia para o meio ruminal, sendo assim a intensificação ou redução da transferência de ureia para o rúmen acaba sendo controlada pela concentração de nitrogênio amoniacal no rúmen (Cheng e Wallace, 1979).

Um dos principais problemas quanto ao uso de ureia ou outras fontes de NNP na alimentação de ruminantes, é sua rápida hidrólise no ambiente ruminal pelos microrganismos ureolíticos. Após a ingestão da ureia na dieta o pico de amônia no rúmen ocorre entre 1 e 2 horas, com o aumento da concentração da $N-NH_3$ ocorre um aumento na taxa de absorção pela parede ruminal, o aumento nas concentrações de $N-NH_3$ no sangue afeta o metabolismo intermediário influenciando a secreção de insulina e a utilização da glicose (Santos, 2011).

A intoxicação por amônia é observada quando a concentração no sangue está acima de 2 mg/dL. A amônia na circulação atravessa a barreira hemato-encefálica, que ao contrário do tecido hepático, não é capaz de detoxificar a $N-NH_3$ em ureia, ocorrendo a intoxicação por amônia resultante dos efeitos tóxicos no sistema nervoso central, a retirada do $N-NH_3$ da veia porta pelo fígado para a síntese de ureia reduz as concentrações de nitrogênio amoniacal mantendo as concentrações compatíveis com a atividade celular (Santos, 2011).

As reações envolvidas na conversão da amônia em ureia ocorre por meio do ciclo da ureia. Nos animais ruminantes, da ureia sintetizada no fígado cerca de 33% é excretada na urina, e 67% retorna para o trato digestivo via saliva ou via transepitelial, sendo do nitrogênio reciclado cerca de 10% excretado nas fezes, 40% é reabsorvido como amônia e 50% utilizado para a síntese de proteína microbiana (Figura 1, Lapierre e Lobley, 2001).

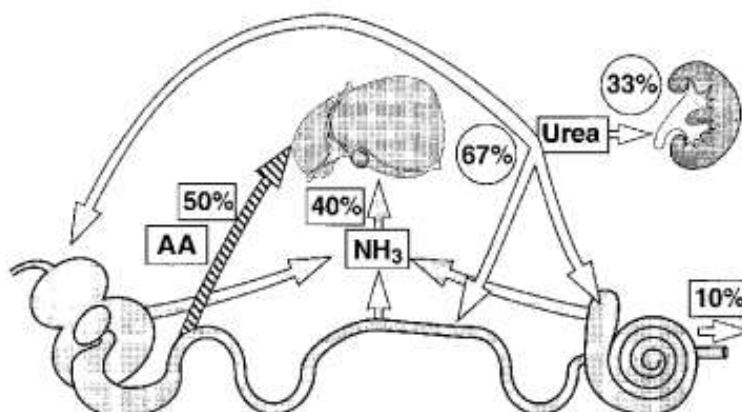


Figura 1: Representação da reciclagem de nitrogênio. Adaptado de Lapierre e Lobley (2001).

A reciclagem de N garante suprimento contínuo deste elemento para o crescimento microbiano, em condições de baixas concentrações de compostos nitrogenados na dieta, haverá menor deposição de N na forma de tecidos, ocorrendo uma maior porcentagem do N ingerido direcionado para a reciclagem (Detmann et al., 2014a; Detmann et al., 2014b). Nessas condições, o animal também pode reduzir as perdas de N via urina, o que acaba comprovando que existe uma relação entre a alimentação e a excreção de nitrogênio (Li et al., 2019).

Em um compilado de trabalhos analisados por Silva et al. (2019), observou-se que a reciclagem de nitrogênio sofre alterações de acordo com a proporção de ingestão de PDR como proteína bruta. Em dietas ricas em proteína essa proporção parece ser estável em aproximadamente 50 g de proteína bruta reciclado a 100 g de PDR consumida, havendo um equivalente de N reciclado para o trato gastrointestinal (TGI) de aproximadamente 50% da ingestão de PDR, mesmo em dietas com excesso de ingestão de PDR. Já para dietas com baixo teor de proteína a reciclagem de N pode fornecer duas vezes mais N para o TGI do que a PDR ingerida na dieta.

Em um estudo meta-analítico realizado por Batista et al. (2017), avaliando a cinética da ureia e o uso pelos microrganismos do N reciclado, concluiu que a quantidade de nitrogênio proveniente da ureia sintetizada pelo fígado e reciclada para a trato gastrointestinal (TGI) foram linearmente relacionados ao consumo de N, logo,

a reciclagem da ureia para o TGI e a assimilação microbiana do N da ureia reciclado em ruminantes podem ser previstas usando o conteúdo de PB da dieta.

Assim, tendo em vista a capacidade natural do animal ruminante em reciclar nitrogênio, pesquisas são necessárias para melhor compreensão sobre o local de fornecimento de N, que possibilite um incremento na reciclagem de nitrogênio aumentando assim a sua eficiência de utilização.

2.7 Suplementação nitrogenada pós-ruminal

O local de absorção do N pode influenciar a eficiência de utilização do nitrogênio, assim como a sua excreção e reciclagem, quando a quantidade de PNDR é aumentada pode ocorrer uma diminuição na excreção de N, melhorando a sua eficiência de utilização, assim, o nitrogênio fornecido pós-rúmen pode aumentar o consumo de forragem (Carvalho et al., 2019), sendo uma alternativa para a melhor eficiência de utilização do N.

Wickersham et al. (2004), avaliaram a infusão de caseína no rúmen e abomaso, de novilhos recebendo feno de baixa qualidade, onde a infusão pós-ruminal aumentou a ingestão e digestibilidade total da matéria orgânica. Adicionalmente, a combinação de suplementação ruminal e pós-ruminal de proteína melhorou a utilização da forragem, podendo essa melhoria ser atribuída a reciclagem de nitrogênio, e a outros efeitos relacionados com a melhoria da utilização do nitrogênio.

Swanson et al. (2004), analisaram a infusão ruminal e abomasal de caseína em ovinos alimentados com feno de baixa qualidade, e concluíram que a suplementação pós-ruminal aumentou a retenção de nitrogênio, melhorando a eficiência de utilização de N, quando comparado com a PDR, sem influenciar na digestão de nutrientes.

Estudos realizados por Egan e Moir (1965), concluíram que a administração de fontes de NNP direto no duodeno parece influenciar a ingestão de alimentos, pelo mecanismo da reciclagem de nitrogênio, uma vez que os resultados mostram um retorno do nitrogênio ao rúmen após a infusão duodenal em ovinos. Carvalho et al., (2019) também relataram resultados semelhantes ao infundir ureia no rúmen e abomaso de novilhas, concluindo que a utilização da ureia pós-ruminal é uma

alternativa viável frente à utilização da ureia convencional, melhorando a digestão de fibras.

Oliveira et al. (2020) ao avaliarem as diferenças entre a ureia fornecida no rúmen ou a infusão direta no abomaso, e sua influência no metabolismo de nitrogênio e na cinética da ureia, em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade concluíram que a ureia fornecida pós-rúmen pode ser uma tecnologia promissora podendo melhorar a utilização de N.

Portanto, a quantidade de nitrogênio presente na dieta, o local de absorção também pode influenciar a eficiência de utilização de N, portanto se o nitrogênio for fornecido no abomaso o consumo de forragem pode aumentar, elevando a eficiência de utilização do nitrogênio (Egan, 1965; Carvalho et al., 2019), e conseqüentemente o desempenho de animais.

Então, explorar maneiras que possam controlar a disponibilidade ruminal da amônia é fundamental, visto que o fornecimento constante de nitrogênio para o ambiente ruminal maximiza o crescimento microbiano e em consequência, a fermentação de carboidratos. Dessa forma o retorno contínuo do nitrogênio para o ambiente ruminal, através da reciclagem, com o uso de ureia pós-ruminal poderá permitir a formulação de suplementos com maior concentração de nitrogênio, de forma mais segura.

3. OBJETIVO

Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com ureia de absorção pós-ruminal, testando seu uso em diferentes formulações de suplemento para bovinos Nelore durante a fase de recria no período de transição águas-secas sobre o metabolismo e desempenho animal.

4. HIPÓTESE

A hipótese é de que a utilização de ureia pode ser melhorada deslocando o local de absorção do rúmen para os compartimentos pós-ruminais (abomaso e intestinos). Também que pode-se substituir completamente o farelo de soja no suplemento

usando ureia pós-ruminal ou uma combinação de ureia pós-ruminal e ureia convencional sem comprometer a ingestão e o desempenho animal.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi realizado de acordo com as diretrizes do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) sendo aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Campus de Jaboticabal – SP (protocolo 3974/20).

5.1 Localização e clima

O experimento foi conduzido no Polo Regional da Alta Mogiana na unidade de pesquisa da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), município de Colina, São Paulo. A unidade está localizada sobre a latitude 20°42'50"S e longitude 48°33'52.7"W, e o clima da região é classificado como AW (classificação de Köppen), e o solo classificado como Latossolo Vermelho escuro, fase arenosa com topografia plana e de boa drenagem (Embrapa, 1999) Os dados climáticos durante os períodos experimentais, são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Dados climáticos durante os períodos experimentais

Fases	Precipitação mm	Dias com Chuva	Tmáx. °C	Tmín. °C	Amplitude térmica
16/02 a 01/03/2021 ¹	43,5	4	31,5	16,5	15
02/03 a 29/03/2021 ²	41,8	7	31,1	16,1	15
30/03 a 26/04/2021 ³	62,5	4	30,2	13,8	16,4
27/04 a 25/05/2021 ⁴	0	0	28,7	12,2	16,5

¹ Adaptação; ² primeiro período; ³ segundo período; ⁴ terceiro período.

Tmáx = Temperatura máxima, Tmín = Temperatura mínima

Dados: Estação meteorológica da APTA – Colina.

5.2 Caracterização da área, animais, períodos e delineamento experimental

A área experimental utilizada é composta pela forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu. O estudo foi dividido em dois experimentos, um para a avaliação dos parâmetros ruminais, outro para o desempenho animal.

No experimento 1, foram utilizados 8 bovinos Nelore machos castrados canulados no rúmen, com peso corporal médio inicial de 763 ± 44 kg. Os animais foram distribuídos em um duplo quadrado latino 4x4. O experimento foi conduzido em uma área de 4 hectares, dividida em 4 piquetes (1 hectare cada), contendo bebedouros e cocho para suplementação. A duração foi de 84 dias, divididos em 4 períodos experimentais de 21 dias, com 14 dias de adaptação e 7 dias de coletas, onde foram avaliados a degradabilidade da matéria seca, parâmetros ruminais e sanguíneos.

No experimento 2, foram utilizados 120 bovinos Nelore machos não castrados, blocados de acordo com o peso corporal, e peso médio inicial de 380 ± 35 kg com idade média de 20 meses para avaliação do desempenho. O experimento teve duração de 98 dias, sendo 14 dias de adaptação, seguido de três períodos de 28 dias cada. O experimento foi instalado em uma área de 44,7 hectares dividida em 12 piquetes (3,4 a 4 hectares cada), equipados com bebedouros para fornecimento de água e cocho para fornecimento de suplemento. Os animais foram distribuídos nos 12 piquetes, sendo 3 piquetes por tratamento, e 10 animais em cada, onde foram mantidos em sistema de lotação contínua, com taxa de lotação variável (Mott e Lucas, 1952). Para adequação da oferta de forragem foram utilizados animais ajustes (contemporâneos dos demais) nos piquetes, sendo retirados ou adicionados (método *put and take*) de acordo com a oferta de forragem.

5.3 Suplementação e tratamentos

Todos os animais receberam suplemento diariamente às 10 horas da manhã, sendo ofertado 3 g/kg do peso corporal. Diariamente, antes do fornecimento do suplemento, todos os cochos eram verificados quanto às sobras do dia anterior. Todos os animais do Experimento 2 (desempenho), consumiram todo o suplemento ofertado

durante todo o período experimental. Foram realizados ajustes de oferta do suplemento a cada final de período considerando a última pesagem dos animais, em jejum hídrico e de sólidos por 16 horas.

Foram utilizados quatro tratamentos experimentais, sendo todos os suplementos isonitrogenados (24%), sendo testada diferentes formulações e fontes de nitrogênio (Tabela 2). Utilizou-se ureia convencional (U) e ureia pós-ruminal (PRU), e sua combinação nas formulações dos suplementos que estão representados pelas seguintes siglas:

- 1) **PV-U**: Indica o suplemento de contém proteína verdadeira (**PV**), vinda do farelo de soja, e ureia convencional (**U**);
- 2) **PV-PRU**: Indica o suplemento de contém proteína verdadeira (**PV**), vinda do farelo de soja, e ureia pós-ruminal (**PRU**);
- 3) **NNP-U-PRU**: Indica o suplemento de contém nitrogênio não proteico (**NNP**), vindo da combinação de ureia convencional (**U**) e ureia pós-ruminal (**PRU**);
- 4) **NNP-PRU**: Indica o suplemento de contém nitrogênio não proteico (**NNP**), vindo da ureia pós-ruminal (**PRU**).

