

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

**USO DE UREIA PÓS-RUMINAL NA SUPLEMENTAÇÃO DE  
BOVINOS NELORE DURANTE A RECRIA NO PERÍODO  
SECO**

**Irene Alexandre Reis**

Zootecnista

2022

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

**USO DE UREIA PÓS-RUMINAL NA SUPLEMENTAÇÃO  
DE BOVINOS NELORE DURANTE A RECRIA NO  
PERÍODO SECO**

**Discente: Irene Alexandre Reis**

**Orientador: Prof. Dr. Flávio Dutra de Resende**

**Coorientadora: Dra. Laura Franco Prados**

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

**2022**

R375u      Reis, Irene Alexandre  
            Uso de ureia pós-ruminal na suplementação de Bovinos Nelore durante a recria no período seco / Irene Alexandre Reis. -- Jaboticabal, 2022  
            76 p. : tabs., fotos

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

            1. Bovino de Corte. 2. Nutrição animal. 3. Recria. 4. Nitrogênio na nutrição animal. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

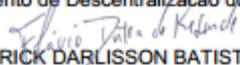
**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** USO DE UREIA PÓS-RUMINAL NA SUPLEMENTAÇÃO DE BOVINOS NELORE DURANTE A RECRIA NO PERÍODO SECO

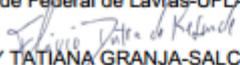
**AUTORA:** IRENE ALEXANDRE REIS

**ORIENTADOR:** FLÁVIO DUTRA DE RESENDE

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 ColinaSP

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

  
Dra. YURY TATIANA GRANJA-SALCEDO (Participação Virtual)  
Corporação Colombiana de Pesquisa Agropecuária / Medellín/Colômbia

Jaboticabal, 16 de fevereiro de 2022

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Irene Alexandre Reis, nascida em 14 de fevereiro de 1997, Porto Nacional, Tocantins. Filha de Maria Tereza Alexandre Reis e Raimundo da Cunha Reis. Possui graduação em Zootecnia (2015 – 2019), pelo Centro Universitário Católica do Tocantins. Atuando em projetos de extensões sob orientação do professor Dr. Iberê Pereira Parente (2016) e professora Dra. Angélica Pedrico (2017- 2018) e em iniciações científicas (2018 – 2019) na Embrapa Pesca e Aquicultura (Núcleo Temático de Sistemas Agrícolas), sob orientação do Dr. Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida. 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 Dr. Flávio Dutra de Resende.

*“É preciso ousadia para enfrentar o mundo e as próprias  
limitações”*

Autor desconhecido

*“Os grandes sucessos vêm de ter a liberdade para falhar”*

Mark Zuckerberg

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e ao meu anjo da guarda, por sempre estarem comigo me iluminando e guiando ao longo desta jornada, dando força e sabedoria para enfrentar todos os desafios.

À minha família. Aos meus pais, Raimundo e Maria Tereza pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Em especial a minha mãe, pelo carinho, compreensão, por estar presente em todos os momentos da minha vida, por acreditar em mim e não medir esforços para ajudar durante esta caminhada, meu grande exemplo de força, educação, fé, coragem e determinação.

Aos meus irmãos, Anna Inez e Thiago, pelo apoio, carinho, incentivo e companheirismo.

À minha parceira, companheira de experimento e amiga, Mailza, por toda cumplicidade, amizade, ensinamentos, ajuda durante esta jornada e condução de toda a fase experimental. Obrigada por sempre estar ao meu lado em todos os momentos, pelas conversas, pelo apoio, foi muito bom te encontrar nessa jornada e um grande prazer trabalhar com você durante esses anos. Gratidão!

Aos meus orientadores, professores Dr. Flávio Dutra e Dr. Gustavo Siqueira, pelo apoio, ensinamentos, paciência, confiança no trabalho realizado, oportunidade de aprendizado e por todas as contribuições valiosas na condução e elaboração deste trabalho.

À minha coorientadora, Dra. Laura Franco Prados, por toda a ajuda, confiança, incentivo, paciência (principalmente com as análises e interpretação dos resultados), pela disponibilidade e por todas as contribuições durante esse tempo.

A Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA de Colina), por me proporcionar toda a estrutura necessária para o desenvolvimento deste trabalho. Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNESP de Jaboticabal e seus docentes pelos ensinamentos e oportunidade de realização do mestrado.

Aos funcionários da APTA, Tozinho, Lori, Denilson, Luizinho, Roberto, Miltinho, Chico, Juninho, Antônio Carlos, Rogério, Néia e Sueli por todo o auxílio e suporte durante desenvolvimento deste projeto. Ao Toga e a Regina pelos ensinamentos e ajuda com as análises laboratoriais.

Aos colegas da pós-graduação da APTA/Hospedaria, Amanda, Aline, Henrique, Igor, Jéssica, Keuven, Luciana, Luís Henrique, Mariana, Mateus José, pelo convívio durante essa jornada, pela ajuda durante o experimento a campo, pelas boas conversas e ensinamentos. Em especial ao Iorrano, Karla e Laylles, pelo acolhimento, conselhos, contribuições, apoio com experimento (coletas, dados e análises) e por sempre estarem dispostos a ajudar. Aos estagiários, Gustavo, Matheus e João Pedro, pela ajuda durante a fase experimental.

Aos meus amigos do Tocantins que mesmo distantes foram presentes nesse momento, apoiando e incentivando meu crescimento. Em especial as minhas amigas, Taiana, Luisa Adriana, Juliana Arruda e Ana Cecília, por todo companheirismo, amizade e apoio nos momentos difíceis.

À Kétuly, por todo o companheirismo, apoio, acolhimento e incentivo desde o início do mestrado, obrigada por me estender a mão sempre que precisei.

Ao meu grande amigo e orientador, Dr. Rodrigo Estevam Munhoz, pelo apoio, por acreditar no meu potencial e me incentivar a ir além.

À empresa Trouw Nutrition, pela contribuição, parceria e patrocínio no desenvolvimento do trabalho. Em especial a Dra. Isabela Pena Carvalho e Dra. Josiane Lage pelo apoio e grande contribuição ao longo do projeto.

Aos membros das bancas de projeto, qualificação e defesa, professor Ricardo Andrade Reis, professor Otávio Rodrigues Machado Neto, Dra. Isabela Pena Carvalho, Dra. Yury Tatiana Granja-Salcedo e professor Erick Batista, pelos ensinamentos, comentários e valiosas contribuições com o trabalho.

A todos que contribuíram e incentivaram de alguma forma. Muito Obrigada!

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

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	3
3. HIPÓTESE.....	3
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
Produção e qualidade de forragem no período seco.....	4
Suplementação na estação seca do ano .....	7
Metabolismo de nitrogênio .....	10
Nitrogênio não proteico na dieta de bovinos .....	13
Ureia pós-ruminal na alimentação de ruminantes .....	15
Potencialização e sustentabilidade do sistema de produção .....	17
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	19
6. RESULTADOS .....	30
7. DISCUSSÃO.....	45
8. CONCLUSÕES.....	51
9. REFÊRENCIAS .....	52



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

## USO DE UREIA PÓS-RUMINAL NA SUPLEMENTAÇÃO DE BOVINOS NELORE DURANTE A RECRIA NO PERÍODO SECO

**RESUMO** – O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da suplementação com ureia pós-ruminal na alimentação de bovinos Nelore na fase de recria durante o período seco. A área de pastejo era formada pela forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu (em média 3,5% PB e 80,7% FDN). Os suplementos proteicos foram fornecidos diariamente, na quantidade de 2 g/kg PC do animal. Os tratamentos foram: 1- CONT: Proteinado + ureia convencional (50% PB), 2- PRU: Proteinado + ureia pós-ruminal (50% PB) e 3- U+PRU: Proteinado + ureia convencional + ureia pós-ruminal (70% PB). O estudo foi dividido em 2 experimentos. No primeiro experimento: 84 bovinos Nelore, machos não castrados,  $17 \pm 3$  meses de idade e PC médio  $315 \pm 84$  kg, distribuídos em blocos completos ao acaso, blocados por PC. No segundo experimento: 9 bovinos Nelore castrados, 35 meses de idade e PC médio  $651 \pm 45$  kg, fistulados no rúmen, distribuídos em triplo quadrado latino  $3 \times 3$ . No primeiro experimento, houve tendência para o consumo de suplemento entre os tratamentos ( $P = 0,06$ ) com maior consumo para o tratamento CONT e PRU, houve efeito de tratamento para a taxa de desaparecimento do suplemento ( $P < 0,01$ ), consumo mais rápido de suplemento para PRU e CONT, porém, o desempenho não foi influenciado pelos tratamentos ( $P = 0,31$ ). No segundo experimento, não houve efeito de tratamento para o consumo de suplemento, taxa de desaparecimento, pH ruminal e  $N-NH_3$  ( $P \geq 0,12$ ), mas houve interação entre tratamento e horário de coleta para o pH ( $P < 0,02$ ) e tendência para o  $N-NH_3$  ( $P = 0,07$ ). Além disso, houve diferença entre os tratamentos na concentração de AGCC total, o tratamento CONT foi maior em relação aos demais e diferença na relação acetato:propionato ( $P < 0,02$ ), com maior relação para os tratamentos PRU e U+PRU, foi observado tendência de tratamento ( $P = 0,07$ ) para aumento na proporção molar de propionato no tratamento CONT. A suplementação com ureia pós-ruminal apresentou resultados semelhantes em relação à ureia convencional, os parâmetros ruminais, sanguíneos e o desempenho animal não foram influenciados pelos diferentes tratamentos.

**Palavras-chave:** desempenho, eficiência de utilização, metabolismo de nitrogênio, nitrogênio não proteico.

## USE OF POST-RUMINAL UREA IN THE SUPPLEMENTATION OF NELLORE CATTLE DURING GROWING PHASE IN THE DRY SEASON

**ABSTRACT** – The objective of this study was to evaluate the effect of post-ruminal urea supplementation in relation to conventional urea in the feeding of Nellore cattle in the growing phase during the dry period. The grazing area was formed by forage *Urochloa brizantha* cv. Marandu (3.7% CP and 80.7% NDF). Protein supplements were provided daily, in the amount of 2 g/kg BW of the animal. The treatments were: 1- CONT: Protein + conventional urea (50% CP), 2- PRU: Protein + post-ruminal urea (50% CP) and 3- U+PRU: Protein + conventional urea + post-ruminal urea (70% CP). The study was divided into 2 experiments. In the first one: 84 Nellore cattle, uncastrated males,  $17 \pm 3$  months old and mean BW  $315 \pm 84$  kg, distributed in randomized complete block (blocked by BW). In the second experiment: 9 castrated Nellore cattle, 35 months old and mean BW  $651 \pm 45$  kg, rumen cannulated, distributed in a  $3 \times 3$  triple Latin square. In the first, there was a trend towards supplement intake among the treatments ( $P = 0.06$ ), with higher consumption for the CONT and PRU, and treatment effect for the disappearance rate of the supplement ( $P < 0.01$ ), faster supplement consumption for PRU and CONT, however, performance was not influenced by treatments ( $P = 0.31$ ). In the second experiment, there was no treatment effect on supplement intake and disappearance rate, ruminal pH and  $\text{NH}_3\text{-N}$  ( $P \geq 0.12$ ), but there was an interaction between treatment and collection time for pH ( $P < 0.02$ ) and trend for  $\text{N-NH}_3$  ( $P = 0.07$ ). In addition, there was a difference between the treatments in the total SCFA concentration, the CONT treatment was higher in relation to the others and a difference in the acetate:propionate ratio ( $P < 0.02$ ), with a greater relationship for the PRU and U+PRU treatments, a trend ( $P = 0.07$ ) for an increase in the molar proportion of propionate in the CONT treatment was observed. Supplementation with post-ruminal urea presented similar results compared to conventional urea, rumen and blood parameters and animal performance were not influenced by the different treatments.