Tabela 2 - Composição do suplemento proteico-energético utilizado durante o período experimental.

Ingredientes (%)	PV-U	PV-PRU	NNP-U-PRU	NNP-PRU
Farelo de soja	24	24	-	-
Ureia convencional	3	-	3	-
Ureia pós-ruminal (PRU)	-	3,6	3,9	7,5
Milho moído	61,6	61	81,7	81,7
Núcleo	11,4	11,4	11,4	11,4
Nutrientes				
Proteína Bruta (g/kg)	243	249	248	254
Extrato etéreo (g/kg)	26,8	31,0	35,5	39,7
NDT ¹ (g/kg)	600	600	600	600
NNP ² (g/kg)	13,8	13,7	28,6	28,5

¹NDT= Nutrientes digestíveis totais; ²NNP= Nitrogênio não proteico. Composição do núcleo. Cálcio (máximo) 42,000 g/kg; Fósforo (mínimo) 6,000 mg/kg; Sódio (mínimo) 13,000 g/kg; Magnésio (mínimo) 1,000 mg/kg; Enxofre (mínimo) 3,000 mg/kg; Zinco (mínimo) 148,000 mg/kg; Cobre (mínimo) 40,000 mg/kg; Flúor (máximo) 100,000 mg/kg; Manganês (Mínimo) 30,000 mg/kg; Cobalto (mínimo) 2,400 mg/kg; Iodo (mínimo) 3,000mg/kg; Selênio (mínimo) 0,800 mg/kg.

Os tratamentos NNP-U-PRU e NNP-PRU apresentam maiores níveis de nitrogênio não proteico, em substituição ao farelo de soja. A ureia pós-ruminal (PRU) é composta por 83% de ureia, portanto os tratamentos 1 e 2 foram formulados com a mesma quantidade de ureia equivalente (3%).

5.4 Avaliação da forragem

Para a determinação da massa de forragem de cada período experimental (28 dias), foi utilizado o método de dupla amostragem (Sollenberger e Cherney, 1995), por meio do uso de prato ascendente (*rising plate meter*), onde a massa de forragem foi correlacionada às leituras de altura do dossel. Sendo selecionados em cada piquete três pontos de altura (alta, média e baixa). A média foi obtida por meio da retirada de 50 pontos aleatórios distribuídos ao longo dos piquetes, a altura média foi comprimida e as alturas alta e baixa foram coletadas somando ou subtraindo dois desvios padrão da altura média.

As amostras de forragem colhidas de 0,25 m² de cada ponto selecionado foram cortadas ao nível do solo, e posteriormente uma sub amostra da planta inteira de cada uma das alturas de coleta foi seca em estufa a 55°C por 72 horas para determinação da matéria seca (MS) parcial. Posteriormente realizou-se equações de regressão (equação 1) linear por meio dos dados de massa e suas respectivas alturas, onde foi estabelecido uma relação entre altura do dossel e a massa de forragem.

$$MF = a + b \times h \text{ (Eq. 1)}$$

Onde: MF = massa de forragem em kg/ha de matéria seca;

h = altura do dossel em cm;

a = intercepto da regressão;

b = coeficiente angular da regressão

Para a determinação dos componentes quantitativos e estruturais do dossel forrageiro, sub amostras colhidas na altura média foram separadas em folha verde,

colmo verde, folha morta e colmo morto, pesadas e posteriormente foram levadas para secagem em estufa com circulação de ar forçada a 55°C por 72 horas, para a obtenção da matéria seca parcial.

5.5 Determinação do valor nutritivo da forragem

Para determinar o valor nutritivo da forragem foram colhidas amostras no dia 25 de cada período experimental, por meio do método *hand-plucking* (De Vries, 1995). As amostras foram parcialmente secas em estufa de circulação de ar a 55°C por 72 horas, posteriormente moídas em moinho de facas tipo Willey com peneiras de malha de 1 e 2 mm.

As análises bromatológicas foram realizadas no laboratório da unidade de pesquisa onde foram determinados os teores de matéria seca (MS) método 934.01, material mineral (MM) método 942.05, extrato etéreo (EE) pelo método Gold Fish (920.39) e proteína bruta (PB) pelo método Kjeldahl (984.13), segundo as recomendações da AOAC (1995). Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), de acordo com Robertson e Van Soest (1991), com o uso do determinador de fibra (TE-149, Tecnal-SP), onde as amostras acondicionadas em sacos de tecido não tecido (TNT), permaneceram durante uma hora sob temperatura controlada em contato com a solução de detergente. A celulose foi solubilizada com ácido sulfúrico 72% e o conteúdo de lignina obtido por diferença em relação ao FDA (Goering e Van Soest, 1970), as frações nitrogenadas insolúveis em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA) foram analisadas pela metodologia de Licitra et al. (1996). O FDN indigestível foi obtido através da incubação no rúmen por 288 horas (12 dias) (Valente et al., 2011). O FDN potencialmente digestível foi obtido pela diferença do FDN e FDNi.

Os teores de carboidratos não fibrosos, foram obtidos segundo Detmann et al. (2012).

$$CNF = 100 - MM - PB - EE - FDN_{cp}$$

A equação utilizada para o cálculo da FDN_{cp}, foi proposta por Detmann et al. (2012):

$$FDN_{cp} = FDN - (PIDN + CIDN)$$

onde:

PIDN: teor de proteína insolúvel em detergente neutro;

CIDN: teor de cinzas insolúveis em detergente neutro (% da FDN).

5.6 Degradabilidade da matéria seca (experimento 1)

Para a avaliação da degradabilidade, foi utilizada a forrageira oriunda da pastagem na qual os animais foram alocados. O material vegetal foi parcialmente seco em estufa a 55°C, posteriormente moído em peneira de crivos de 2 mm e colocados em sacos de nylon (R1020- ANKOM) com porosidade de 50 micras com tamanho de 10×20 cm, foi utilizado 3,0 g de matéria seca por saco, mantendo a relação de 20 mg de matéria seca por cm² da área superficial (Hvelplund e Weisbjerg, 2000).

Os períodos de incubação do material no rúmen foram de 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, sendo os sacos colocados em tempos diferentes, e retirados ao mesmo tempo, a incubação ocorreu nos dias 15, 16, 17 e 18 do período experimental. Após a retirada do rúmen os sacos foram lavados em água corrente, e seguiram para a estufa de ventilação forçada para serem secos a uma temperatura de 55°C por 72 horas. Posteriormente, os sacos foram pesados para determinação da matéria seca, o percentual de degradabilidade foi calculado pela diferença do peso inicial e final.

5.7 Parâmetros ruminais (experimento 1)

Foram realizadas coletas para a determinação do pH, N-NH₃ e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no dia 19 do período experimental, sendo colhidas amostras no tempo 0 (anterior a suplementação), 3, 6, e 12 horas após o fornecimento do suplemento.

Após a coleta as amostras foram filtradas em dupla camada de tecido (algodão) e armazenada cerca de 100 ml. O pH foi determinado logo após a coleta. Das amostras foram retiradas duas alíquotas, uma com 50 ml que foi acidificada com 1 ml de ácido sulfúrico (50%) para posterior análise de N-NH₃, a segunda alíquota foi imediatamente congelada a -20 °C para posteriores análises de AGCC.

O N-NH₃ foi determinado por colorimetria segundo fenol-hipoclorito (Weatherburn, 1967). As análises de AGCC foram realizadas por meio de

cromatografia gasosa (GCMS QP 2010 plus, Shimadzu®, Kyoto, Japan) usando coluna capilar (Stabilwax, Restek®, Bellefonte, USA; 60 m, 0,25 mm \varnothing , 0,25 μ m crossbond carbowax polyethylene glycol). Foram analisados os AGCC totais, acetato, propionato, butirato, isobutirato, valerato e isovalerato.

5.8 Parâmetros sanguíneos (experimento 1)

Foram colhidas amostras de sangue, por venipunção jugular utilizando tubos Vacutainer® de 10 mL, contendo heparina sódica (Vacutainer Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ), nos dias 20, nos horários 0, (anterior a suplantação), e 6 horas, após a suplementação, e 21 (3 horas após a suplementação), do período experimental, a coleta foi dividida em dois dias por ter sido realizada em diferentes horários, no tempo zero (antes da suplementação), 3 e 6 horas após a suplementação, posteriormente as amostras foram centrifugadas (3000 rpm por 10 minutos), logo após o plasma foi retirado e armazenado em eppendorfs a temperatura de -20°C conforme descrito por Kerr (2003). Nessas amostras foram mensurados ácido úrico, creatinina, albumina, proteína total, enzimas hepáticas (AST e GGT), e nitrogênio da ureia no plasma, utilizando kits comerciais de diagnóstico. (Labtest Diagnostica S.A., Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil).

5.9 Desempenho animal (experimento 2)

Para determinar o desempenho dos animais no experimento 2, o ganho médio diário (GMD, kg/dia), foi determinado pela diferença entre o peso corporal em jejum final de cada período experimental, e o peso corporal em jejum inicial. Os animais foram pesados no início do experimento, após jejum de 16 horas de sólidos e líquido, e a cada 28 dias. O ganho por área (GA, kg/ha) foi avaliado multiplicando o GMD pelo número de animais e o número de dias de cada período experimental, dividido pela área do piquete.

5.10 Taxa de desaparecimento do suplemento (experimento 2)

A taxa de desaparecimento foi avaliada ao longo dos períodos experimentais, no 15º dia experimental, o suplemento foi fornecido as 10 horas da manhã, e após 3, 6, 9 e 24 horas, a quantidade restante nos cochos era pesada com o auxílio de uma balança digital.

6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística foram testados os efeitos dos suplementos por contrastes, onde o contraste 1 avaliou o uso de suplementos contendo farelo de soja, ureia convencional ou ureia pós-ruminal, com suplementos onde o farelo de soja foi substituído por uma junção de ureia convencional mais ureia pós-ruminal, ou somente por ureia pós-ruminal. O contraste 2 avaliou os níveis de inclusão de ureia pós-ruminal no suplemento, e o contraste 3 comparou o suplemento contendo ureia convencional, com suplemento contendo ureia pós-ruminal.

Sendo os contrastes formados da seguinte forma, o contraste (C1) comparou a substituição do Farelo de Soja por NNP (PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU), (C2) comparou o baixo e alto nível de ureia pós-ruminal no suplemento (NNP-U-PRU vs NNP-PRU) e o (C3) comparou ureia convencional versus ureia pós-ruminal, (PV-U vs PV-PRU) em animais suplementados a pasto.

No experimento 1, os dados foram analisados em um delineamento em quadrado latino, o modelo incluiu os tratamentos, horário de coleta e suas interações como efeito fixo, efeito de quadrado, período, animal, animal dentro de quadrado como efeitos aleatórios.

O experimento 2 foi conduzido em um delineamento de blocos casualizados, com 4 tratamentos e três repetições (piquetes como unidade experimental), sendo utilizado o peso corporal inicial como critério de blocagem, considerando os tratamentos como efeito fixo, e bloco como efeito aleatório. Variáveis respostas medidas mais de uma vez na mesma unidade experimental (Peso corporal, oferta de forragem, entre outras) foram analisadas como medidas repetidas utilizando o REPEATED do SAS.

Todos os dados foram analisados por meio do PROC MIXED do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), com teste prévio de distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade de variâncias (teste de Bartlett). A significância foi fixada em $P < 0,05$ como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I e a tendência como $P \geq 0,05$ e $P \leq 0,10$.

7. RESULTADOS

7.1 Experimento 1: Metabolismo

7.1.1 Avaliação do pasto e valor nutritivo da forragem

As características quantitativas do pasto, não diferiram entre os contrastes analisados ($P > 0,05$) (Tabela 3), apresentando médias similares para todas as variáveis analisadas. Em relação as características qualitativas do pastejo simulado da forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, também não apresentaram diferença ($P > 0,05$) entre os contrastes (Tabela 4). Dessa forma infere-se que todos resultados aqui apresentados são devidos aos tratamentos impostos.

Tabela 3 - Características quantitativas do dossel forrageiro de *Urochloa brizantha* cv. Marandu durante o experimento 1, no período de transição águas-secas de acordo com os tratamentos experimentais.

Item	Tratamentos				EPM ¹	P-valor		
	PV-U	PV-PRU	NNP-U-PRU	NNP-PRU		C1 ²	C2 ³	C3 ⁴
Massa (Kg MS/ha)	7151	7274	8339	7941	1276	0,48	0,94	0,82
Matéria verde seca (kg MS/ha)	4302	4729	5854	6041	975	0,17	0,76	0,90
Densidade (kg MS/m ³)	2,45	2,32	2,25	2,30	0,16	0,50	0,59	0,83
Folha verde (%)	20,87	19,85	17,61	22,23	2,40	0,86	0,77	0,20
Colmo verde (%)	41,94	46,11	51,62	42,45	4,26	0,09	0,50	0,89
Oferta de forragem (kg MS/kg PC)	17,32	17,75	20,57	20,07	3,09	0,39	0,92	0,91
Oferta de folha verde (kg MS/kg PC)	3,32	3,65	3,60	4,55	0,70	0,37	0,72	0,31
Oferta de folha verde seca (kg PC/kg)	6,47	7,00	6,35	7,32	1,12	0,91	0,69	0,47

1=EPM: Erro padrão da média.

2=C1 - PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU (Substituição do farelo de soja por NNP).

3=C2 - NNP-U-PRU vs NNP-PRU (baixo e alto nível de ureia pós-ruminal (PRU)) 4=C3 - PV-U vs PV-PRU (Ureia vs PRU).

Tabela 4 - Características qualitativas do dossel forrageiro de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, durante o experimento 1, no período de transição águas-secas de acordo com os tratamentos experimentais (g/kg MS).

Item	Tratamentos				EPM ¹	P-valor		
	PV-U	PV-PRU	NNP-U-PRU	NNP-PRU		C1 ²	C2 ³	C3 ⁴
Matéria seca	303,2	317,8	305,5	316,9	7,62	0,93	0,20	0,31
Cinzas	74,0	70,0	72,5	70,5	1,78	0,79	0,14	0,44
Proteína Bruta	89,43	91,54	94,96	88,05	5,3	0,85	0,78	0,38
FDN	700,3	700,4	697,8	714,2	8,29	0,51	0,99	0,19
FDA	330,9	332,0	324,2	337,1	8,58	0,92	0,93	0,31
FDNpd	533,3	536,2	524,2	546,4	9,46	0,97	0,81	0,13
EE	13,81	14,24	14,68	13,15	1,45	0,93	0,83	0,47
Lignina	47,64	48,09	47,51	50,80	1,45	0,39	0,83	0,14
CNF	147,2	149,8	156,6	142,1	10,69	0,93	0,86	0,36
PIDN	41,30	37,41	38,25	37,17	2,62	0,54	0,32	0,77
PIDA	5,55	4,57	5,87	5,11	0,49	0,40	0,18	0,30
FDNi	166,9	163,8	173,6	167,8	8,23	0,53	0,79	0,62

1=EPM: Erro padrão da média

2=C1 - PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU (Substituição do farelo de soja por NNP).

3= C2 - NNP-U-PRU vs NNP-PRU (baixo e alto nível de ureia pós-ruminal (PRU)) 4=C3 - PV-U vs PV-PRU (Ureia vs PRU).

FDN= Fibra em detergente Neutro; FDA= Fibra em detergente ácido; FDNpd= Fibra em detergente neutro potencialmente digestível; EE= Extrato etéreo; CNF= Carboidratos não fibrosos; PIDN= Proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA= Proteína insolúvel em detergente ácido; FDNi= Fibra em detergente neutro indigestível.

7.1.2 Degradabilidade da matéria seca

A degradabilidade da matéria seca não apresentou diferença entre os tratamentos que compararam a substituição do farelo de soja por NNP ($P=0,60$). Após 96 horas, a média de degradação da forragem foi de 77,3% para os tratamentos com farelo de soja, e 77,9% para os tratamentos com NNP. Já o contraste 2, que comparou o baixo e alto nível de inclusão de PRU, houve tendência ($P=0,09$) entre os tratamentos analisados, NNP-U-PRU apresentou taxa de degradação de 77,8% e NNP-PRU de 77,9%. O contraste 3, que comparou a ureia convencional com a pós-ruminal, não apresentou diferença ($P=0,33$), tendo média de desaparecimento da forragem no rúmen de 77,7% para PV-U e 76,9% para PV-PRU (Figura 2).

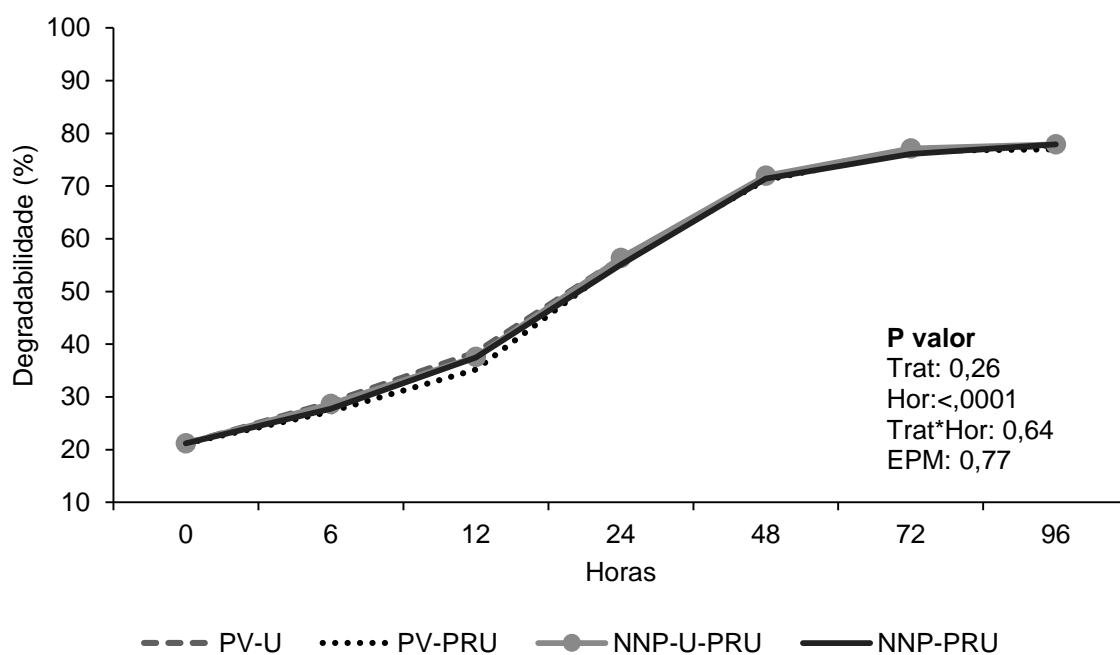


Figura 2 - Degradabilidade da matéria seca da forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu incubada *in situ*. Contrastes = **C1** - PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU (Substituição do farelo de soja por NNP). **C2** - NNP-U-PRU vs NNP-PRU (baixo e alto nível de ureia pós-ruminal) **C3** - PV-U vs PV-PRU (Ureia vs PRU). EPM: Erro padrão da média.

7.1.3 Consumo de suplemento

Para o consumo de suplemento, não houve diferença entre os contrastes analisados ($P>0,05$). Dessa forma os animais tiveram médias de consumo de suplemento de 1,99 kg/dia. O consumo de proteína bruta por kg de PC também não apresentou diferença ($P>0,05$), entre os contrastes analisados tendo média de 0,479 kg PB/Kg PC (Tabela 5).

Tabela 5 - Consumo individual de suplemento dos animais ao longo do período experimental (Experimento 1).

	Tratamentos				EPM ¹	P-valor		
	PV-U	PV-PRU	NNP-U-PRU	NNP-PRU		C1 ²	C2 ³	C3 ⁴
Consumo (kg/dia/MN)	2,00	2,11	1,92	1,94	0,13	0,13	0,33	0,82
Consumo de proteína, (kg PB/PC)	0,481	0,507	0,461	0,466	0,03	0,12	0,33	0,83

1=EPM: Erro padrão da média.

2=C1 - PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU (Substituição do farelo de soja por NNP).

3= C2 - NNP-U-PRU vs NNP-PRU (baixo e alto nível de ureia pós-ruminal (PRU)) 4=C3 - PV-U vs PV-PRU (Ureia vs PRU).

7.1.4 Parâmetros ruminais

O pH ruminal apresentou efeito dos tratamentos, ocorrendo diferença quando o farelo de soja foi substituído por NNP, ($P=0,003$), suplementos que continham farelo de soja mais ureia convencional ou pós-ruminal, apresentaram média de pH de 6,75. Já animais suplementados com NNP, tiveram média de pH de 6,85 (Tabela 6). Houve efeito de horário no pH ruminal ($P < 0,01$, Figura 3), sendo observado valor mais elevado 3 horas após a suplementação, com médias de pH dos tratamentos de 6,91 para PV-U, 6,78 para PV-PRU, 6,95 para NNP-U-PRU e 7,02 para NNP-PRU.

A concentração de nitrogênio amoniacal (NH_3) presente no ambiente ruminal dos animais suplementados com diferentes níveis de ureia pós-ruminal, (NNP-U-PRU vs NNP-PRU), apresentou diferença ($P=0,04$) (Tabela 6), animais suplementados com menores níveis de ureia pós-ruminal (3%) apresentaram 18,8% menor concentração de nitrogênio amoniacal no rúmen, do que os animais que foram suplementados com

maiores níveis de ureia pós-ruminal (7,5%). O nitrogênio amoniacal também apresentou diferença entre os suplementos contendo ureia convencional e pós-ruminal, ($P=0,03$), animais suplementados com ureia convencional tinha 21,8% menos concentração de NH_3 presente no rúmen, do que os suplementados com ureia pós-ruminal.

Houve efeito de horário para a concentração de nitrogênio amoniacal ($P<0,01$) (Figura 4), para os suplementos PV-U, PV-PRU e NNP-PRU, as maiores concentrações foram registradas 3 horas após a suplementação, sendo 8,36, 12,67 e 11,83 mg/dL respectivamente, já NNP-U-PRU, apresentou maiores concentrações de NH_3 6 horas após a suplementação (8,96 mg/dL).

Para a concentração total de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), houve diferença quando o farelo de soja foi substituído por NNP ($P=0,0006$). Maiores concentrações de AGCC ocorreu nos tratamentos que continham farelo de soja, (PV-U/PV-PRU), apresentando média de 68,65 Mm, enquanto os tratamentos onde o farelo de soja foi substituído por NNP (NNP-U-PRU/NNP-PRU), apresentaram valor médio de 58,6 Mm. (Tabela 6).

Houve diferença também na concentração de AGCC, entre os níveis de ureia pós-ruminal utilizadas no suplemento, a menor concentração de AGCC ocorreu no tratamento que utilizou altos níveis de ureia pós-ruminal, (57,6 Mm), já o tratamento que utiliza menores percentuais de ureia pós-ruminal na sua composição, apresentou maiores concentrações de AGCC (59,5 Mm; $P = 0,04$).

A proporção de acetato tendeu a ser maior ($P=0,07$) para os tratamentos que continham NNP, com média de 76,05 Mmol/100, em comparação com os suplementos que tinham farelo de soja, que apresentaram média de 75,6 Mmol/100.

Houve diferença na proporção molar de isobutirato entre os tratamentos que continham farelo de soja versus NNP ($P=0,003$), animais suplementados com farelo de soja apresentaram maiores concentrações de isobutirato (0,63 Mmol/100) em relação aos tratamentos que continham apenas NNP em substituição ao farelo de soja, com média de 0,59 Mmol/100. Ocorreu tendência estatística ($P=0,09$), entre os tratamentos com baixo e alto nível de PRU (NNP-U-PRU e NNP-PRU), o tratamento com maior nível de inclusão da ureia pós-ruminal, apresentou maior concentração de

isobutirato, em relação ao tratamento NNP-U-PRU, que possui as duas fontes de NNP (Tabela 6).

A proporção molar de valerato e isovalerato diferiu entre os tratamentos que continham farelo de soja, em relação ao NNP, ($P < 0,001$) apresentando maiores valores entre os tratamentos que continham farelo de soja, em relação aos tratamentos, no quais o farelo foi substituído por NNP. A produção de valerato apresentou tendência estatística ($P = 0,05$), para os tratamentos com diferentes fontes de ureia, apresentando maiores valores quando se utilizou a ureia pós-ruminal (Tabela 6).

A proporção molar de isovalerato apresentou interação entre tratamento e horário ($P = 0,008$). Com 12 horas após a suplementação os animais suplementados com farelo de soja, apresentaram média de 0,76 Mmol/100, já os tratamentos que continham NNP, tiveram média de 0,61 Mmol/100.

A relação acetato: proprionato não apresentou diferença ($P > 0,05$), para nenhum dos contrastes analisados.

Tabela 6 - Parâmetros da fermentação ruminal de bovinos Nelore recebendo diferentes tipos de suplementação em pastos de *Urochloa brizantha* cv. Marandu no período de transição águas-secas.