**Keywords:** performance, utilization efficiency, nitrogen metabolism, non-protein nitrogen.

## 1. INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira apresenta grande expressividade no desenvolvimento econômico do país, principalmente, pela representatividade do rebanho zebuino com predominância da raça Nelore. A população de bovinos no Brasil é de aproximadamente 218,2 milhões de cabeças, onde, 86% desses animais realizam ciclo inteiro de produção em pastagens, pois constitui a principal fonte de alimento do rebanho (IBGE, 2020).

Desta forma, a fração da fibra em detergente neutro (FDN) tem papel fundamental como substrato, respondendo entre 60 a 80% da matéria seca total da forragem sendo a fonte de energia de custo mais baixo dentro do sistema de produção (Detmann et al., 2008; Detmann et al., 2010). Durante a estação seca do ano a planta apresenta aumento no teor de fibra, principalmente, em função do seu desenvolvimento o que implica na redução do conteúdo de proteína bruta e carboidratos solúveis (Neves et al., 2018).

Em sistemas de produção em pastagem, um dos principais entraves são os efeitos da sazonalidade na produção de forragem, ou seja, ocorrem modificações na estrutura do pasto, principalmente durante o período seco, fazendo com que um período do ano tenha alta oferta de forragem, e outro baixa oferta e redução da quantidade e qualidade nutricional (Roth et al., 2017), pelo aumento da lignificação da parede celular, afetando a digestibilidade, redução no consumo voluntário (Detmann et al., 2009; Lazzarini et al., 2009a) e, conseqüentemente, desempenho animal, limitando a atividade microbiana sobre a fração fibrosa.

São observadas limitações nutricionais nos recursos forrageiros disponíveis, de modo que, exista insuficiência de energia, proteína e minerais para o metabolismo animal (Van Soest, 1994). A suplementação de animais a pasto torna-se uma alternativa de grande importância para se alcançar maior eficiência no desempenho animal, com isso, o acréscimo de nutrientes que são limitantes via uso de suplementos deve ser estabelecido em função da época do ano, e em situações

diferentes de produção, permitindo maximizar a produtividade (Moretti et al., 2013; Roth et al., 2018).

A utilização de fontes de nitrogênio não proteico (NNP), como a ureia, representa uma opção para atender as exigências de proteína do animal, uma vez que as bactérias fermentadoras de carboidratos fibrosos utilizam a amônia como fonte de nitrogênio para o crescimento e produção de enzimas fibrolíticas (Santos e Pedroso, 2011). A suplementação com nitrogênio (N) incrementa o consumo e digestibilidade de forragens de baixa qualidade, pela maior disponibilidade de N no ambiente ruminal e, conseqüentemente, maior disponibilidade de energia via substrato basal para a síntese microbiana e melhor desempenho animal (Lazzarini et al., 2009b; Souza et al., 2010; Lazzarini et al., 2013).

No entanto, a ureia que é amplamente utilizada como fonte de NNP na nutrição de ruminantes, é rapidamente hidrolisada no rúmen apresentando limitações e efeitos prejudiciais na alimentação, onde, a alta carga de amônia liberada aumenta o transporte de amônia para o sangue. Com isso, mais amônia é absorvida antes de ser utilizada pelos microrganismos, se absorção excede a capacidade do animal reciclar a ureia de volta ao rúmen ocorrem perdas via excreção urinária, como também, impacto no desempenho fazendo com que os animais apresentem reflexos negativos no consumo (Lapierre & Lobley, 2001; Santos e Pedroso, 2011).

Neste contexto, estudos têm sido realizados buscando aumentar a eficiência do uso do N com fonte de entrega pós-ruminal (De Carvalho et al., 2019; De Oliveira et al., 2020), podendo ser uma forma de melhorar a digestibilidade de forragens de baixa qualidade e a retenção de N pelo animal, além de maximizar a eficiência microbiana e reduzir as perdas por excreção. O uso de uma fonte pós-ruminal apresenta um atraso em relação ao rúmen na entrega de N através da reciclagem, assim a entrega de amônia ocorre de forma mais lenta e constante ao longo do dia. Considerando uma forragem de baixa qualidade, o lento suprimento de amônia no ambiente ruminal pode permitir que os microrganismos trabalhem melhor na forma de extrair energia do substrato, o que resultaria em maior eficiência pelo incremento

na síntese microbiana, podendo implicar em maior suprimento de proteína metabolizável (PM) (De Oliveira et al., 2020).

Assim, os efeitos da suplementação proteica podem refletir em melhor ajuste de N no organismo do animal, além do incremento no balanço de N a eficiência de utilização (Figueiras et al., 2015). Portanto, equilibrar o fornecimento de nutrientes para potencializar a utilização da fibra e do N é um grande desafio, mas também, uma estratégia suplementar visando melhorias dentro do sistema (De Carvalho et al., 2019).

## **2. OBJETIVO**

Avaliar o efeito do uso de ureia pós-ruminal em relação à ureia convencional, na degradação da fibra, parâmetros ruminais, sanguíneos, e desempenho de bovinos Nelore recriados a pasto durante o período seco.

## **3. HIPÓTESE**

A utilização de nitrogênio não proteico (NNP) se torna mais eficiente quando se utiliza uma fonte disponível pós-ruminal, como também, a combinação das fontes disponível no rúmen e pós-ruminal, pelo fornecimento adicional de proteína metabolizável em função do aumento da proteína não degradada no rúmen, resultando em maior eficiência de utilização de nitrogênio (reciclagem), melhor digestibilidade da fibra, parâmetros ruminais mais estáveis, promovendo melhores resultados no desempenho dos animais no período seco do ano.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### **Produção e qualidade de forragem no período seco**

O pasto é considerado a principal fonte de nutrientes na alimentação de ruminantes, por ser uma fonte de energia disponível de baixo custo para a produção animal. É importante compreender as variações nas suas características ao longo do ano, sendo a criação de animais a pasto influenciada pelas alterações climáticas, ocorrendo estacionalidade na produção de forragem.

Durante o período seco ocorrem quedas significativas nas características quali-quantitativas da forragem, resultado do aumento das porções fibrosas, o que diminui a digestibilidade e o consumo dos animais (Van Soest, 1994). Além disso, ocorrem mudanças estruturais no dossel forrageiro, como o acúmulo de colmo e material senescente (Reis et al., 2012). As forragens costumam apresentar nesse período quantidade limitante de proteína bruta inferior a 7%, sendo considerada crítica para atividade microbiana adequada (Russel 1992) e utilização da fração potencialmente digestível da fibra (Sampaio et al., 2009).

O principal entrave do período seco é a variação sazonal na produção e queda de qualidade da forragem, limitando o fornecimento de alguns nutrientes, afetando principalmente, a atividade microbiana e causando redução na taxa de degradação ruminal (Poppi e MCLennan, 1995; Santos e Pedroso, 2011). Portanto, é importante identificar as principais limitações nutricionais do pasto, e traçar metas de manejo adequado para beneficiar o desempenho dos animais nesse período (Reis et al., 2012), atendendo suas exigências nutricionais e também as metas de desempenho (Detmann et al., 2014c).

É constante a variação de nutrientes nas plantas ao longo do ano, principalmente no período seco, observando-se valores médios entre 2,4 a 8,6% de proteína bruta (PB), e 60 a 85% de fibra em detergente neutro (FDN), fatores que influenciam diretamente na digestibilidade da matéria seca das forragens (Tabela 1).

**Tabela 1.** Composição bromatológica de forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu durante o período seco.

Referência*	PB, %	FDN, %	DIVMS, %	Período
Moretti et al. (2013)	8,80	72,1	69,7	30/07 a 22/10/2008
Roth et al. (2013)	8,60	67,9	72,0	16/07 a 12/11/2008
Fernandes (2017)	4,60	72,3	60,0	07 a 11/2014
Monção (2017)	6,30	59,6	-	26/08 a 10/12/2014
Sampaio et al. (2017)	2,40	85,0	-	06/06 a 10/10/2014
Cidrini et al. (2022)	5,10	74,8	59,0	28/07 a 17/11/2019

PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro, DIVMS: Digestibilidade in-vitro da matéria seca.  
\*Trabalhos realizados na APTA de Colina –SP (mesmo local do presente estudo).

O nível de resposta dos animais em pastejo é influenciado pelo alto teor de FDN, principalmente, a fração da fibra indigestível (FDNi), associado ao baixo teor de proteína e digestibilidade, acarretando limitações no consumo voluntário dos animais (Detmann et al., 2009). A quantidade e disponibilidade de energia ingerida influenciam os processos digestivos e a síntese que ocorre dentro do rúmen. Assim, as características físico-químicas da forragem influenciam na quantidade que passa a ser consumida, tendo em vista a capacidade do animal em selecionar o alimento (Beever, 1982).

A proteína é um nutriente chave dentro do sistema de produção animal, porém, adequar a proteína fornecida aos animais é um fator relativamente caro (Poppi e MCLennan, 1995; Poppi et al., 1999). Para sintetizar a proteína a partir de aminoácidos absorvidos, as células precisam de energia derivada do catabolismo de substratos energéticos; acetato, glicose, lipídeos e os aminoácidos.

Ao longo do ano, existe variação da fração degradável de proteína do pasto, essa degradação determina o que está disponível e o que chega de compostos nitrogenados ao rúmen para o crescimento microbiano. As exigências de proteínas dos ruminantes são atendidas pelos aminoácidos provenientes da proteína microbiana (Pmic) e da proteína não degradada no rúmen (PNDR), a Pmic constitui-se a maior parte da proteína fornecida ao intestino delgado (Davies et al., 2013), (em torno de 55 a 80%), junto com a PNDR (contribuindo com 15 a 40%) (Pina et al.,

2016), mas essa quantidade depende da fermentação da matéria orgânica (Batista et al., 2017) com isso, a sincronia na qual os nutrientes se tornam disponíveis no rúmen também é importante (Bach et al., 2005), principalmente para animais a pasto.

Grande parte dos substratos de energia da fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd) de forragens de baixa qualidade, não são utilizadas pela decorrência limitante de compostos nitrogenados para a síntese microbiana (Detmann et al., 2011). Com isso, o nitrogênio se torna o principal limitante em forragens que apresentam baixa qualidade nutricional (Lazzarini et al., 2009), devido ao seu papel na atividade microbiana resultando em melhoria na taxa de degradação da FDNpd (Costa et al., 2008).