Item	Tratamentos				EPM ¹	P-valor					
	PV-U	PV-PRU	NNP-U-PRU	NNP-PRU		C1 ²	C2 ³	C3 ⁴	Tra	Hor	Trat x Hor
pH	6,79	6,71	6,84	6,86	0,08	0,003	0,10	0,70	0,01	<,0001	0,80
NH ₃	6,24	7,59	6,37	7,85	0,55	0,68	0,04	0,03	0,01	<,0001	0,003
AGCC Total, Mm	64,7	72,6	59,5	57,6	6,03	0,0006	0,04	0,62	0,001	0,17	0,12
AGCC, mol/100											
Acetato	75,7	75,5	75,9	76,2	0,50	0,07	0,72	0,34	0,24	<,0001	0,32
Propionato	14,61	14,53	14,54	14,22	0,31	0,37	0,80	0,29	0,58	<,0001	0,51
Butirato	7,76	7,97	7,69	7,71	0,25	0,20	0,26	0,90	0,41	<,0001	0,18
Isobutirato	0,65	0,62	0,59	0,60	0,01	0,003	0,09	0,81	0,01	<,0001	0,53
Valerato	0,50	0,52	0,43	0,48	0,02	0,001	0,44	0,05	0,003	<,0001	0,19
Isovalerato	0,75	0,76	0,69	0,68	0,03	0,001	0,65	0,89	0,01	0,0004	0,008
Relação A:P	5,22	5,22	5,27	5,41	0,14	0,25	0,99	0,35	0,53	<,0001	0,52

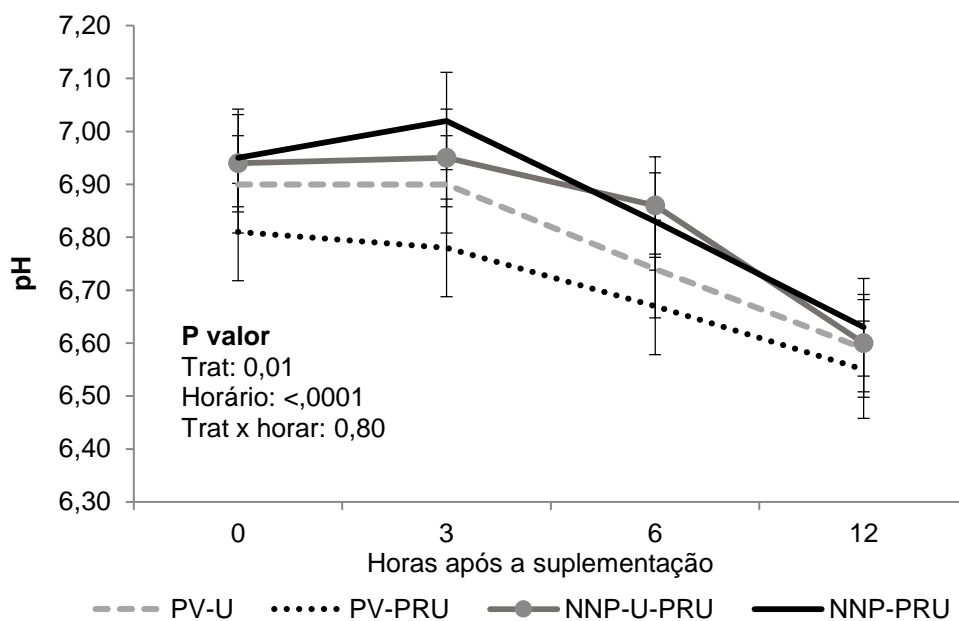
1=EPM: Erro padrão da média.

2=C1 - PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU (Substituição do farelo de soja por NNP).

3= C2 - NNP-U-PRU vs NNP-PRU (baixo e alto nível de ureia pós-ruminal (PRU)) 4=C3 - PV-U vs PV-PRU (Ureia vs PRU).

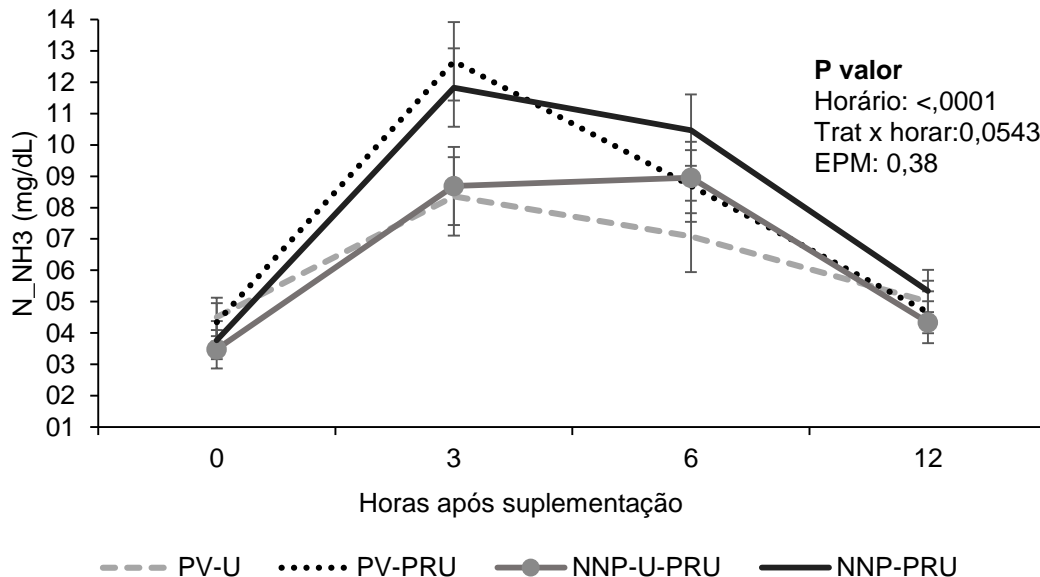
NH₃=Nitrogênio amoniacal

A:P- Acetato, Propionato.



0 horas corresponde a coleta antes da suplementação

Figura 3 – pH ruminal em diferentes horários após suplementação de bovinos Nelore recebendo diferentes tipos de suplementação em pastos de *Urochloa brizantha* cv. Marandu no período de transição águas-secas.



0 horas corresponde a coleta antes da suplementação

Figura 4 – Nitrogênio amoniacal em diferentes horários após suplementação de bovinos Nelore recebendo diferentes tipos de suplementação em pastos de *Urochloa brizantha* cv. Marandu no período de transição águas-secas.

7.1.5 Parâmetros sanguíneos

Houve diferença para a ureia sanguínea entre os tratamentos quando o farelo de soja foi substituído por NNP ($P=0,006$) com médias de 34,95 e 31,4 mg/dL, respectivamente, dessa forma os menores valores de ureia sanguínea foram observados nos tratamentos com ausência do farelo de soja. Houve tendência para a ureia sanguínea ($P=0,08$) entre os tratamentos que avaliaram o baixo e alto nível de inclusão da ureia pós-ruminal, animais suplementados com maior nível de ureia pós-ruminal, apresentaram menores teores de ureia no sangue em relação a animais suplementados com menores níveis de inclusão da ureia pós-ruminal no suplemento. (Tabela 7).

Para a presença de Gama-glutamilttransferase (GGT), houve tendência ($P=0,05$) entre os tratamentos com baixo e alto níveis de ureia pós-ruminal, animais que receberam maiores níveis da ureia apresentaram maiores valores de GGT, em comparação a animais que receberam menores níveis de PRU.

Houve tendência para a produção de ácido úrico entre os tratamentos, quando o farelo de soja foi substituído por NNP ($P=0,07$), animais que receberam os suplementos com NNP apresentaram menores valores de ácido úrico.

Tabela 7 - Parâmetros sanguíneos de bovinos Nelore recebendo diferentes tipos de suplementação em pastos de *Urochloa brizantha* cv. Marandu no período de transição águas-secas.

Item	Tratamentos				EPM ¹	P-valor					
	PV-U	PV-PRU	NNP-U-PRU	NNP-PRU		C1 ²	C2 ³	C3 ⁴	Tra	Hor	Trat x Hor
Ureia (mg/dL)	36,5	33,4	32,6	30,2	3,26	0,006	0,08	0,17	0,007	<,0001	0,15
Albumina (g/dL)	4	3,8	3,7	3,8	0,16	0,22	0,13	0,45	0,23	0,41	0,52
Proteína (g/dL)	10,2	9,7	9,5	9,8	0,3	0,36	0,21	0,54	0,43	0,48	0,53
AST (U/L)	98,9	96,2	94,5	90,2	4,05	0,16	0,60	0,41	0,40	0,80	0,54
GGT (U/L)	21,2	19,5	20,6	20,8	2,49	0,42	0,05	0,84	0,21	0,27	0,34
Ácido úrico (mg/dL)	2,6	2,5	2,4	2,4	0,12	0,07	0,45	0,54	0,25	0,00	0,14
Creatinina (mg/dL)	2,21	2,18	2,19	2,21	0,05	0,96	0,68	0,71	0,95	0,21	0,69

1=EPM: Erro padrão da média.

2=C1 - PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU (Substituição do farelo de soja por NNP).

3= C2 - NNP-U-PRU vs NNP-PRU (baixo e alto nível de ureia pós-ruminal (PRU)) 4=C3 - PV-U vs PV-PRU (Ureia vs PRU).

AST = aspartato aminotransferase;

GGT = gama glutamiltransferase.

7.2 Experimento 2: Desempenho

7.2.1 Avaliação do pasto e valor nutritivo da forragem

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$), entre as características quantitativas do dossel forrageiro entre os suplementos fornecidos aos animais, porém houve influência dos períodos experimentais sobre essas variáveis ($P<0,05$) (Tabela 8).

Não houve diferença no valor nutritivo da forragem (Tabela 9; $P>0,05$). Houve efeito entre os períodos experimentais ($P<0,05$), a qualidade da forragem reduziu ao longo do tempo experimental, ocorrendo uma diminuição dos teores de proteína bruta e FDNpd do pasto (Figura 5), no primeiro período a média de PB da forragem foi de 84,3 g/kg MS, já no terceiro período a forragem apresentou média 61,3 g/kg MS de PB, a fibra em detergente neutro potencialmente digestível no primeiro período foi de 572 g/kg MS, caindo para 508 no terceiro período, devido principalmente as mudanças na quantidade de chuva, que resultam em modificações na qualidade do pasto e mudanças na estrutura do dossel forrageiro (Figura 6). A proporção dos componentes do dossel foram sendo modificados ao longo dos períodos experimentais, ocorrendo um aumento na porção de folhas e colmo morto, em relação a folha e colmo verde.

No primeiro período a proporção de folhas verdes foi de 24%, caindo para 7% no terceiro período, ocorrendo uma redução constante na oferta de folha verde ao longo dos períodos experimentais. A proporção de colmo verde passou de 57,8% no primeiro período para 27,8% no segundo período, a redução dos componentes verdes está relacionado principalmente a redução das chuvas, que resultam em modificações da estrutura do dossel forrageiro, e também a presença dos animais na área, que tem preferência por folhas verdes.

As proporções de folhas secas têm comportamento diferente, passando de 11% no primeiro período, para 22% no terceiro período experimental, assim como a proporção de colmo seco que passou de 6,8% para 42,7% no terceiro período, sendo consequência do período de transição águas-secas.

Tabela 8 - Características quantitativas do dossel forrageiro de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, durante o período de transição águas-secas de acordo com os tratamentos experimentais

Item	Tratamentos				EPM ¹	P-valor					
	PV-U	PV-PRU	NNP-U-PRU	NNP-PRU		C1 ²	C2 ³	C3 ⁴	Trat	Per	Trat x Per
Altura (cm)	44	45	49	48	4,90	0,14	0,84	0,89	0,49	0,001	0,59
Massa (kg MS/ha)	8649	8637	8198	8749	785	0,81	0,99	0,62	0,95	0,001	0,31
Matéria verde seca (kg MS/ha)	6073	6227	5223	6180	459	0,27	0,81	0,15	0,36	< 0001	0,38
Oferta de forragem (kg MS/kg PC)	7,2	7,3	7,9	8,2	0,64	0,24	0,93	0,71	0,65	0,05	0,47
Oferta de folha verde (kg MS/kg PC)	1,43	1,68	1,56	1,72	0,13	0,54	0,21	0,4	0,45	< 0,01	0,89
Oferta de Folha verde seca (kg PC/kg)	2,71	3,02	2,7	2,76	0,18	0,47	0,24	0,82	0,58	0,01	0,25

1=EPM: Erro padrão da média.

2=C1 - PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU (Substituição do farelo de soja por NNP).

3= C2 - NNP-U-PRU vs NNP-PRU (baixo e alto nível de ureia pós-ruminal (PRU)) 4=C3 - PV-U vs PV-PRU (Ureia vs PRU).

Tabela 9 - Características qualitativas em g/kg MS do pastejo simulado de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, durante o período de transição águas-secas de acordo com os tratamentos experimentais

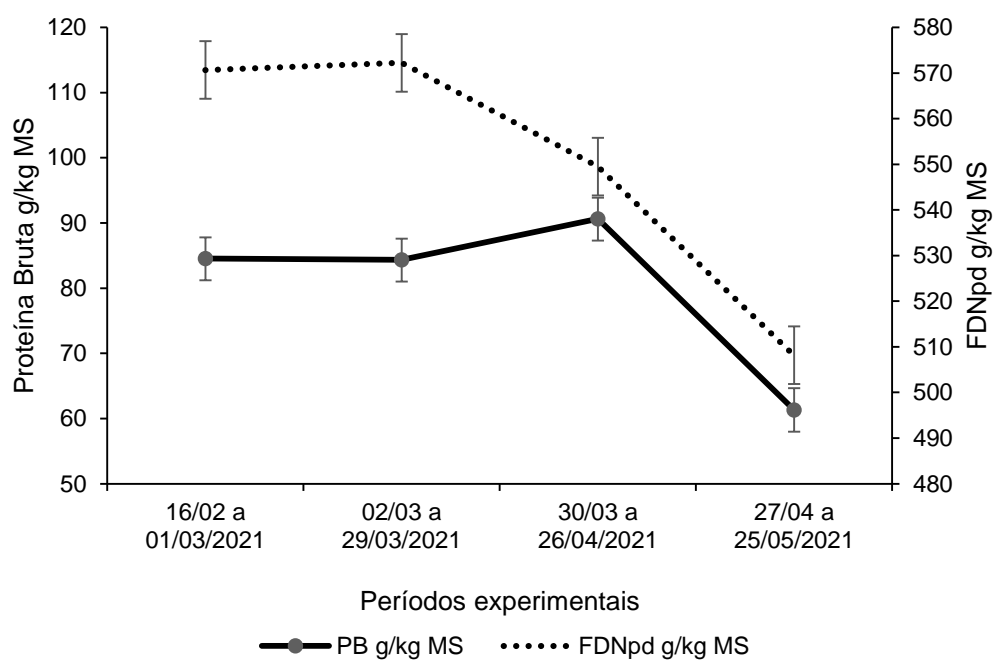
Item	Tratamentos				EPM ¹	P-valor					
	PV-U	PV-PRU	NNP-U-PRU	NNP-PRU		C1 ²	C2 ³	C3 ⁴	Trat	Per	Trat x Per
Matéria seca	333,6	339,2	348,0	330,0	10,5	0,80	0,70	0,23	0,65	<,0001	0,61
Cinzas	70,0	70,58	66,80	68,56	1,67	0,10	0,80	0,44	0,36	0,001	0,28
Proteína Bruta	81,86	81,48	78,59	78,88	4,62	0,47	0,95	0,96	0,47	0,000	0,59
FDN	723,8	721,6	727,7	725,4	6,52	0,57	0,80	0,80	0,92	0,01	0,62
FDA	342,2	342,3	353,1	350,9	7,20	0,19	0,99	0,83	0,61	0,008	0,41
FDNpd	552,2	545,1	549,1	554,0	7,91	0,71	0,53	0,66	0,85	<,0001	0,74
EE	12,95	11,76	11,63	12,69	0,87	0,80	0,36	0,40	0,62	0,002	0,17
LIGNINA	51,51	51,36	53,30	52,84	1,81	0,35	0,95	0,86	0,81	<,0001	0,63
CNF	165,8	142,7	146,2	147,3	8,30	0,38	0,08	0,93	0,26	0,09	0,01
PIDN	35,78	33,21	34,0	32,38	2,12	0,53	0,40	0,59	0,71	<,0001	0,23
PIDA	4,81	4,77	4,69	4,94	0,20	0,90	0,88	0,37	0,83	<,0001	0,12
FDNi	170,7	176,0	179,5	171,8	7,04	0,74	0,60	0,45	0,80	<,0001	0,75

1=EPM: Erro padrão da média.

2=C1 - PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU (Substituição do farelo de soja por NNP).

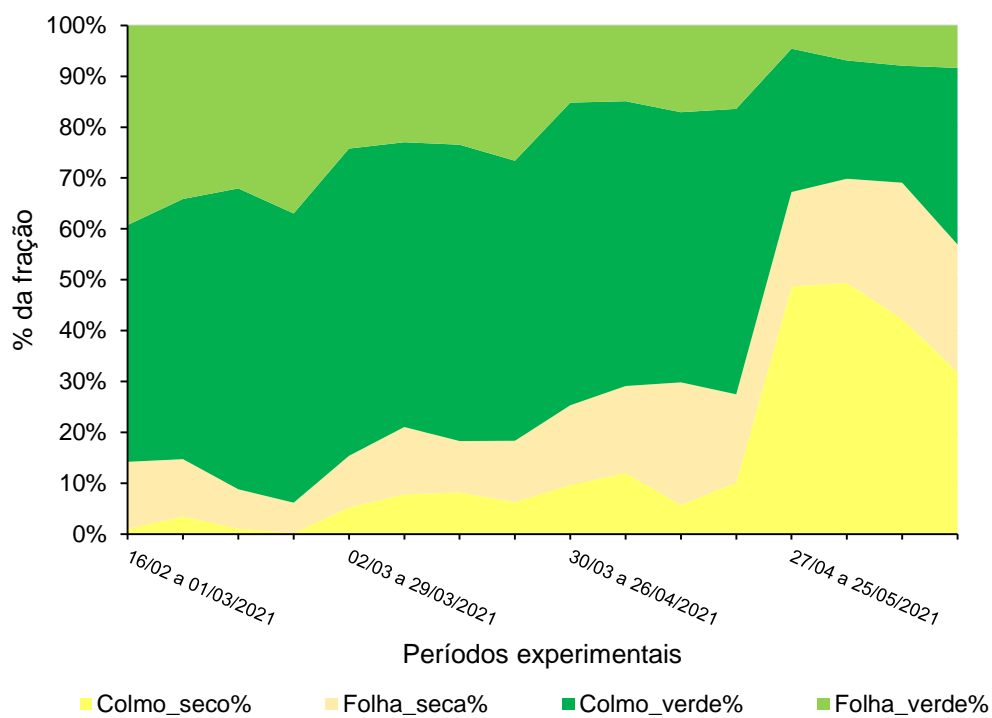
3= C2 - NNP-U-PRU vs NNP-PRU (baixo e alto nível de ureia pós-ruminal (PRU)) 4=C3 - PV-U vs PV-PRU (Ureia vs PRU).

FDN= Fibra em detergente Neutro; FDA= Fibra em detergente ácido; FDNpd= Fibra em detergente neutro potencialmente digestível; EE= Extrato etéreo; CNF= Carboidratos não fibrosos; PIDN= Proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA= Proteína insolúvel em detergente ácido; FDNi= Fibra em detergente neutro indigestível.



16/02 a 01/03/2021= Adaptação; 02/03 a 29/03/2021= Primeiro período
 30/03 a 26/04/2021= Segundo período; 27/04 a 25/05/2021= Terceiro período

Figura 5 – Teor de proteína Bruta e FDN potencialmente digestível (g/kg MS) da forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu durante o período de transição águas-secas.



16/02 a 01/03/2021= Adaptação; 02/03/ a 29/03/2021= Primeiro período
 30/03 a 26/04/2021= Segundo período; 27/04 a 25/05/2021= Terceiro período

Figura 6- Composição morfológica da forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu durante o período de transição águas-secas

7.2.2 Desempenho animal

Houve diferença para o ganho médio diário (kg) entre os animais que receberam os suplementos que continham farelo de soja em comparação aos tratamentos com NNP ($P=0,02$), onde, animais suplementados com farelo de soja, apresentaram maior ganho médio diário, quando comparado com animais suplementados com NNP (Tabela 10). A retirada do farelo de soja do suplemento, e sua substituição seja pela combinação de ureia convencional com pós-ruminal, ou somente pela ureia pós-ruminal resultou em uma diminuição média do desempenho dos animais de 63 gramas/dia.

Para o peso corporal final (kg) houve diferença entre os tratamentos onde houve a substituição do farelo de soja por NNP ($P=0,04$, Tabela 10). A média do peso corporal final dos tratamentos com farelo de soja, foi de 472,2 kg, já os animais suplementados com NNP, apresentaram peso final de 463,9, a retirada do farelo de soja do suplemento acarretou em uma diminuição de 8,3 kg no peso final dos animais.

O ganho médio por área também apresentou diferença entre esses tratamentos (substituição do farelo de soja por NNP), ($P=0,02$). Animais suplementados com PV-U e PV-PRU, apresentaram maior ganho por área, uma média de 69,5 kg, animais suplementados com NNP-U-PRU e NNP-PRU tiveram ganho médio de 64,5 kg.

O ganho médio diário apresentou efeito de período ($P<,0001$; Figura 7). À medida que o período de transição águas-secas foi se caracterizando o ganho médio foi reduzindo, o qual deve ser atribuído à qualidade da forragem, que também foi reduzida ao longo dos períodos experimentais.

Tabela 10 – Desempenho de bovinos Nelore durante a transição águas-secas recebendo diferentes tipos de suplementos.

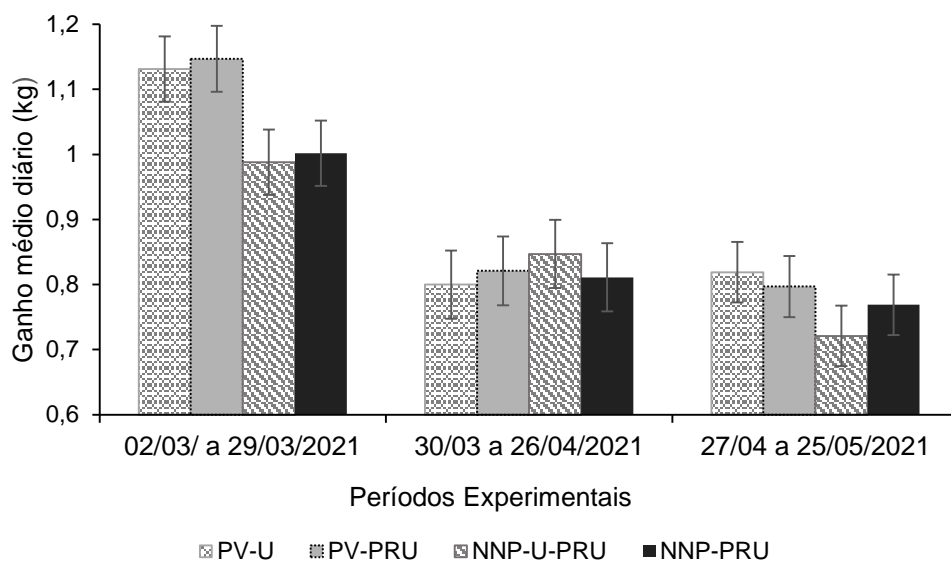
	Tratamentos				EPM ¹	P-valor					
	PV-U	PV-PRU	NNP-U-PRU	NNP-PRU		C1 ²	C2 ³	C3 ⁴	Trat	Per	Tra x Per
PCI (kg)	395,4	395,5	392,3	391,6	22,62	0,25	0,96	0,86	0,71	-	-
PCF (kg)	471,5	472,9	463,9	463,9	22,34	0,04	0,79	0,99	0,23	-	-
GMD (kg)	0,916	0,923	0,852	0,861	0,03	0,02	0,87	0,82	0,14	<0,0001	0,11
TL (UA/ha)	2,49	2,52	2,41	2,45	0,19	0,62	0,88	0,86	0,95	<0,0001	0,06
GPA (kg/ha)	71	68	62	67	2,77	0,02	0,31	0,14	0,04	<0,0001	0,14

1=EPM: Erro padrão da média.

2=C1 - PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU (Substituição do farelo de soja por NNP).

3= C2 - NNP-U-PRU vs NNP-PRU (baixo e alto nível de ureia pós-ruminal (PRU)) 4=C3 - PV-U vs PV-PRU (Ureia vs PRU).

PCI= Peso corporal inicial; PCF= Peso corporal final; GMD= Ganho médio diário; TL= Taxa de lotação; GPA= Ganho por área.



02/03 a 29/03/2021= Primeiro período 30/03 a 26/04/2021= Segundo período; 27/04 a 25/05/2021= Terceiro período EPM= 0,035

Figura 7 - Ganho médio diário em kg por dia, de acordo com os períodos experimentais

7.2.3 Taxa de desaparecimento do suplemento

O tempo de consumo do suplemento foi diferente entre os tratamentos, apresentando efeito para os tratamentos, que continham farelo de soja, em comparação aos suplementos com NNP, ($P < ,0001$). Animais suplementados com PV-U/PV-PRU consumiam todo o suplemento até 6 horas após a suplementação, diferente de animais suplementados com NNP, que levaram mais tempo para consumir todo o suplemento. Ao final de 24 horas, não houve sobras em nenhum tratamento (Figura 8).