Assim, a produtividade de bovinos a pasto é influenciada pela quantidade e qualidade da forragem disponível, podendo ser crítica durante a época seca devido à baixa densidade calórica, influenciada pelo grau de lignificação e desequilíbrio de nutrientes. A energia da planta tem papel fundamental nas demandas nutricionais dos bovinos e se encontra na forma de polissacarídeos estruturais (celulose, hemicelulose e pectina) presentes na parede celular, representando de 600 a 800 g/kg de matéria seca da forragem (Paulino et al., 2002). A estrutura do dossel forrageiro tem influência sobre o consumo e, conseqüentemente, durante a seca pode ocorrer queda no desempenho animal pela redução da digestibilidade da forragem (Santos et al., 2009; Reis et al., 2012).

A utilização dos componentes da parede celular varia de acordo com as frações da planta e idade, pois as células mais velhas são altamente lignificadas, a lignina limita a ação microbiana e a hidrólise enzimática de polissacarídeos pela presença de barreira física aos tecidos (Paulino et al., 2002).

## **Suplementação na estação seca do ano**

Como elucidado anteriormente, as forragens geralmente apresentam limitações nutricionais, principalmente no período seco (De Souza et al., 2018), comprometendo a qualidade da forragem disponível. Com isso, tem-se a necessidade de identificar as limitações da forrageira para estabelecer planos nutricionais suplementares que possam reduzir ou eliminar os efeitos negativos sobre a produtividade animal (Detmann et al., 2014b).

O planejamento nutricional dependerá do tipo de interação entre os recursos basais e recursos suplementares, de forma que, observam-se efeitos associativos entre a quantidade e qualidade do suplemento ofertado e o consumo de pasto, que consequentemente impactam o desempenho animal. Segundo Moore (1980), observa-se efeitos: substitutivo, quando há manutenção do nível de consumo de energia digestível pelo aumento do consumo de suplemento, mas decréscimo no consumo de pasto; aditivo, manutenção no consumo de forragem e aumento no consumo de energia digestível pela elevação do consumo de suplemento; e o combinado, existe aumento no consumo de energia digestível devido ao suplemento, mas também leve redução no consumo de pasto. O efeito aditivo deve ser priorizado pela melhor forma de incrementar o consumo de energia e aproveitamento dos recursos do pasto.

A nutrição de bovinos em pastejo visa potencializar o consumo de forragem, corrigindo as deficiências nutricionais, incrementando o aproveitamento da energia basal. Segundo Paulino et al. (2002), para favorecer a manutenção adequada de ingestão de nutrientes pelos animais exclusivamente a pasto, o uso de suplemento se torna uma alternativa para atender tais exigências, desde que a forragem não limite o consumo dos animais. Animais que são mantidos em pastagens de baixa qualidade não conseguem suprir as exigências dietéticas refletindo em baixo desempenho (Hoffmann et al., 2014).

Em sistemas de produção baseados em forragens, observa-se a necessidade do uso da suplementação pela condição limitante da planta ao decorrer do ano (Poppi et al., 1999). Visto que, a resposta do animal depende da qualidade do

substrato basal, é necessário considerar que a suplementação tem papel fundamental de intensificar o aproveitamento da forragem que se caracteriza como o componente de custo mais baixo da dieta (McLennan et al., 2016). Atender os requerimentos dos microrganismos do rúmen e do animal torna-se, o principal objetivo especificamente quando se trata de nitrogênio, para o suprimento de quantidades adequadas de proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR).

O fornecimento inadequado de N ao rúmen limita o crescimento microbiano, afeta negativamente a fermentação da dieta, fluxo da digesta e, também o consumo de matéria seca (Maeng et al., 1976; Egan, 1980). A carência de compostos nitrogenados implica na deficiência dos sistemas enzimáticos microbianos sobre a extração de energia oriunda da forragem (Bandyk et al., 2001; Detmann et al., 2009). Podendo reduzir o fluxo microbiano ruminal pela redução na fermentação dos carboidratos, assim como, redução no crescimento das bactérias (Calsamiglia et al., 2010).

Desse modo, a suplementação se torna uma estratégia interessante para manutenção da disponibilidade de nutrientes na época seca do ano, incrementando a taxa de degradação ruminal e a produção de proteína microbiana (Detmann et al., 2004; Da Rocha et al., 2011), bem como, aumento da eficiência de utilização da forragem (Poppi e McLennan, 1995). Portanto, é essencial o fornecimento equilibrado de fontes nitrogenadas e carboidratos fermentáveis para garantir a disponibilidade de nitrogênio amoniacal (Poppi e Mcleann, 1995; Costa et al., 2011; Detmann et al., 2014).

O fornecimento de N para animais em condições de baixa qualidade de forragem beneficia o crescimento de bactérias fibrolíticas, intensificando a taxa de digestão e síntese microbiana, tendo como resposta o aumento no consumo voluntário (Costa et al., 2015). Os microrganismos do rúmen necessitam de pelo menos 7% de PB com base na matéria seca, uma vez que as bactérias utilizam a amônia para seu crescimento e também, para que o processo de degradação não se torne limitado (Russel et al., 1992; Lazzarini et al., 2009ab; Sampaio et al., 2010).

Quando os valores de proteína presentes na dieta estão abaixo de 7%, estes são considerados críticos, no qual os microrganismos passam a utilizar fontes endógenas de N para atender os requerimentos nutricionais, ocorrendo menor acúmulo de N no organismo do animal, pois a reciclagem passa a ser fonte de manutenção para o crescimento microbiano resultando em menor quantidade disponível de N (Detmann et al., 2014a). E em níveis acima do considerado crítico de proteína, a eficiência de conversão do N em Pmic passa a ter um balanço positivo para compostos nitrogenados no rúmen (Pina et al., 2016). O conteúdo de proteína da dieta basal é visto como o princípio para a resposta do animal a suplementação (De Paula et al., 2019).

A suplementação com compostos nitrogenados permite inserir uma fonte adicional de nutriente, maximizando a utilização da forragem de baixa qualidade (Hoffmann et al., 2014). Efeitos positivos são observados sobre a ingestão e digestibilidade via suplementação proteica, em dietas que expressem valores até 10% de PB com base na matéria seca (Lazzarini et al., 2009ab; Figueiras et al., 2010, Sampaio et al., 2010; Detmann et al., 2014a), isso ocorre pelo aumento da ingestão voluntária, associados ao fornecimento de compostos nitrogenados aos microrganismos do rúmen e a adequação dos nutrientes disponíveis pós absorção (Egan e Moir, 1965; Detmann et al., 2010).

O aumento no teor de proteína pode influenciar de forma positiva a ingestão, quando a dieta é deficiente em nitrogênio em função da relação ingestão de forragem e PB da dieta (Detmann et al., 2014a; De Paula et al., 2019), é importante sincronizar o fornecimento de energia e PB para potencializar o desempenho animal, de forma que o entendimento da cinética da fermentação ruminal da forragem disponível, auxilie na decisão sobre quantidade, época e tipo de suplementação (Delevatti et al., 2019). Porém, podem-se observar respostas negativas relacionadas à ingestão, resultado do excesso de proteína fornecida via suplementação derivada do desequilíbrio da dieta, podendo reduzir a ingestão voluntária de forragem (Detmann et al., 2014a).

Segundo Sampaio et al. (2010) e Franco et al. (2017), a proteína suplementar deve ser considerada em dois pools diferentes, o primeiro visando estimular o

aproveitamento energético da forragem, pela disponibilização adequada de proteína bruta, elevando o teor de proteína da forragem para 9% com base na matéria seca. De modo que, uma quantidade maior de energia a partir dos carboidratos fibrosos esteja disponível ao metabolismo animal. O segundo evidencia o uso de fontes derivadas do suplemento, sobre as necessidades de proteína do animal para que seja atingido um bom desempenho.

### **Metabolismo de nitrogênio**

A proteína dietética é dividida em proteína degradável no rúmen (PDR) (NNP e proteína verdadeira) e não degradável (PNDR). A proteína verdadeira é degradada em peptídeos e aminoácidos (AA), sendo também, desaminada em amônia ou incorporada na Pmic. O NNP é composto de nitrogênio presente na amônia, AA, DNA, RNA e peptídeos, sendo usado para o crescimento microbiano (Bach et al., 2005). A proteína microbiana que chega ao intestino delgado depende do fornecimento de nutrientes e da eficiência de utilização pelos microrganismos ruminais. Dessa forma, o metabolismo ruminal de N pode ser dividido em: degradação da proteína e síntese de Pmic. A síntese de Pmic depende da disponibilidade adequada e tipo de carboidratos como fonte de energia para síntese de ligações peptídicas (Bach et al., 2005; Cole e Todd, 2008).

A amônia ( $\text{NH}_3$ ) liberada no rúmen oriunda da degradação de compostos nitrogenados em conjunto com a energia, são utilizados como substrato microbiano (Hungate, 1966). Sendo assim, as bactérias ureolíticas presentes no ambiente ruminal hidrolisam a fonte de NNP, liberando amônia no rúmen. Essa amônia se torna substrato no ambiente ruminal, favorecendo o crescimento de bactérias fibrolíticas resultando em aumento na degradação da fibra e ingestão voluntária, do mesmo modo que, favorece a extração de energia da fração fibrosa (Detmann et al., 2009).

A Pmic é a principal fonte de AA para os ruminantes, dessa forma a PDR se caracteriza como a fonte mais importante de N para síntese microbiana, com papel

fundamental no fluxo de proteína metabolizável (PM) (Silva et al., 2018). No entanto, quando as demandas dos microrganismos não são atendidas por meio da PDR, a PNDR passa a aumentar o fluxo de PM, de modo que melhore o desempenho animal e a retenção de N (Detmann et al., 2014a), além disso, o fornecimento de PNDR pode causar alterações no metabolismo ruminal, aumentar a ingestão de forragem, como também, aumento da digestão e taxa de passagem em função da reciclagem de N (Egan e Moir, 1965; Batista et al., 2016).

A reciclagem de N é controlada principalmente, pela concentração de ureia no sangue, amônia ruminal e o fornecimento de energia fermentável no rúmen. Segundo Cole e Todd (2008), a sincronização de nutrientes em uma parte do intestino onde há deficiência com outra parte que há excesso de N, poderia intensificar a utilização de N pelo animal, por meio da oscilação de proteína na dieta entre valores adequados e deficientes. Ou seja, aumentar a captura de N reciclado para o rúmen tentando reduzir a quantidade de proteína bruta da dieta, sem afetar o desempenho animal e o meio ambiente.

Os ruminantes têm baixa eficiência de assimilação de N, sendo aproximadamente 25% (Calsamiglia et al., 2010), o que contribui para maior excreção de nitrogênio, principalmente, no caso de animais em pastejo com baixa retenção de N pelo baixo nível de fontes nitrogenadas nas forragens (Prados et al., 2016). O manejo nutricional visando à melhoria da utilização de N para a síntese microbiana incluem modificações na quantidade, tipo, degradação dos carboidratos e proteína presente na dieta (Lapierre e Lobley, 2001).