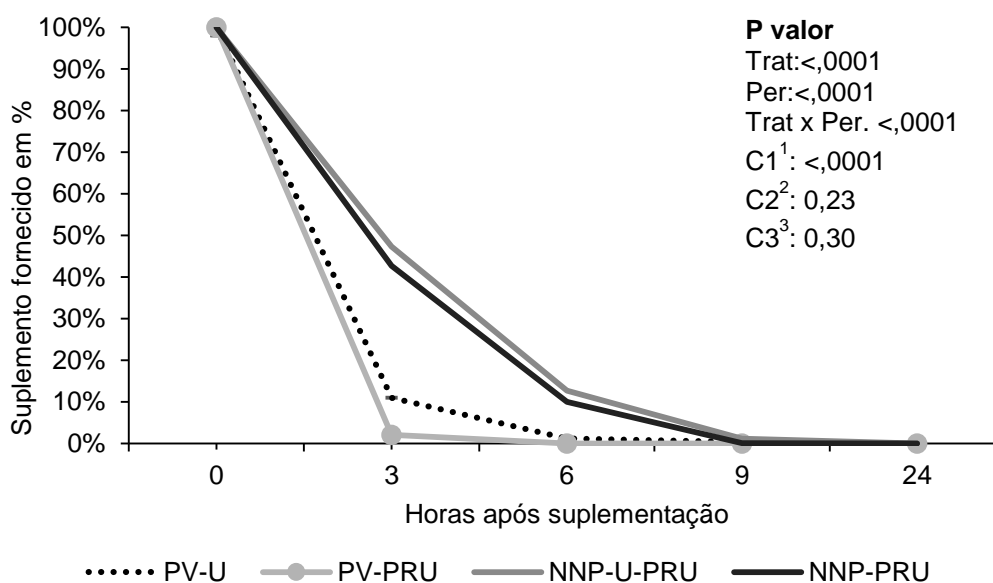


Figura 8- Taxa de desaparecimento do suplemento ao longo do período experimental dos animais desempenho. Contrastes= 1=**C1** - PV-U/PV-PRU vs NNP-U-PRU/NNP-PRU (Substituição do farelo de soja por NNP). 2= **C2** - NNP-U-PRU vs NNP-PRU (baixo e alto nível de ureia pós-ruminal (PRU) 3=**C3** - PV-U vs PV-PRU (Ureia vs PRU). EPM: 1,21 (erro padrão da média). A hora 0 corresponde a quantidade total de suplemento fornecido.

8. DISCUSSÃO

Os resultados do presente trabalho, mostram que as mudanças na qualidade da forragem, ao longo dos períodos experimentais, onde foi se caracterizando a transição das águas para a seca, teve impacto direto na redução do desempenho animal.

Durante o período experimental a forragem sofreu mudanças na sua estrutura, assim como uma queda no seu valor nutricional. Com o passar dos períodos experimentais o dossel forrageiro foi sofrendo modificações, a proporção de matéria verde em relação à senescente foi alterada, como mostram as figuras 5 e 6.

As mudanças nas proporções também sofreram influência da presença dos animais na área, uma vez que os ruminantes praticam pastejo seletivo com preferência por consumirem folhas verdes, favorecendo o acúmulo de partes de menor aceitação (Carvalho et al, 2001). Logo houve redução na proporção de folhas verdes ao longo dos períodos experimentais, em função da presença dos animais e da escassez hídrica provocada pela diminuição das chuvas, que caracteriza o período de transição.

No período de transição águas-secas, ocorre uma redução do fotoperíodo, temperatura e precipitação, normalmente as plantas entram em estágio reprodutivo, observando-se uma redução da relação folha:colmo e queda no teor de proteína bruta (Detmann et al., 2010). No presente estudo observa-se o comportamento decrescente no teor de proteína bruta e de fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd) ao longo dos períodos experimentais, sendo a FDNpd o principal substrato para produção de carne nos trópicos (Detmann et al., 2008).

De acordo com Van Soest (1994), o valor mínimo de proteína bruta da forragem deve ser de 7% para que a fermentação ruminal não seja comprometida, valores abaixo comprometem o requerimento de nitrogênio aos microrganismos ruminais. Os dados do presente estudo mostram que o percentual de proteína da forragem variou ao longo do período experimental, observou-se maior valor no segundo período com média de 91 g/kg MS, sendo esse, o período com maior média de precipitação (62,4 mm). No terceiro período experimental não houve chuvas, a média de proteína bruta do pasto caiu para 61 g/kg MS, o que acaba reduzindo o desempenho animal.

O ganho médio diário dos animais foi diferente ao longo dos períodos experimentais, à medida que a qualidade do pasto foi reduzida houve um decréscimo no ganho de peso dos animais. De acordo com Euclides (2000), animais mantidos em pastagens de *Urochloa brizantha* mostram padrão sazonal, com taxas crescentes durante a primavera/verão e decrescentes no resto do ano. Dessa forma é enfatizado que a suplementação deve ser realizada de acordo com as características apresentadas pela forragem ao longo das estações, a fim, de minimizar os impactos que possam ser causados no desempenho dos animais durante as fases de escassez hídrica que culminam em uma forragem de baixa qualidade.

Dessa forma, o manejo nutricional bem sucedido deve buscar equilibrar as exigências nutricionais dos animais, com as mudanças sofridas pela planta forrageira ao longo das flutuações estacionais do ano, de forma que sejam garantidas condições ideais para o crescimento animal contínuo e uniforme (Paulino, 1999).

A substituição do farelo de soja seja pela junção da ureia convencional mais ureia pós-ruminal, ou somente pela ureia pós-ruminal acarretou em redução no ganho de peso dos animais. Uma das hipóteses do estudo, era de que substituição total do farelo de soja por uma mistura de ureia convencional mais ureia pós-ruminal, ou somente pela ureia pós-ruminal, não afetaria o desempenho dos animais, no entanto, a hipótese foi negada, uma vez que a retirada de uma fonte que contém proteína verdadeira (farelo de soja) teve impacto negativo na produção animal.

Essa diferença no ganho de peso dos animais se caracterizou principalmente no primeiro período experimental, conforme demonstrado na figura 7, de acordo com os tratamentos utilizados a quantidade de NNP, presente nos suplementos NNP-U-PRU e NNP-PRU, pode ter interferido no desempenho dos animais, pois no primeiro período experimental, com uma melhor qualidade da forragem pode ter havido excesso de NNP, pelo maior percentual da fração A da forragem, já os suplementos que continham o farelo de soja, como fonte de proteína verdadeira, deu um suporte maior para a utilização do NNP, pelos microrganismos ruminais.

O farelo de soja é um alimento que apresenta alto valor biológico, por conter um adequado balanço para a maioria aminoácidos essenciais, sendo um alimento rico em proteína verdadeira (Valadares Filho e Valadares, 2001). Segundo Cochran et al. (1998) a suplementação com PDR apresenta maior impacto no uso de forragem, uma

vez que a suplementação com PNDR não contribui diretamente para a produção de proteína microbiana e para a digestão da forragem. Ainda de acordo com esses autores, suplementos baseados em NNP são mais efetivos em promover maior eficiência na utilização da forragem desde que, pelo menos, 25% da PDR seja oriunda de proteína verdadeira.

Nossos resultados enfatizam a necessidade de uma fonte de proteína verdadeira para potencializar o ganho de peso dos animais suplementados, seja com ureia convencional, ou ureia pós-ruminal, os suplementos que continham ureia convencional e pós-ruminal associados a fontes de proteína verdadeira vinda do farelo de soja, apresentaram maior ganho médio diário de peso.

Segundo Santos (1998), em uma revisão feita sobre a utilização de proteína pós-ruminal para vacas em lactação, a suplementação com fontes proteicas pós-ruminal em substituição ao farelo de soja, aumenta numericamente a passagem de proteína dietética para o intestino, no entanto ocorre uma diminuição na passagem de proteína microbiana para o intestino delgado, dessa forma sugeriu-se que a inclusão de fontes de PNDR, na dieta acarretaria em limitações das frações nitrogenadas como peptídeos e aminoácidos, advindos do farelo de soja.

A menor concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), ocorreu quando substituiu-se o farelo de soja por NNP, animais suplementados com NNP comparados com PV, apresentaram menor concentração de ácidos graxos de cadeia curta total e ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR).

A diferença na concentração de AGCC e AGCR pode estar no fato de que a proteína verdadeira é responsável por disponibilizar aminoácidos e peptídeos aumentando assim a eficiência de crescimento dos microrganismos ruminais, sendo também responsável pelo suprimento de AGCR, o farelo de soja é uma fonte de proteína verdadeira de alta degradabilidade ruminal que fornece aminoácidos de cadeia ramificada que dão origem aos AGCR, esses ácidos graxos são essenciais para potencializar o crescimento de bactérias que degradam compostos fibrosos (Firkins et al., 2007), pois esses microrganismos dependem de amônia e AGCR para a síntese de suas proteínas (Kozloski, 2019).

Logo, a maior concentração de ácidos graxos de cadeia ramificada é fundamental para o desempenho das bactérias fibrolíticas, conseqüentemente maior

atuação sobre os compostos fibrosos favorecendo a maior concentração de AGCC, como observado no presente trabalho, onde animais que recebem suplemento contendo farelo de soja mais ureia convencional ou pós-ruminal, apresentaram maior concentração de AGCC total.

Os níveis de nitrogênio amoniacal ficaram todos superiores a 5 mg/dL, preconizado por Satter e Slyter (1974), como sendo o nível mínimo para garantir a adequada atividade microbiana e crescimento das bactérias celulolíticas. Já de acordo com Van soest (1994), um nível ótimo de NH_3 seria de 10 mg/100mL, no entanto valores de NH_3 não devem ser considerados fixos uma vez que a captação de amônia para a síntese microbiana depende da taxa de fermentação dos carboidratos. Detmann et al (2014), enfatiza que bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade, o acúmulo de nitrogênio amoniacal excedendo de 10 a 12 mg/dL, pode ocorrer limitação quando ao fornecimento de energia para a absorção do N, podendo esse nitrogênio ser transferido para o sangue.

Os tratamentos que continham ureia pós-ruminal apresentaram maiores concentrações de nitrogênio amoniacal no rúmen, e menores concentrações de ureia sanguínea, dessa forma a eficiência de utilização do nitrogênio pode ter sido mais eficiente nesses animais, de forma que a ureia pós-ruminal pode ter favorecido a reciclagem de ureia para o rúmen, portanto, animais suplementados com ureia convencional (PV-U), apresentaram menores concentrações de nitrogênio amoniacal no rúmen, e maiores concentrações de ureia presente no sangue, podendo esse excesso de ureia ser perdida via urina.

A ureia fornecida de forma excessiva acelera a produção e absorção de amônia, e o pH tem participação direta nesse processo, a elevação da amônia, leva a uma elevação do pH, e conseqüentemente altera o gradiente de permeabilidade do epitélio ruminal (kozloski, 2019).

O pH mais alto favorece a saída da amônia do meio ruminal para a corrente sanguínea, dessa forma, animais suplementados com PV-U e NNP-U-PRU, apresentaram menores concentrações de nitrogênio amoniacal e maiores valores de pH, 3 horas após a suplementação, já o tratamento composto somente por ureia pós-ruminal, (PV-PRU), apresentou menor pH e maior concentração de nitrogênio amoniacal no rúmen.

O pH mais baixo diminui a permeabilidade do rúmen, podendo manter o suprimento de nitrogênio mais adequado para o crescimento microbiano (Abdoun et al., 2007; Aschenbach et al., 2011). O menor valor de pH foi observado nos tratamentos PV-U e PV-PRU, em relação aos tratamentos NNP-U/-PRU/NNP-PRU o que pode ser atribuído a um maior crescimento microbiano, e conseqüentemente maior produção de ácidos graxos de cadeia curta.

Segundo Kaneko et al, (2008), existem modificações quanto aos parâmetros sanguíneos ligados as espécies, levando a variações, entre as raças, assim como entre as faixas etárias dos animais, de forma que explica a variação de valores encontrada no presente trabalho em relação aos valores referência. Outro fator que pode ter afetado os alguns parâmetros sanguíneos é a idade e o peso dos animais canulados, por serem animais adultos, e pesados.

De acordo com Kaneko et al. (2008), o nível normal de ureia no sangue de animais ruminantes deve estar entre 20 e 30 mg/dL. A concentração de ureia no sangue está diretamente ligada com o percentual de proteína do alimento ingerido pelo animal, valores baixos são encontrados em rebanhos que consomem dietas com baixos teores de proteína, e valores mais altos por aqueles que consomem dietas com elevado percentual de proteína, ou com déficit de energia (González, 2018).

A concentração de ureia sanguínea dos animais que receberam os tratamentos PV-U, PV-PRU e NNP-U-PRU, encontravam-se acima da concentração considerado normal, de forma que animais que apresentaram maiores níveis de ureia no sangue, tinham menos nitrogênio amoniacal disponível no rúmen.