Para que o nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3$ ) seja usado na síntese de Pmic, há dependência de energia, portanto, a quantidade e degradabilidade do carboidrato vindo da dieta pode influenciar diretamente na absorção de  $N-NH_3$  (Reynolds e Kristensen, 2008), o déficit dessa fonte implica na atividade das bactérias fermentadoras de carboidratos, já que ocorre redução na forma de utilização de aminoácidos e peptídeos (Russel et al., 1992; Alves et al., 2010). No rúmen a ureia é degradada em  $N-NH_3$  pela ação da enzima uréase, e o N reciclado é usado pelos microrganismos ou absorvido como  $N-NH_3$ , essa reciclagem via  $NH_3$  e as

transferências de ureia fornecem N para síntese microbiana (Reynolds e Kristensen, 2008).

A fixação de  $\text{NH}_3$  ruminal aos esqueletos de carbono pelas bactérias, é realizada através da enzima glutamina sintetase (GS) e glutamato desidrogenase (GDH) durante o processo de síntese de aminoácidos (Santos e Pedroso, 2011). Em altas concentrações de  $\text{NH}_3$  ocorre a ação da GDH, essa enzima não requer energia para fixação de amônia, já em baixa concentração de  $\text{NH}_3$  ocorre a atuação da GS, com redução na eficiência microbiana, pois parte da energia utilizada para crescimento é desviada para captação de nitrogênio (Santos e Pedroso, 2011).

Quando a produção de  $\text{NH}_3$  excede a capacidade do rúmen e a utilização pela população microbiana, ocorre um acúmulo dessa fonte, e a amônia em excesso é removida por difusão passiva através do epitélio ruminal e transportada pelo sistema porta ao fígado, onde é metabolizada, da ureia produzida pelo fígado parte é eliminada pela urina, e outra parte reciclada de volta para o rúmen e intestino (Silva et al., 2019).

A quantidade de ureia que é reciclada resulta, principalmente, da ingestão de N e da quantidade de matéria orgânica digerida (MOD) no rúmen (Lapierre e Lobley, 2001). Quando a relação teor de proteína e energia for próxima de 160 g PB/kg MOD, ocorre máxima eficiência microbiana, e quando essa relação excede 210 g PB/kg MOD, podem ocorrer perdas de proteína, mas essas repostas também são dependentes do tipo e da estrutura da parede celular da forragem (Poppi e McLennan, 1995). Porém, o excesso de N em relação à disponibilidade de energia acarreta na redução do consumo voluntário, em função da utilização excessiva para conversão de ureia no fígado (Visek, 1984), incrementos calóricos (Poppi e McLennan, 1995) e indisposição animal pelo excesso de amônia no sangue (Detmann et al., 2007).

O N reciclado passa a contribuir atendendo as exigências microbianas, de forma que a reciclagem resulte em melhoria na eficiência de utilização e nas perdas de N no ambiente ruminal (De Paula et al., 2009; Batista et al., 2017). Compreender o metabolismo de N, sobretudo mecanismos que reagem a reciclagem para manipular efetivamente o rúmen e melhorar a eficiência do uso de N é um grande

desafio, quando se busca a eficácia nas formulações de dietas que melhorem o manejo nutricional de animais a pasto com menor impacto ambiental (Silva et al., 2019), principalmente quando as dietas são pobres em proteína.

### **Nitrogênio não proteico na dieta de bovinos**

O uso de nitrogênio não proteico (NNP) é característico nas dietas de ruminantes facilitando os processos de fermentação, suprimindo as necessidades dos microrganismos presentes no rúmen (Sok et al., 2017). O controle do metabolismo de N, principalmente a reutilização  $\text{NH}_3$ , é uma maneira de limitar a excreção excessiva de N (Hristov e Jouany, 2005). A otimização do metabolismo ruminal de N, é fundamental para potencializar o suprimento de aminoácidos e reduzir as perdas de N no rúmen e na urina (Batista et al., 2016).

Trabalhos realizados com inclusão de ureia na suplementação de bovinos de corte a pasto como principal composto nitrogenado, destacam melhoria no desempenho animal, elevação das concentrações de  $\text{N-NH}_3$ , aumento do balanço de N (Figueiredo et al., 2008; Paulino et al., 2008), beneficiando o uso da fração fibrosa. A ureia é considerada como principal regulador de consumo de suplemento, porém, seu uso em excesso pode resultar em intoxicação pelo acúmulo de amônia no rúmen e rápida absorção pela parede ruminal elevando os níveis de pH, provocando absorção acima da capacidade de processamento do fígado, aumentando as perdas de N, causando desconforto nos animais e, conseqüentemente, restringindo o consumo (Lapierre e Lobley, 2001; Detmann et al., 2009).

Segundo Santos e Pedroso (2011), um dos problemas na suplementação com ureia é a rápida degradação, com pico de liberação de  $\text{N-NH}_3$  no rúmen após seu consumo entre 1 a 2 horas. Já para animais que consomem proteína de fontes verdadeiras, o pico de  $\text{N-NH}_3$  ocorre entre 3 a 5 horas (Santos e Pedroso, 2011). O  $\text{N-NH}_3$  no rúmen está relacionado à degradabilidade da fonte proteica utilizada, energia disponível e o equilíbrio entre a produção e utilização pelos microrganismos (Detmann et al., 2010). O uso de NNP só é eficiente quando ocorre a

disponibilização de amônia necessária para o crescimento da população microbiana (Pfeffer e Hristov, 2005).

A atividade dos microrganismos depende das concentrações adequadas de N-NH<sub>3</sub> ruminal, onde, a concentração mínima de 5 mg/dL é importante para que não ocorra limitações na fermentação (Satter e Slyter, 1974; Kang-Meznarich e Broderick 1980), e entre 8 e 15 mg/dL de N-NH<sub>3</sub> para maximização do consumo e degradação efetiva da fibra, e para que ocorra equilíbrio entre o fluxo de entrada e saída de compostos nitrogenados no rúmen (De Paula et al., 2009; Detmann et al., 2009; Lazzarini et al., 2009).

O fornecimento de N-NH<sub>3</sub> é dependente da degradação da proteína dietética e pelos eventos de reciclagem de N na forma de ureia, sendo indicador primário do metabolismo ruminal de N como o principal produto da fermentação ruminal, utilizado pelos micróbios para sintetizar proteínas absorvidas no rúmen ou pós-rúmen (Detmann et al., 2010; Li et al., 2019). A concentração de N-NH<sub>3</sub> atua como regulador da atividade ureolítica microbiana, assim, o aumento ou redução do processo de transferência de ureia para o rúmen é negativamente controlada por essa concentração (Detmann et al., 2010).

Diante disso, é necessário o ajuste das relações de proteína verdadeira e NNP, pois esse fato resulta em alterações sobre a taxa de degradação da fibra, consumo voluntário, produção microbiana e sobre o desempenho de animais no período seco (Detmann et al., 2009), pelo incremento no balanço de N, que indica maior retenção de N no organismo animal, refletindo em melhor desempenho, além de redução com custo da suplementação.

No estudo realizado por Detmann et al. (2011) buscando estabelecer relação ótima entre NNP/PB verdadeira, foi observado melhor dinâmica na degradação da fibra em forragem de baixa qualidade nutricional com dieta composta por 4,13% de PB e 74,3% de FDN, a relação 1/3 de PB verdadeira, e 2/3 de NNP, potencializando a atividade microbiana pela maior disponibilidade de substratos para a síntese de Pmic, podendo otimizar a utilização da FDNpd de forragens de baixa qualidade, além de disponibilizar N que permita as interações positivas entre os microrganismos.

Costa et al. (2011) relataram melhores respostas e ampliação da eficiência do uso do pasto pela maior retenção de N no organismo do animal, utilizando a proporção de 1/3 da fração de NNP, otimizando o crescimento microbiano, proporcionando ponto de equilíbrio entre populações microbianas, maior concentração de N-NH<sub>3</sub> e produção de N microbiano, em forragem com 9,9% de PB e 71,4% de FDN no período das águas. No estudo de Fernandes et al. (2016) trabalhando com diferentes níveis de proteína no período de transição seca-águas, utilizando uma forragem com 9,2% de PB e 64,1% de FDN, observaram que inclusões de até 1/2 ou 1/3 de PB oriunda de NNP, podem ser utilizadas sem comprometer o desempenho dos animais quando associadas as características do dossel forrageiro, e reduzir custos na suplementação de baixo consumo.

### **Ureia pós-ruminal na alimentação de ruminantes**

A atividade microbiana sobre a fração fibrosa depende de como se encontram disponíveis os compostos nitrogenados presentes no ambiente ruminal, e da lignificação da parede celular (Russell et al., 1992). A disponibilização de NNP através do uso ureia tem sido amplamente descrito na literatura (Egan e Moir, 1965; Kang-Meznarich e Broderick 1980; De Paula et al., 2009; Alves et al., 2010; Costa et al., 2011; Ítavo et al., 2016; Geron et al., 2018), mas, ainda se encontram limitações sobre a utilização eficiente dessa fonte de nitrogênio.

A ureia é rapidamente hidrolisada a NH<sub>3</sub> no ambiente ruminal nas primeiras horas após a alimentação e, quando disponibilizada em excesso, pode causar baixa eficiência de assimilação de N no rúmen pelos microrganismos (Calsamiglia et al., 2010). Para melhorar o uso da amônia liberada pela ureia, formas de liberação têm sido estudadas, buscando promover a disponibilização constante de NH<sub>3</sub> (Lizarazo et al., 2014; Batista et al., 2016; Ítavo et al., 2016).

Estudos sobre infusão duodenal, já foram descritos na literatura anos atrás, relatando benefícios dessa fonte de NNP na alimentação de ruminantes (Egan e Moir, 1965; Fujihara e Tasaki, 1975). Fujihara e Tasaki (1975) relatam maior

retenção de nitrogênio com aumento da infusão de ureia no abomaso em caprinos alimentados com feno de baixa qualidade, aumentando também, a concentração total de nitrogênio no plasma e amônia ruminal. Porém, também foi observado nesse estudo o aumento da excreção urinária de N com o aumento da ureia infundida no abomaso.

No trabalho feito por Egan e Moir (1965), foi observado que a ureia infundida no duodeno de ovelhas alimentadas com volumoso de baixa qualidade, resultou em aumento na ingestão, taxas rápidas de digestão da fibra e aumentos significativos nas concentrações de ureia no sangue devido à reciclagem de nitrogênio, melhorando o status de N no organismo do animal. Nesse mesmo sentido, Egan (1965) relata um retorno de nitrogênio ao rúmen após a infusão de doses únicas de ureia no duodeno de ovelhas, aumentando as concentrações de nitrogênio amoniacal e a taxa de digestão da fibra no rúmen.

De Carvalho et al. (2019), estudando os efeitos da infusão de ureia pós-ruminal e infusão de ureia tradicional em novilhas holandesas alimentadas com feno de baixa qualidade, observaram aumentos na fermentação ruminal, utilização da fibra e na síntese de proteína microbiana, esses resultados asseguram que essa fonte de entrega pós-rúmen se torna uma estratégia eficiente para incrementar a digestão da fibra. Nesse mesmo estudo, também foi observado benefícios nas concentrações de amônia, estabilidade do pH ruminal e na manutenção do balanço de nitrogênio pelo fornecimento de ureia no abomaso, refletindo em 4,5% a mais de digestibilidade da fração fibrosa em relação à ureia no rúmen. Como dito anteriormente, além da quantidade de N, o local de absorção também pode influenciar nas perdas, na reciclagem e na eficiência da utilização. Desse modo, uma alternativa para minimizar a excreção de N e melhorar a eficiência de utilização, seria o fornecimento pós-ruminal do nitrogênio da dieta (De Oliveira et al., 2020).

Segundo De Oliveira et al. (2020), o fornecimento de ureia de forma contínua no abomaso pode representar valores superiores na produção microbiana e na eficiência do uso de N. Com isso, tem-se incremento na eficiência de absorção de N microbiano, sendo consequência direta da reciclagem quando a suplementação é via abomaso. Esse incremento na produção microbiana resulta em maior acréscimo de

proteína metabolizável, de forma que, passe a sustentar melhor acúmulo de N em comparação à dieta de baixa qualidade.

Quando se fornece suplementação de compostos nitrogenados via abomaso em animais que consomem forragens de baixa qualidade, pode-se estimular o consumo pela reciclagem de N, ainda que seja em menor intensidade em relação ao rúmen (Bandyk et al., 2001; Wickersham et al., 2004). A suplementação via abomaso está relacionada com o aumento da oferta de PM (Rufino et al., 2016) e assim, reduz a proporção de N reciclado para fins anabólicos (Detmann et al., 2014a) e também, a mobilização de fontes endógenas. A suplementação abomasal promove aumento na ingestão de matéria orgânica digestível, na reciclagem de N para o trato gastrointestinal e na produção de Pmic (Wickersham et al., 2009). Observando também, aumento na eficiência do uso e, conseqüentemente, menor excreção de N por unidade de N ingerido, provavelmente, pela maior síntese muscular em função do aumento da disponibilidade de aminoácidos e da energia vinda do maior consumo de matéria seca (Silva et al., 2019).

Apesar disso, são necessários mais estudos visando identificar a importância do metabolismo de N no processo de digestibilidade das frações fibrosas e síntese de proteína microbiana sobre o desempenho animal, utilizando uma fonte de absorção pós-ruminal (De Carvalho et al., 2019) para melhorar a utilização de N sem comprometer a produtividade (De Oliveira et al., 2020).

### **Potencialização e sustentabilidade do sistema de produção**

São crescentes as preocupações ambientais com os sistemas de produção de carne bovina, visto que são considerados um dos principais contribuintes nas perdas de N no ambiente. Os ruminantes possuem baixa assimilação de N da dieta, devido à grande perda de  $\text{NH}_3$  no rúmen, ou seja, maior parte da proteína fornecida é eliminada via excreção (Calsamiglia et al., 2010; Tedeschi et al., 2021), a baixa ineficiência tem implicações no desempenho e no meio ambiente, porém esses animais desenvolveram a capacidade de reutilizar a ureia em excesso como uma

fonte disponível de nitrogênio (Lapierre e Lobley, 2001), principalmente durante períodos de deficiência proteica na dieta (Li et al., 2019).

A primeira preocupação ambiental é a volatilização de amônia nas excretas do animal e o metano (CH<sub>4</sub>) produzido a partir da fermentação ruminal. De forma que o excesso de N no ambiente tem sido associado a efeitos adversos, como as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Neste contexto, a eficiência do uso e maior retenção de N podem ser melhorados diminuindo a taxa de degradação da proteína para aumentar a sincronia com os carboidratos ou aumentando a proteína não degradável no rúmen da dieta (Tedeschi et al., 2021).

Dessa forma, a otimização da alimentação, em outras palavras o uso eficiente de nutrientes é um dos principais implicadores do sistema, já que o uso ineficiente de nutrientes resulta em perdas, além de prejuízo econômico. Com isso, adequar a relação entre a quantidade e qualidade da proteína requerida pelo animal aliada ao aumento da produtividade, trás benefícios para o uso eficiente de N (Arriaga et al., 2009). Nesse caso, reduzir as perdas de nitrogênio é fundamental para maior aproveitamento dos alimentos e síntese microbiana dos animais ruminantes.

Um passo fundamental para atender a crescente demanda por proteína animal, e ao mesmo tempo abordar a gestão ambiental é identificar e potencializar as metas de manejo para a produção desses animais, ou seja, suplementação estratégica de nutrientes, isto é, a aplicação de novas tecnologias e pesquisas relacionadas de maneira sustentável e intensiva. Essas mudanças teriam um efeito na redução das saídas de N e na quantidade de proteína que deve ser fornecida para atender às exigências dos animais (Tedeschi et al., 2003).

Com isso, além da quantidade de N da dieta, o local de digestão e absorção também pode influenciar a excreção, a reciclagem de ureia e a eficiência de utilização pelo animal (De Oliveira et al., 2020). Compreender ainda mais as possibilidades de entrega de N, de modo a equilibrar a oferta de nutrientes para potencializar a digestão e a utilização do N é um grande desafio, mas também uma estratégia suplementar para melhorar a rentabilidade e sustentabilidade da produção pecuária, reduzindo ainda mais o recurso usado para a produção de carne e a

eliminação de N para o meio ambiente (De Carvalho et al., 2019; De Oliveira et al., 2020).

Os ruminantes são capazes de utilizar alimentos não comestíveis por humanos, o que parece ser uma importante estratégia na intensificação sustentável da pecuária. A suplementação de animais em pastejo aumenta o ganho de peso por animal e área, além de reduzir o desmatamento para formação de pastagens e diminuir a competição pela alimentação humana (Cardoso et al., 2020).

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Localização, clima e área experimental**

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

O estudo foi realizado na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Polo Regional da Alta Mogiana, localizada na cidade de Colina-SP. O clima da região é do tipo AW (segundo classificação de Köppen), representado por duas estações distintas, uma seca, de abril a setembro e outra chuvosa, de outubro a março, onde a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e do mês mais frio superior a 18°C (Tabela 2). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Escuro, fase arenosa com topografia plana e de boa drenagem (EMBRAPA, 1999).

**Tabela 2.** Dados climáticos durante os períodos experimentais.

Meses	Precipitação (mm)	Dias com Chuva	Tmáx (°C)	Tmin (°C)	Amplitude Térmica
16/06/2020 a 24/06 <sup>1</sup>	0	0	28,3	9,7	18,6
25/06 a 23/07 <sup>2</sup>	1	1	28,4	11,0	17,5
24/07 a 21/08 <sup>3</sup>	0	0	30,2	11,7	18,6
22/08 a 18/09 <sup>4</sup>	2,5	1	32,8	13,7	19,1
19/09 a 16/10/2020 <sup>5</sup>	25,3	4	35,4	18,6	16,8

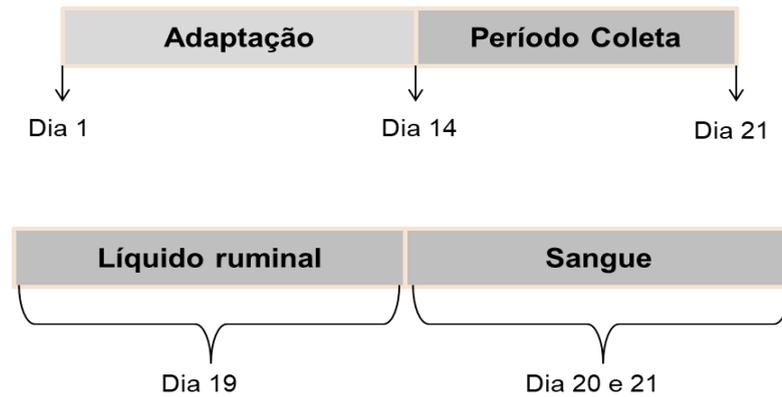
<sup>1</sup>Adaptação; <sup>2</sup>Período experimental 1; <sup>3</sup>Período 2; <sup>4</sup>Período 3; <sup>5</sup>Período 4; Tmax = temperatura máxima; Tmin = temperatura mínima. Dados: Estação meteorológica da APTA – Colina.

O estudo foi dividido em 2 experimentos, em ambos, a área experimental era composta pela forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Todos os piquetes possuíam bebedouro tipo australiano e cochos para suplementação.

## 5.2 Animais e períodos experimentais

No experimento 1: desempenho, foram utilizados 12 piquetes (6 piquetes com 3,4 ha e 6 piquetes com 4 ha cada) totalizando aproximadamente 44,4 hectares. Tendo início no dia 16 de junho de 2020, com duração de 120 dias, dividido em 4 períodos (8 dias de adaptação e 4 períodos experimentais de avaliação de 28 dias). Foram utilizados 84 bovinos da raça Nelore, machos não castrados, com peso médio corporal (PC) de  $315 \pm 84$  kg e idade média de  $17 \pm 3$  meses, para avaliação do desempenho.

No experimento 2: metabolismo, foram utilizados 3 piquetes de 1 ha cada, totalizando 3 hectares. Foram utilizados 9 bovinos Nelore, machos castrados, fistulados no rúmen, com peso corporal médio de  $651 \pm 45$  kg e idade média de  $30 \pm 2$  meses, para avaliação dos parâmetros digestivos, fermentativos (pH, N-NH<sub>3</sub>, ácidos graxos de cadeia curta) e parâmetros sanguíneos. O período experimental foi de 21 dias cada, 14 dias para adaptação e 7 dias para o período de coleta, totalizando 63 dias (3 períodos experimentais) (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema do período experimental do estudo de metabolismo e dias de coleta.

### 5.3 Tratamentos e delineamento experimental

Todos os animais receberam suplemento proteico, diariamente, ofertado na quantidade de 2 g/kg de PC. Os animais do experimento de desempenho, foram distribuídos em delineamento em blocos completos ao acaso (DBC) com 3 tratamentos e 4 blocos (PC como critério de blocagem), totalizando 12 unidades experimentais (piquete como unidade experimental com 6 a 8 animais cada). No experimento de metabolismo, os animais fistulados foram distribuídos em triplo quadrado latino  $3 \times 3$  (3 tratamentos e 3 períodos) .

Os suplementos foram fornecidos diariamente às 09h00min. Pela manhã realizou-se a pesagem das sobras do suplemento fornecido, quando houve, possibilitando a determinação do consumo médio dos lotes de animais.

Os tratamentos consistiram no fornecimento de suplemento à base de diferentes fontes de NNP, e foram fornecidos iguais para os 2 experimentos (Tabela 3).

1. **CONT:** Proteinado contendo ureia convencional (11,3%), e 50% de PB;
2. **PRU:** Proteinado contendo ureia pós-ruminal (ureia encapsulada, com degradação de 70% pós-rúmen) (12,7% - equivalente à mesma quantidade de proteína do tratamento 1), 50% de PB;
3. **U+PRU:** Proteinado contendo ureia convencional (11,3%) + ureia pós-ruminal (8% - quantidade de proteína superior em relação aos tratamentos 1 e 2), 70% de PB .