Os valores para a albumina e proteína total encontram-se ligeiramente elevados. De acordo com Kaneko et al (2008), valores para albumina presente no sangue de bovinos, deve estar entre 3 e 3,55 g/dL, já de proteína seriam 6,7 a 7,5. A albumina indica o estado proteico do animal a longo prazo, (Payne & Payne, 1987), valores abaixo do normal, indicam baixo consumo proteico. A proteína total é composta principalmente por albumina e globulinas, dessa forma o aumento da proteína total, levou ao aumento da albumina, no presente trabalho.

A enzima gama glutamiltransferase (GGT), tem alta atividade nos rins e no fígado, no entanto somente o GGT de origem hepática é encontrada no sangue, o aumento dessa enzima no sangue pode indicar lesões hepáticas (Amorim et al,

.2003). Segundo Kaneko et al (2008), os valores para GGT no plasma de animais bovinos, deve estar de 6,1 a 17,4 U/L, valores relativamente maiores foram encontrados no trabalho em questão, sendo o maior valor observado para o tratamento PV-U, que apresentou maior nível de ureia sanguínea, dessa forma pode ter havido uma sobrecarga de amônia no fígado. Os valores encontrados para enzima aspartato aminotransferase (AST), estão de acordo com o estabelecido (78 a 132, Kaneko et al., 2008), o aumento da AST, indica lesões hepáticas graves.

O ácido úrico é originado da degradação das purinas provenientes dos ácidos nucleicos, já a creatinina é derivada do catabolismo da creatina muscular, sendo pouco afetada pela alimentação ou pelo consumo de proteína (Kaneko et al., 2008). Os resultados apresentados no presente trabalho estavam ligeiramente acima, do estabelecido como normal para bovinos.

Apesar de não ter havido sobras de suplemento ao longo dos períodos experimentais, no experimento 2, observou-se um comportamento de consumo diferente, entre os suplementos que continham farelo e soja e NNP. Sabe-se que a ureia é um limitador de consumo (Paulino et al., 2006), dessa forma influenciou no tempo de consumo do suplemento, pelos animais.

A ureia em excesso limita o consumo dos animais não apenas por suas características sensoriais, mais também por reações fisiológicas, envolvendo as rotas metabólicas, a amônia derivada do excesso de ureia no rúmen, pode passar intacta pelo fígado, e entrar na circulação sistêmica, dessa forma afeta diretamente os órgãos e tecidos, sendo as concentrações toleradas pelo cérebro muito menores do que a suportada pelos tecidos do sistema porta, assim, ocorre interferência sobre o metabolismo energético cerebral, de forma que o ciclo de Krebs é inibido, sendo o ciclo da ureia diretamente dependente do ciclo de Krebs, então o excesso de amônia circulante leva ao mal funcionamento cerebral por déficit energético, causando mal-estar aos animais (Detmann et al., 2007).

O uso de ureia pós-ruminal como ingrediente para a formulação de suplementos para bovinos a pasto é uma tecnologia nova, visto que outros trabalhos testando o uso de ureia pós-ruminal foram conduzidos por meio de infusão direta no abomaso (Carvalho et al, 2019; Oliveira et al, 2020), e obtiveram resultados positivos quanto a melhoria na utilização da fibra pelos animais, frente a utilização da ureia convencional.

Dessa forma é necessário entender melhor a contribuição da ureia pós-ruminal no metabolismo animal, e sua interação com outros ingredientes do suplemento.

Sendo necessário a análise quando a viabilidade da substituição de fontes que contém proteína verdadeira, pela ureia, visto que a proteína de origem vegetal, como o farelo de soja disponibiliza fatores essenciais para a síntese de proteína microbiana, (Huber, 1994), devendo essa substituição ser realizada de maneira que não venha prejudicar o desempenho animal.

A hipótese inicial de que a utilização de ureia seria melhorada com a mudança do local de absorção do rúmen para os compartimentos pós-ruminais, assim como também poderia ser possível substituir totalmente o farelo de soja do suplemento por ureia sem comprometer o desempenho animal, foi refutada.

9. CONCLUSÃO

A retirada do farelo de soja do suplemento e sua substituição seja pela junção da ureia convencional mais ureia pós-ruminal, ou somente pela ureia pós-ruminal compromete o desempenho dos animais. A utilização da ureia convencional ou pós-ruminal apresentam efeitos similares no desempenho e metabolismo animal, assim como os níveis de inclusão da ureia pós-ruminal.

10.REFERÊNCIAS

Abadias IM, da Fonseca PRB, Barbos CH (2020) Manejo da pecuária-uma análise sobre impactos ambientais. **Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente** 113-125.

Abdoun K, Stumpff F, Martens H (2007) Ammonia and urea transport across the rumen epithelium: a review. **Animal Health Ressearch Reviews** 7:43-59.

Allen RE, Merkel RA, Young RB (1979) Cellular aspects of muscle growth: Myogenic cell proliferation. **Journal of Animal Science** 49:115-127.

Alves Neto JA, Oliveira IM, Moretti MH, Gonçalves PH, Alves MAP, Fernandes JJR, Resende FD, Siqueira GR (2018) Determining the optimal dose of virginiamycin for ruminal parameters and performance of Nellore cattle on pasture. **Ciências Agrárias** 39:1749-1758.

AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th ed. **Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, 1995.

Aschenbach JR, Penner GB, Stumpff F, Gabel G (2011) Ruminant nutrition symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. **Journal of Animal Science** 89:1092–1107.

Amorim RM, Borges AS, Kuchembuck MRG, Takahira RK, Alencar NX (2003) Bioquímica sérica e hemograma de bovinos antes e após a técnica de biópsia hepática. **Ciência Rural** 519-523.

Barbosa FA, Graça DS, Maffei WE, Silva Júnior FV, Souza GM (2007) Desempenho e consumo de matéria seca de bovinos sob suplementação protéicoenergética, durante a época de transição água-seca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 59:160-167.

Bach A, Calsamiglia S, Stern MD (2005) Nitrogen Metabolism in the Rumen. **Journal of dairy science** 88:9–21.

Batista ED, Detmann E, Valadares Filho SC, Titgemeyer EC, Valadares RFD (2017) The effect of CP concentration in the diet on urea kinetics and microbial usage of recycled urea in cattle: a meta-analysis. **Animal** 11:1303-1311.

Batista ED, Detmann E, Gomes DI, Rufino LMA, Paulino MF, Valadares Filho SC, Franco MO, Sampaio CB, Reis WLS (2016) Effect of protein supplementation in the rumen, abomasum, or both on intake, digestibility, and nitrogen utilisation in cattle fed high-quality tropical forage. **Animal Production Science** 57:1993-2000.

Cheng KJ, Wallace RJ (1979) The mechanism of passage of endogenous urea through the rumen wall and the role of ureolytic epithelial bacteria in the urea flux. **British Journal of Nutrition** 553-7.

Cardoso ADS, Barbero RP, Romanzini EP, Teobaldo R W, Ongaratto, F, Fernandes, MHMR, Ruggieri AC, Reis RA (2020) Intensification: A key strategy to achieve great animal and environmental beef cattle production sustainability in Brachiaria grasslands. **Sustainability**, 12: 6656.

Carvalho IPC, Doelman J, Martín-Tereso J (2019) Post-ruminal non-protein nitrogen supplementation as a strategy to improve fibre digestion and N efficiency in the ruminant. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 104: 64-75.

Carvalho PCF, Ribeiro Filho HMN, Poli CHEC. Morais A, Delagarde R (2001) Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, **Anais...** Piracicaba. p.853-871.

Carvalho TB de, Zen S de (2017) The beef cattle chain in Brazil: evolution and trends. **Revista Ipeceg** 3:85-99.

Casper DP, Maiga HA, Brouk MJ, Schingoethe DJ (1999) Synchronization of Carbohydrate and Protein Sources on Fermentation and Passage Rates in Dairy Cows. **Journal of dairy Science** 8:1779–1790.

Costa VAC, Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, Henriques LT, Carvalho IPC (2011) Digestibilidade total e parcial e balanço nitrogenado em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementos com nitrogênio não-proteico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40: 2815-2826.

Cherdthong A, Wanapat M (2010) Development of Urea Products as Rumen Slow Release Feed for Ruminant Production: A Review. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences** 4:2232-2241.

Cochran RC, Köster HH, Olson KC, Heldt JS, Mathis CP, Woods BC (1998) Supplemental protein sources for grazing beef cattle. In: Annual florida ruminant nutrition symposium. **Anais...** University of Florida, p.123-136.

de Souza Filho W, Nunes PAA, Barro RS, Kunrath TR, de Almeida GM, Genro TCM, Bayer C, Carvalho PCF (2019) Mitigation of enteric methane emissions through pasture management in integrated crop-livestock systems: Trade-offs between animal performance and environmental impacts. **Journal of Cleaner Production** 213:968–975.

Dias FRT, Biscola PHN, Malafaia GC (2020) **Como deverá ser a comercialização na cadeia produtiva da carne bovina em 2040?** Embrapa Gado de Corte- 1-136.

Detmann E, Valadares Filho, SC, Paulino MF, Huhtanen P (2014c) Nutritional aspects applied to grazing cattle in tropics: a review based on Brazilian results. **Semina Ciências Agrárias** 35:2829-2854.

Detmann E, Queiroz, A de, Zorzi K, Mantovani HC, Boyão GFV, Gomes MPC (2011) Degradação in vitro da fibra em detergente neutro de forragem tropical de baixa qualidade em função da suplementação com proteína verdadeira e/ou nitrogênio não-proteico. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40:1272-1279.

Detmann E, Valente ÉEL, Batista ED, Huhtanen P (2014b) An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science** 162:141-153.

Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, Lana RP (2007) Fatores controladores de consumo em suplementos múltiplos fornecidos ad libitum para bovinos manejados a pasto. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia** 55:73–93.

Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, Batista ED, Rufino LMA (2014a). Aspectos nutricionais aplicados a bovinos em pastejo nos trópicos In: Simpósio de produção de gado de corte, **Anais...Viçosa**: p 239-263.

Detmann E, Batista ED, Silva, ET, Reis, WLS, Oliveira CVR, Palma MNN (2020) Metabolismo do nitrogênio em bovinos em pastejo nos trópicos In: Simpósio Maranhense de produção de ruminantes e pastagens, **Anais...Maranhão**: p 121-155.

Detmann, E, Paulino MF, Mantovani HC, Filho SCV, Sampaio CB, de Souza MA, Lazzarine I, Detmann, KSC (2009) Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis–Menten kinetics. **Livestock Science** 126:136–146.

Detmann, E, Paulino MF, Campos Filho SV (2010) Otimização do uso de recursos forrageiros basais: otimização do uso recursos basais de baixa qualidade. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, **Anais...Viçosa**, p.191-240.

Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC (2008) Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: Simpósio de produção de gado de corte. **Anais... Viçosa**, p.21-52.

Detmann, E, Souza MA, Valadares Filho SC, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba EOS, Cabral LS, Pina DS, Ladeira MM, Azevêdo JAG (2012) **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214p.

De Vries MFW (1995) Estimating forage intake and quality in grazing cattle: a reconsideration of the hand-plucking method. **Journal of Range Management** 48:370-375.

Euclides VPB (2000) **Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem**. Campo Grande: Embrapa gado de corte, 65p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1999). **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília, 412p.

Egan A (1965) The fate and effects of duodenally infused casein and urea nitrogen in sheep fed on a low-protein roughage. **Crop and Pasture Science** 16:169-177.

Egan AR, Moir RJ (1965) Effects of duodenally infused single doses of casein, urea, and propionate upon voluntary intake of a low-protein roughage by sheep. **Australian Journal of Agricultural Research** 16:437-49.

Erfle JD, Sauer FD, Mahadevan S (1977) Effect of ammonia concentration on activity of enzymes of ammonia assimilation and on synthesis of amino acids by mixed rumen bacteria in continuous culture. **Journal of Dairy Science** 60:1064-1072.

Franco MO, Detmann E, Batista ED, Rufino, LMA, Paulino MF, Valadares Filho, SC (2021) Nutritional performance and metabolic characteristics of cattle fed tropical forages with protein and starch supplementation. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 93:1-18.

Firkins JL, Yu Z, Morrison M (2007) Ruminant nitrogen metabolism: perspectives for integration of microbiology and nutrition for dairy. **Journal of Dairy Science**, 90:1-16.

Fernandes HJ, Paulino MF, Martins RGR, Valadares Filho SC, Torres RA, Paiva LM, Moraes GFBK (2004) Ganho de peso, conversão alimentar, ingestão diária de nutrientes e digestibilidade de garrotes não castrados de três grupos genéticos em recria e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia** 33: 2403 – 2411.

Guimarães Júnior R, Pereira LGR, Tomich TR, Gonçalves LC, Fernandes FD, Barioni LG, Martha Júnior GB (2007) **Ureia na alimentação de vacas leiteiras**. **Embrapa Cerrados**. p 33.