**Tabela- 3.** Composição química e níveis de garantia dos suplementos proteicos fornecidos avaliando o uso de ureia pós-ruminal e ureia convencional na recria de bovinos Nelore durante o período seco.

<b>Ingredientes (%MN<sup>1</sup>)</b>	<b>CONT</b>	<b>PRU</b>	<b>U+PRU</b>
Farelo de Soja	36,5	36,5	36,5
Calcário <sup>2</sup>	23,0	21,6	15,0
Ureia	11,3	0	11,3
Milho	9,0	9,0	9,0
Ureia pós-ruminal	0	12,7	8
Minerais	20,2	20,2	20,2
<b>Níveis de garantia (g/kg de MS)</b>			
MS <sup>3</sup>	886	885	860
MM <sup>4</sup>	360	349	303
PB <sup>5</sup>	500	500	700
EE <sup>6</sup>	14	24	18
FDN <sup>7</sup>	189	197	162
NNP equi. PB <sup>8</sup>	325	325	580

CONT - Controle: Lambisk S (Produto comercial da Bellman - Trouw Nutrition); PRU: Ureia pós-ruminal; U+PRU: ureia convencional+ ureia pós-ruminal. <sup>1</sup>MN= matéria natural; <sup>2</sup>Calcário: utilizado para enchimento da fórmula; <sup>3</sup>MS= matéria seca; <sup>4</sup>MM= matéria mineral; <sup>5</sup>PB= proteína bruta; <sup>6</sup>EE= extrato etéreo; <sup>7</sup>FDN= Fibra em detergente neutro; <sup>8</sup>NNP equivalente em PB= nitrogênio não proteico.

#### 5.4 Método de pastejo

O pasto foi vedado no final das águas (março de 2020, totalizando 80 dias) para utilização no período seco. Todos os animais foram mantidos em sistema de

lotação contínua com taxa de lotação variável, para que a oferta de forragem fosse igual em todos os tratamentos, foram utilizados animais reguladores contemporâneos dos demais, onde, foram colocados ou retirados das unidades experimentais de acordo com a metodologia *put and take* (Mott e Lucas, 1952).

### 5.5 Avaliação do pasto: Altura e Massa

Para determinação da massa de forragem foi utilizado o método da dupla amostragem (Sollenberger e Cherney, 1995), onde a massa foi associada às leituras de altura do dossel (50 pontos de altura normal e comprimida) pelo uso do prato ascendente (*rising plate meter*). Em cada parcela eram selecionados três pontos de altura mínima, média e alta (determinados em função de  $\pm 2$  desvios padrões). Uma amostra de forragem de 0,25 m<sup>2</sup> de cada ponto selecionado, era coletada ao nível do solo e posteriormente uma sub amostra era seca em estufa a 55°C por 72 horas, para determinação da matéria seca (MS) parcial. Depois, realizavam-se equações de regressão linear (Equação 1), através dos dados de massa e suas respectivas alturas, onde se estabelecia uma relação entre a altura do dossel e a massa de forragem:

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

Onde MF = massa de forragem em kg/ha de matéria seca, h = altura do dossel em cm, a = intercepto da regressão e b = coeficiente angular da regressão.

## 5.6 Composição morfológica do pasto e determinação do valor nutritivo da forragem

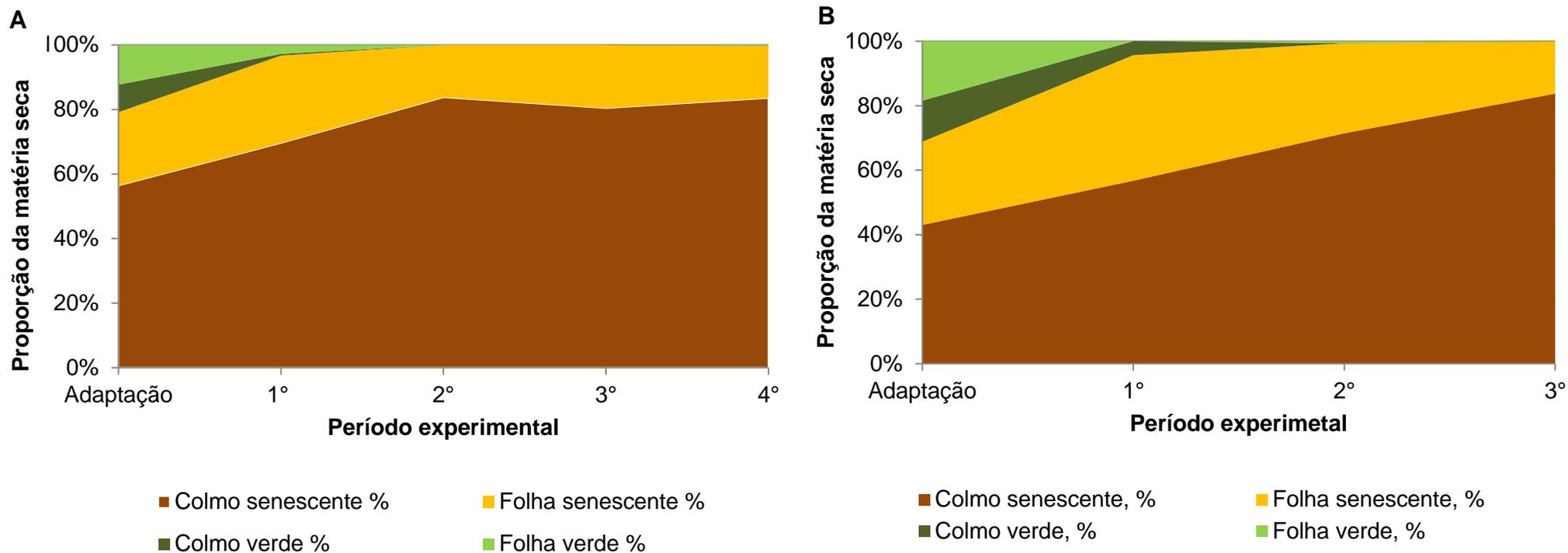
Para avaliação dos componentes quantitativos e estruturais do dossel forrageiro, foram utilizadas coletadas na altura média de cada piquete, separadas em: material morto (folha senescente e colmo senescente), haste verdes (folha verde e colmo verde). Posteriormente, as amostras foram pesadas e secas a 55°C em estufa por 72 horas para determinação da matéria seca parcial e proporção de cada componente no dossel forrageiro (Tabela 4 e Figura 2A e 2B).

Foi realizado pastejo simulado para representação da fração consumida pelos animais. As amostras foram coletadas pelo método *hand-plucking* (De Vries, 1995) e secas em estufa de circulação de ar, a 55°C, por 72 horas e posteriormente moídas em peneira de malha com crivo de 1 mm. Foram determinados os teores de matéria seca (método 934.01), matéria mineral (método 942.05) extrato etéreo (método 920.39) e proteína bruta (método 978.04) de acordo com a AOAC (1995). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados conforme a metodologia sequencial descrita por Robertson e Van Soest (1981), e lignina pelo método descrito por Goering e Van Soest (1970). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada conforme Van Soest e Robertson (1985). Para determinar o teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDNi), as amostras de pasto foram moídas em crivo de 2 mm e incubadas *in situ*, durante 288 horas de acordo com Valente et al. (2011) (Tabela 4).

**Tabela 4-** Características quantitativas e composição química de pastos de *Urochloa brizantha* cv. Marandu durante o período experimental avaliando o uso de ureia pós-ruminal e ureia convencional na recria de bovinos Nelore durante o período seco.

Variável	Desempenho*				EPM	Metabolismo*			EPM
	1°	2°	3°	4°		CONT	PRU	U+PRU	
<b>Características da forragem</b>									
Altura, cm	19,70a	21,10b	20,30ab	18,23c	1,142	21,02	22,02	22,07	1,940
Massa de forragem, kg MS/ha	3762a	3652a	3520a	2861b	365,5	4405	4313	4345	621,3
Densidade, kg MS/m <sup>3</sup>	1,960a	1,641b	1,650b	1,500b	0,094	2,175	2,000	2,075	0,152
Relação Folha:Colmo, %	0,433a	0,198b	0,245c	0,202bc	0,020	0,450	0,575	0,600	0,155
Oferta de forragem, kg MS/kg PC	5,641a	5,358ab	5,025b	4,241c	0,509	2,225	2,125	1,975	0,343
<b>Composição da forragem, g/kg de MS</b>									
Matéria seca	813a	857b	878c	806a	8,77	766	749	750	16,7
Proteína bruta	44,5a	33,0b	30,4c	30,2bc	2,59	43,4	44,7	44,6	1,91
Extrato etéreo	9,30a	5,83b	5,78b	4,17c	0,45	8,72	8,57	9,69	0,87
Matéria mineral	64,4a	61,7a	55,0b	50,1c	1,92	65,2	64,8	69,4	1,55
FDN	766a	828b	824b	849c	8,71	790	788	774	5,79
FDA	390a	454b	467c	488d	9,48	409	412	397	4,65
Lignina	54,6a	60,8a	58,1a	66,1b	4,47	61,1	58,7	55,1	2,17
FDNi	328a	388b	412b	466c	13,6	357	336	326	11,6
FDNpd	437ab	440a	412b	383c	12,1	330	320	340	12,8
DIVMS	530a	493b	497b	458c	10,8	502	498	518	12,4

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade. EPM: erro padrão médio. MS = matéria seca; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; FDNi=fibra insolúvel em detergente neutro indigestível; FDNpd=fibra em detergente neutro potencialmente digestível; DIVMS = digestibilidade in vitro da matéria seca. \*Obs: houve apenas efeito de período nas variáveis apresentadas ( $P \leq 0.05$ ). Desempenho: 1°= primeiro período experimental (dia 0 a 29); 2° =segundo período (dia 29 a 58); 3°= terceiro período (dia 58 a 87); 4° =quarto período (dia 87 a 113). Metabolismo: tratamentos - CONT: ureia convencional; PRU: ureia pós-ruminal; U+PRU: ureia convencional+ ureia pós-ruminal.



**Figura 2 – A:** Experimento 1- Desempenho, **B:** Experimento 2- Metabolismo. Composição morfológica da forragem da altura média dos piquetes de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Houve apenas efeito de período nas variáveis apresentadas ( $P \leq 0.05$ ).

## **5.7 Desempenho animal**

O desempenho dos animais do experimento 1, foi avaliado pelo ganho médio diário (GMD, em kg/dia) determinado pela diferença entre o peso corporal final em jejum (restrição de sólidos e líquidos por 16 horas) e o peso corporal inicial em jejum, dividido pelo total de dias de cada período experimental (cada período experimental de 28 dias).

## **5.8 Comportamento e consumo de suplemento**

Nos animais do experimento de metabolismo, foram realizadas pesagens no início e no final de cada período experimental apenas para ajuste da oferta de suplemento.

Diariamente, antes do fornecimento do suplemento, foram avaliadas as sobras do fornecido no dia anterior. Foram consideradas sobras a 5% da quantidade fornecida e realizados ajustes de oferta no final de cada período considerando a última pesagem dos animais.

A taxa de desaparecimento do suplemento no cocho foi monitorada nos dois experimentos, a cada 1, 3, 5, 8 horas após ser ofertado, por 24 horas, a fim de avaliar o consumo dos animais.

Consumo estimado de suplemento foi obtido utilizando a média de consumo dos animais (ofertado menos as sobras durante o período experimental).

## 5.9 Parâmetros sanguíneos

Foram realizadas coletas de sangue nos animais do experimento de metabolismo, nos horários 0, 3 e 6 horas após a suplementação (dia 20 e 21), sob punção da veia jugular, utilizando tubos comerciais a vácuo sem anticoagulante (BD Vacutainer®). Posteriormente, as amostras foram centrifugadas (3080 rpm por 15 minutos). O soro foi retirado e armazenado a temperatura de -20°C. No soro foram quantificados os teores de ácido úrico, ureia, creatinina, albumina, proteína total e enzimas hepáticas (aspartato aminotransferase - AST e gama glutamiltransferase - GGT), por meio de kits comerciais (Bioclin®).

## 5.10 Parâmetros ruminais

Foram colhidas amostras representativas do conteúdo ruminal de cada animal via cânula (dia 19), em diferentes horários: 0, 3, 6, e 12 horas após suplementação, para avaliação do pH, e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), apenas os horários 0 e 12 foram utilizados para análise de AGCC. Após a coleta, amostras de (200 mL por animal) foram filtradas e dupla camada de pano de algodão, posteriormente, duas alíquotas de 50 mL de líquido ruminal de cada animal, foram utilizadas para a determinação do pH (DM-22, Digimed, São Paulo, Brasil). 50 mL de líquido ruminal foi armazenada em frasco plástico contendo 1 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:1), depois separado em duas alíquotas de 15 mL e congeladas a -20 °C para análise de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), que foi determinado pelo método colorimétrico INCT – CA N006/1 (Detmann et al, 2012). Duas alíquotas de 10 mL foram congeladas -20 °C para análise de AGCC, por meio de cromatografia gasosa (GCMS QP 2010 plus, Shimadzu®, Kyoto, Japan) usando coluna capilar (Stabilwax, Restek®, Bellefonte, EUA; 60 m, 0,25 mm ø, 0,25 µm crossbond carbowax polyethylene glycol) (AGCC

totais, acetato, propionato, butirato, isobutirato, valerato e isovalerato) (Palmquist et al., 1971).

### 5.11 Análises estatísticas

Os dados do experimento de desempenho foram analisados em um delineamento de blocos casualizados com três tratamentos e quatro repetições, sendo a unidade experimental o piquete. Com um modelo misto que incluíram os tratamentos como efeito fixo e os blocos como efeito aleatório.

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

Os dados obtidos ao longo do tempo foram analisados como medidas repetidas, somando os efeitos de período e a interação entre período e tratamento no modelo, considerando as variáveis conduzidas no mesmo animal, mas em momentos diferentes. As matrizes para cada variável foram escolhidas de acordo com o critério BIC (Bayesian Information Criteria) com seu menor valor. Todos os animais discrepantes (*outliers*) foram removidos para análise de dados. Todos os dados foram analisados utilizando o 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). O valor de p estabelecido foi  $P \leq 0,05$  como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I e a tendência como  $P \geq 0,05$  e  $P \leq 0,10$ .

## 6. RESULTADOS

### Experimento 1 – Desempenho

#### Características quantitativas e qualitativas da forragem

A massa de forragem (MF) foi semelhante entre os tratamentos ( $P = 0,916$ ), sendo observada uma média de 3449 kg MS/ha, e ao longo dos dias experimentais houve redução na MF ( $P < 0,001$ ) (Tabela 4). A oferta de forragem não diferiu entre os tratamentos ( $P = 0,956$ ), mas foi observado efeito de período ( $P = 0,002$ ), com redução na oferta no decorrer dos períodos e média geral de 5,07 kg MS/kg PC. Também houve efeito de período para os componentes quantitativos do pasto ( $P < 0,001$ ), com aumento de colmo seco (Figura 2A), exceto para folha seca ( $P = 0,767$ ) e tendência de período para a densidade ( $P = 0,064$ ) (Tabela 4).

Houve efeito de período ( $P < 0,005$ ) para os teores de matéria seca (MS), aumento ao longo dos períodos e redução no 4° período; proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), redução no percentual ao longo dos períodos; fibra em detergente neutro (FDN), fibra indigestível em detergente neutro (FDNi), aumento ao longo do período; e fibra potencialmente digestível (FDNpd), redução a partir do 3° período, exceto para lignina ( $P = 0,240$ ). E tendência de período para extrato etéreo (EE) e fibra em detergente ácido (FDA) ( $P \leq 0,009$ ). Houve interação entre tratamento e período para a digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) ( $P = 0,047$ ). No início do 1° período até o 3° os teores de DIVMS foram semelhantes ( $P > 0,196$ ), entre o 3° período ao 4°, houve diferença entre os tratamentos PRU e CONT ( $P < 0,028$ ) e entre PRU e U+PRU ( $P = 0,008$ ), sendo os maiores valores de DIVMS observados no tratamento PRU (Tabela 4).

## Comportamento e consumo de suplemento

A ingestão de suplemento, proteína e NNP equivalente de PB dos animais oscilaram ao longo dos períodos experimentais. Houve efeito de tratamento ( $P = 0,069$ ) para o consumo de suplemento, animais que consumiam CONT ( $P = 0,030$ ) apresentaram maior consumo em relação aos animais que consumiam U+PRU, e PRU tendeu ( $P = 0,080$ ) a apresentar maior consumo em relação U+PRU. Entre os dias experimentais 1° ao 4° houve efeito de período no consumo de suplemento ( $P < 0,001$ ), redução no consumo ao longo do 4° período. Os animais consumiram teor de proteína igual em ambos os tratamentos ( $P > 0,105$ ). Houve interação entre tratamento e período ( $P = 0,052$ ) para o consumo de proteína, quando os animais entraram no 4° período os tratamentos CONT ( $P = 0,067$ ) e PRU ( $P = 0,084$ ) tenderam a apresentar maior consumo em relação ao tratamento U+PRU (Tabela 5).

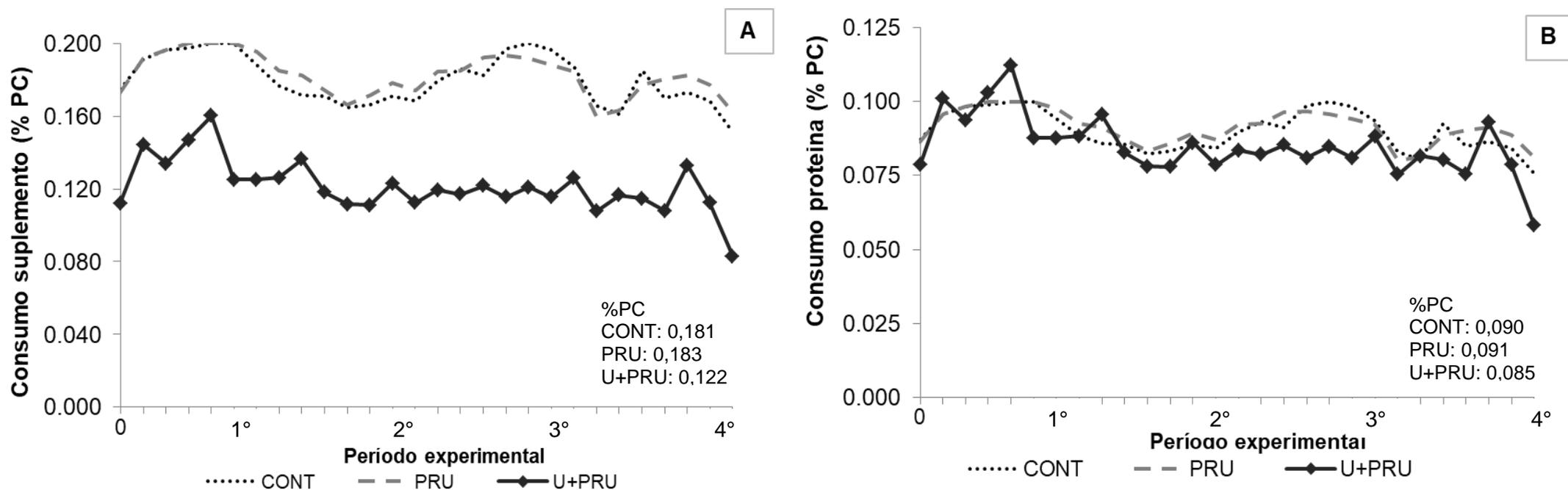
Já para o consumo de NNP equivalente de PB não houve efeito de tratamento ( $P = 0,163$ ), porém houve interação entre tratamento e período ( $P < 0,004$ ), entre o 1° e 2° período o tratamento U+PRU apresentou maior consumo de NNP ( $P < 0,021$ ) em relação ao CONT, e ( $P = 0,008$ ) em relação ao PRU. Assim como do 2° ao 3° período, o maior consumo para os animais que consumiam U+PRU ( $P < 0,096$ ) em relação ao CONT e ( $P < 0,048$ ) em relação ao PRU. A partir do 3° período ambos os tratamentos apresentaram consumos semelhantes de NNP equivalente de PB ( $P > 0,11$ ) (Tabela 5).

**Tabela 5-** Consumo de suplemento, proteína e NNP equi. PB de bovinos Nelore não castrados em função do uso de ureia pós ruminal e ureia convencional ofertado na quantidade de 2 g/kg PC na estação seca.

Consumo (kg/animal)	Tratamentos			EPM	P-valor		
	CONT	PRU	U+PRU		Trat	Per	Trat x Per
Desempenho							
Suplemento	0,679 <sup>a</sup>	0,624 <sup>a</sup>	0,468 <sup>b</sup>	0,09	0,069	<0,001	0,320
Proteína bruta	0,339	0,312	0,328	0,05	0,811	<0,001	0,052
NNP equiv. PB	0,222	0,203	0,271	0,03	0,163	<0,001	0,004

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade. EPM: erro padrão médio; NNP: nitrogênio não proteico equivalente de PB. CONT: Controle; PRU: Ureia pós-ruminal; U+PRU: ureia convencional+ ureia pós-ruminal.

Em relação ao consumo em % do PC, percebe-se que, os animais apresentaram ingestão constante de suplemento e proteína até 3º período experimental. A partir do final desse período, os animais tiveram redução no consumo, isso por causa do início do período chuvoso, bem como no 4º período, onde ocorreram maiores precipitações e o consumo oscilou com frequência (Figura 3), provavelmente em função da rebrota do capim, o que levou os animais a consumirem as folhas emergentes e com isso, reduzir o consumo de suplemento. A média geral de consumo de suplemento em % PC, ficou por volta de (0,181%) no tratamento CONT, (0,183%) para o PRU e (0,122%) para o U+PRU. Já para o consumo de proteína, os animais de ambos os tratamentos apresentaram média de consumo semelhante (0,088).