González F. **Doze leituras em bioquímica clínica veterinária**. Rio Grande do Sul, 2018. 166 p.

Goes RHDT, Mancio AB, Lana RDP, Leão MI, Alves DD, Silva ATS (2005) Recria de novilhos mestiços em pastagem de *Brachiaria brizantha*, com diferentes níveis de suplementação, na região Amazônica. Consumo e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia** 34:1730-1739.

Goering HK, Van Soest PJ (1970) **Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, DC: USDA.

Helmer LG, Bartley EE (1971) Progress in the Utilization of Urea as a Protein Replacer for Ruminants. A Review. **Journal of dairy Science**, 54:25-51.

Hogan JP, Weston RH (1967) The digestion of two diets of differing protein content but with similar capacities to sustain wool growth. **Australian Journal Of Agricultural Research** 6:973.

Hvelplund T, Weisbjerg MR (2000) **In Situ techniques for the estimation of protein degradability and postruminal availability**. In: Forage evaluation in ruminant nutrition 233-258.

Homem BGC, Lima IBG, Spasiani PP, Ferreira IM, Boddey RM, Bernardes TF, Dubeux JCB, Casagrande DR (2021a) Palisadegrass pastures with or without nitrogen or mixed with forage peanut grazed to a similar target canopy height. 1. Effects on herbage mass, canopy structure and forage nutritive value. **Grass and Forage Science** 76:400-412.

Homem BGC, Lima IBG, Spasiani PP, Borges LPC, Boddey RM, Dubeux JCB, Bernardes TF, Casagrande DR (2021b) Palisadegrass pastures with or without nitrogen or mixed with forage peanut grazed to a similar target canopy height. 2. Effects on animal performance, forage intake and digestion, and nitrogen metabolism. **Grass and Forage Science** 76:413-426.

Hvelplund T, Weisbjerg MR (2000) In Situ techniques for the estimation of protein degradability and postruminal availability. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E.; OMED, H.M. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. Wallingford, UK: CAB International, p. 233-257.

Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML (2008) **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 6th ed. Academic Press, San Diego. 916p.

Kozloski GV (2019) **Bioquímica dos ruminantes**. 3. ed. Santa Maria: UFSM. 212p

Li MM, Titgemeyer EC, Hanigan MD (2019) A revised representation of urea and ammonia nitrogen recycling and use in the Molly cow model. **Journal of Dairy Science** 102:1–21.

Little CO, Mitchell GE (1967) Abomasal vs. Oral Administration of Proteins to Wethers². **Journal of Animal Science** 26:411–413.

Licitra G, Hernandez TM, Van Soes PJ (1996) Padronização de procedimentos de fracionamento de nitrogênio em alimentos para ruminantes. **Animal Feed Science Technology** 57:347-358.

Lapierre H, Lobley GE (2001) Nitrogen recycling in the ruminant: a review. **Journal of Dairy Science** 84:223-236.

Malafaia, GC, de Azevedo DB, Pereira MDA, Matias MDA (2019) **A sustentabilidade na cadeia produtiva da pecuária de corte brasileira**. Embrapa Gado de Corte- Capítulo em livro científico (ALICE).

Mott GO, Lucas HL (1952) The designs conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: International Grassland Congress, Pennsylvania. **Anais...** Pennsylvania: State College Press, p.1380-1385.

Muscher AS, Schröder B, Breves G, Huber K (2010) Dietary nitrogen reduction enhances urea transport across goat rumen epithelium. **Journal of Animal Science** 88:3390-3398.

Machado PAS (2009) **Desempenho produtivo e exigências nutricionais de bovinos de corte em pastagens de brachiaria decumbens suplementados no período de transição águas-secas**. 86 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa.

Medica JAS, Reis NS, Santos MER (2017) Caracterização morfológica em pastos de capim Marandu submetidos a frequências de desfolhação e níveis de adubação. **Ciência Animal Brasileira**, 18:1-13.

Owens FN, Dubeski P, Hanson CF (1993) Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science** 71: 3138-3150.

Oliveira CVR de, Silva T E, Batista ED, Rennó LN, Silva FF, Carvalho IPC de; Martín-Tereso, J; Detmann E (2020) Urea supplementation in rumen and post-rumen for cattle fed a low-quality tropical forage. **British Journal of Nutrition** 124:1166-1178.

Oliveira AS, Valadares RFD, Valadares Filho SC, Cecon PR, Rennó LN, Queiroz AC, Chizzotti ML (2001) Produção de proteína microbiana e estimativas das excreções de derivados de purinas e de ureia em vacas lactantes alimentadas com rações isoprotéicas contendo diferentes níveis de compostos nitrogenados não-protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia** 30:1621-1629.

Oliveira P, Azenha M, Rodrigues P, Alves T, Lemes A, Pedroso ADF (2020) **Emissão de óxido nitroso em pastagens tropicais de sistemas de produção de bovinos de corte**. Embrapa Pecuária Sudeste-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E).

Paulino MF, Detmann E, Valadares Filho SC (2008) Bovinocultura funcional nos trópicos. In: Simpósio de produção de gado de corte, **Anais...Viçosa**, p 217-305.

Paulino MF, Figueiredo DM de, Moraes EHBK de, Porto MO, Sales MFL, Acedo TS, Villela SDJ, Valadares Filho SC (2004) Suplementação de bovinos em pastagens: uma visão sistêmica. In: Simpósio de produção de gado de corte, **Anais...Viçosa**, p 93-144.

Paulino MF, Zamperlini B, Figueiredo DM, Moraes EHBK, Fernandes HJ, Porto MO, Sales MFL, Paixão ML, Acedo TS, Detmann E, Valadares Filho SC (2006). Bovinocultura de precisão em pastagens. Simpósio de produção de gado de corte, **Anais...Viçosa**, 361-411.

Paulino MF, Zervoudakis JT, Moraes EHBK, Detmann E, Valadares Filho SC (2002) Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. In: Simpósio de produção de gado de corte, **Anais...** Viçosa, p153-196.

Paulino VT, Teixeira EML (2009) Sustentabilidade de pastagens – Manejo adequado como medida redutora da emissão de gases de efeito estufa. *Produção Animal Sustentável, Ecologia de Pastagens*, IZ, APTA/SAA, 16p.

Paulino MF (1999) Estratégias de suplementação para bovinos em pastejo. In: Simpósio de Produção de gado de corte, **Anais...** Viçosa, p.137-156.

Poppi DP, McLennan SR (1995) Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science** 73:278-290.

Ramalho TRA (2006) **Suplementação proteica ou energética para bovinos recriados em pastagens tropicais**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP.

Reis RA, Ruggieri AC, Casagrande DR, Páscoa AG (2009) Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38:147-159.

Reis RA, Ruggieri AC, Oliveira AA, Azenha MV, Casagrande DR (2012) Suplementação como Estratégia de Produção de Carne de Qualidade em Pastagens Tropicais. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal** 13:642-655.

Rodrigues AA (2003) Utilização de Nitrogênio Não Protéico em dietas de ruminantes. Goiânia: **Anais...** 32 p.

Rodrigues, MT, Vieira, RAM (2011) Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: Berchielli, TT, Pires AV, Oliveira SG. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, Cap. 2. p. 29-56.

Rech CLS, Rech JL, Santana Júnior HÁ, Cardoso AS (2013) **Ruminantes fundamentos fisiológicos e nutricionais**. Salvador: Edunep, 246p.

Roth MTP, Fernandes RM, Custódio L, Moretti MH, Oliveira IM, Prados LF, Siqueira GR Resende FD (2018) Effect of supplementation level on performance of growing Nelore and its influence on pasture characteristics in different seasons. **Italian Journal of Animal Science** 215-225.

Roth MTP (2012) **Estratégias de suplementação na recria em pastagens e terminação em confinamento de tourinhos da raça Nelore**, 142 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

Rotta PP, Menezes, ACB, Silva LFC, Valadares Filho SC, Prados LF, Marcondes MI (2016) Exigências de proteína para bovinos de corte. In: Valadares Filho SC. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados – BR-CORTE**. 3. ed. Viçosa, Cap. 8. p. 191-220.

Santos PS, Lopes WMO, Casagrande YG, Malafaia GC (2022) Cenários futuros para a produção de bovinos de corte no Brasil. **Revista do Desenvolvimento Regional** 19:148-168.

Swanson KC, Freetly HC, Ferrell CL (2004) Nitrogen balance in lambs fed low-quality brome hay and infused with differing proportions of casein in the rumen and abomasum. **Journal of Animal Science** 82:502-7.

Satter LD, Slyter LL (1974) Effect of ammonia concentration of rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition** 32:199-208.

Santos FAP, Pedrosa AM (2011) Metabolismo de Proteínas. In: Berchielli TT, Pires, AV, Oliveira SG. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, Cap. 9. p. 265-297.

Santos JEP (2011) Distúrbios Metabólicos. In: Berchielli TT, Pires, AV, Oliveira SG. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, Cap. 15. p. 439-516.

Singer MA (2003) Do mammals, birds, reptiles and fish have similar nitrogen conserving systems?. **Comparative Biochemistry and Physiology** 134:543-558.

Silva LFP, Dixon RM, Costa DFA (2019) Nitrogen recycling and feed efficiency of cattle fed protein-restricted diets. **Animal Production Science** 59:2094-2107.

Sniffen CJ, O`connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russell JBA (1992) net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science** 70:3562-3577.

Sales MFL, Paulino MF, Porto MO, Valadares Filho SC, Acedo TS, Couto VRM (2008) Níveis de energia em suplementos múltiplos para terminação de novilhos em pastagem de capim-braquiária no período de transição águas-seca. **Revista Brasileira de Zootecnia** 37:724-733.

Salman AKD (2008) Utilização da amireia na alimentação de ruminantes. Rondônia: Embrapa. ISSN: 0103-9865.

Sollenberger LE, Cherney DJR (1995) Evaluating forage production and quality. In: Barnes RF, Miller DA, Nelson CJ (Eds.) Forages: the science of grassland agriculture. Ames: University Press 2:97-110.

Silva LFP, Dixon RM, Costa DFA (2019) Nitrogen recycling and feed efficiency of cattle fed protein-restricted diets. **Animal Production Science** 59:1-15.

Santos FA.P, Santos JEP, Theurer CB, Huber JT (1998) Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: A 12-year literature review. **Journal of dairy science** 3182-3213.

Salazar DR, Cortinhas CS, Freitas Jr JE (2008) Sincronismo energia - proteína: assimilação de nitrogênio e síntese de proteína microbiana em ruminantes. **PUBVET** 2:1-30.

Valadares Filho SC, Machado PAS, Chizzotti ML, Amaral HF, Magalhães KA, Rocha Junior VR, Capelle (2015) **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos.**

Valente TN, Detmann E, Queiroz AC, Valendares Filho SC, Gomes DI, Figueiras JF (2011) Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40: 2565–2573.

Van Soest PJ (1994) **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University Press, Ithaca 476 p.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of dairy Science** 74:3583–3597.

Valadares Filho, S.C.; Valadares, R.D.F (2001) Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras. In: SINLEITE – Simpósio internacional novos conceitos em nutrição, **Anais...** Lavras, p.229-247.

Velásquez PAT, Berchielli TT, Reis RA, Rivera AR, Dian PHM, Teixeira IAMA (2010) Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade in vitro de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39:1206.

Valkeners D, Théwis A, Piron, F, Beckers Y (2004) Effect of imbalance between energy and nitrogen supplies on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-muscled Belgian Blue bulls. **Journal of Animal Science** 82:1818–1825.

Weatherburn MW (1967) Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry** 39:971-974.

Winter KA, Pigden WJ (1971) Some effects of ruminal infusions of urea and urea-sucrose on utilization of oat straw by cows. **Canadian Journal of Animal Science**, 51:777–781.

Wickersham TA, Cochran RC, Titgemeyer EC, Farmer CG, Klevesahl EA, J.I Arroquy JI, Johnson DE, Gnad DP (2004) Effect of postruminal protein supply on the response to ruminal protein supplementation in beef steers fed a low-quality grass hay. **Animal Feed Science and Technology** 115:0–36.

Weston RH, Hogan JP (1967) The transfer of nitrogen from the blood to the rumen in sheep. **Australian Journal of Biological Sciences** 20:967-73.

Zervoudakis JT, Paulino MF, Cabral LS, Detmann E, Valadares Filho SC, Moraes EHBK (2010) Parâmetros nutricionais de novilhos sob suplementação em sistema de autocontrole de consumo no período de transição águas–seca. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39:2753-2762.

Zubieta ÁS, Savian J V, de Souza Filho W, Wallau, MO, Gómez AM, Bindelle, J, Olivier Bonnet JF, Carvalho PCF (2021) Does grazing management provide opportunities to mitigate methane emissions by ruminants in pastoral ecosystems?. **Science of the Total Environment** 754:142029.