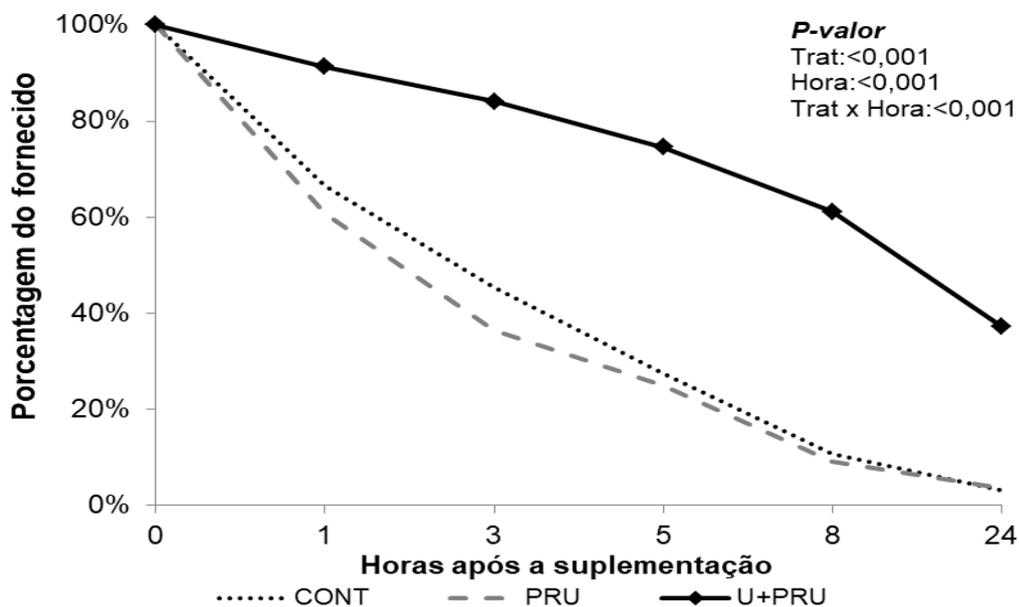


**Figura 3-** Consumo de suplemento e proteína em % do PC em função do uso de ureia pós-ruminal e ureia convencional em bovinos Nelore não castrados recebendo 2 g/kg PC na estação seca. **A)** Consumo geral de suplemento % PC (média de consumo por animal, ofertado menos sobras); **B)** Consumo geral de proteína bruta % PC (média por animal).

### Taxa de desaparecimento do suplemento

Observou-se que, quando monitorada a taxa de desaparecimento do suplemento entre 1, 3, 5, 8 até 24 horas, houve efeito de tratamento para os animais que consumiam suplemento com menor quantidade de proteína ( $P < 0,001$ ) CONT e PRU, apresentando maior consumo a cada intervalo de tempo chegando a sobras de 3% do fornecido às 24 horas. O tratamento com maior teor de proteína U+PRU apresentou menor consumo a cada intervalo de tempo, chegando a sobras de 37% do fornecido às 24 horas (Figura 4).

Houve interação tratamento e hora de monitoramento no cocho ( $P < 0,001$ ), 1 hora após o fornecimento o CONT e o PRU apresentaram maior consumo no intervalo de tempo ( $P < 0,001$ ) em relação ao U+PRU, 3 horas após o PRU tendeu ( $P = 0,092$ ) a maior consumo em relação ao CONT, e ambos tiveram maior consumo ( $P < 0,001$ ) em relação ao U+PRU, assim como em 5, 8 e 24 horas após a suplementação (Figura 4).



**Figura 4-** Taxa de desaparecimento dos suplementos em função do uso de ureia pós-ruminal e ureia convencional de bovinos Nelore não castrados recebendo 2 g/kg do PC na estação seca.

## Desempenho animal

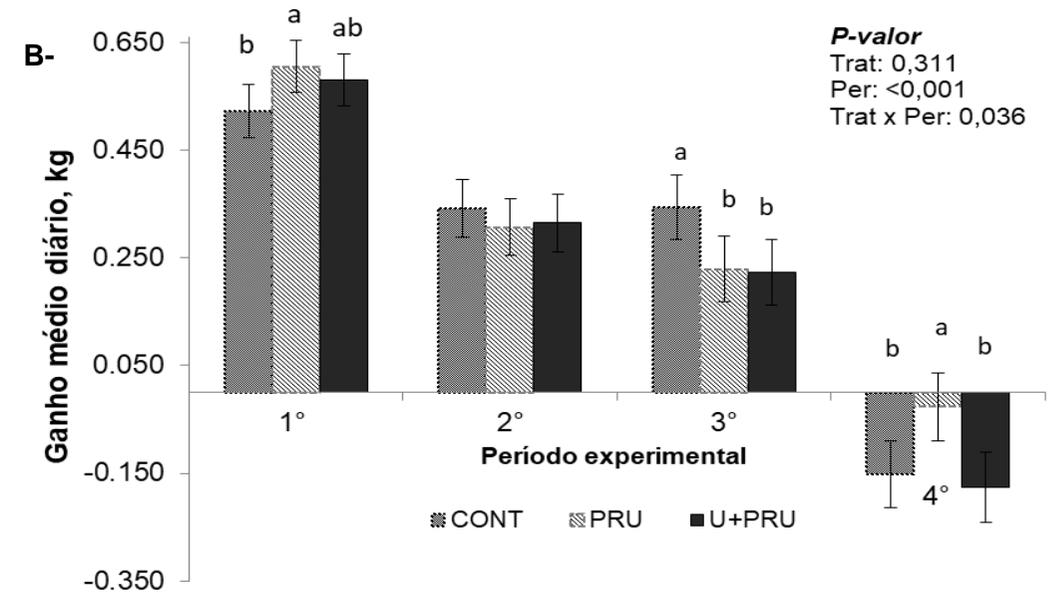
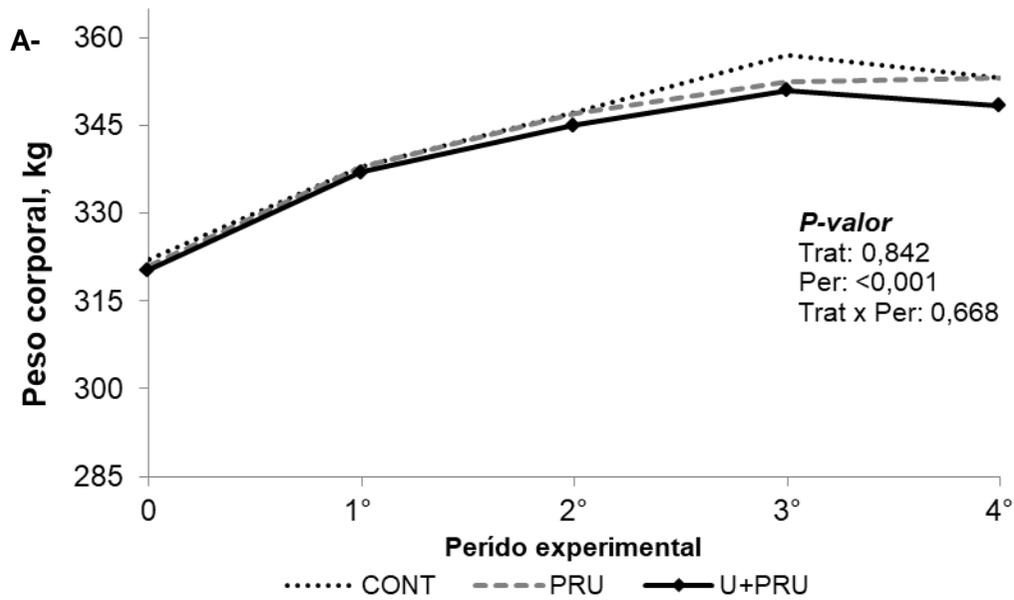
Não houve efeito de tratamento sobre o peso corporal final, GMD e taxa de lotação ( $P \geq 0,311$ ), com as respectivas médias 321 kg de PCi, 351 kg PCf, 1,49 UA/ha e GMD médio de 0,259 kg/dia (Tabela 6). Os animais começaram o período experimental com peso corporal semelhante, ao longo dos dias experimentais observou-se efeito de período ( $P < 0,001$ ), com aumento do peso corporal. (Figura 5A).

Houve efeito de interação entre tratamento e período para o ganho médio diário ( $P < 0,036$ ), no 1º período experimental o tratamento PRU tendeu ( $P = 0,073$ ) a ter maior ganho (0,605 kg/dia) em relação ao tratamento CONT (0,522 kg/dia), e ambos foram semelhantes aos animais do tratamento U+PRU ( $P > 0,206$ ). No 2º período todos os tratamentos apresentaram GMD semelhante ( $P > 0,511$ ). Já no 3º período os animais alimentados com CONT tiveram maior ganho médio diário ( $P \geq 0,078$ ) (0,343 kg/dia) em relação aos demais tratamentos (0,226 kg/dia). No 4º período experimental os animais de ambos os tratamentos perderam peso, porém, animais alimentados com PRU tiveram menor redução no ganho com (-0,025 kg/dia) em comparação ao CONT ( $P = 0,083$ ) e U+PRU ( $P = 0,044$ ) com (-0,163 kg/dia) (Figura 5B).

**Tabela 6-** Desempenho de bovinos Nelore não castrados, em função do uso de ureia pós-ruminal e ureia convencional ofertado na quantidade de 2 g/kg do PC no período seco.

Item	Tratamentos			EPM	P-valor
	CONT	PRU	U+PRU		
PCi, kg	322	321	320	51,97	0,895
PCf, kg	353	352	348	44,75	0,549
GMD, kg	0,264	0,279	0,235	0,042	0,311
TL, UA/ha <sup>-1</sup>	1,56	1,46	1,47	0,137	0,836

EPM: erro padrão médio; PCi: peso corporal inicial; PCf: peso corporal final; GMD: ganho médio diário; TL= taxa de lotação; UA= unidade animal 450 kg de peso corporal. CONT: Controle; PRU: Ureia pós-ruminal; U+PRU: ureia convencional+ ureia pós-ruminal.



**Figura 5- A)** Peso corporal de bovinos Nelore não castrados. **B)** Ganho médio diário de bovinos Nelore não castrados em função do uso de ureia pós-ruminal e ureia convencional ofertado na quantidade 2 g/kg do PC no período seco.

## **Experimento 2 – Metabolismo**

### **Características quantitativas e qualitativas da forragem**

A massa de forragem (MF) foi semelhante entre os tratamentos ( $P = 0,994$ ), com média de massa disponível de 4354 kg MS/ha, e tendência na redução na MF com o passar dos períodos ( $P = 0,085$ ) (Tabela 4). A oferta de forragem não diferiu entre os tratamentos ( $P = 0,876$ ), mas foi observada tendência para período ( $P = 0,076$ ) com redução ao longo dos mesmos. Houve efeito de período para os componentes, altura, folha verde, colmo verde, colmo seco ( $P < 0,056$ ) (Figura 2B), exceto para densidade ( $P = 0,238$ ), folha seca ( $P = 0,357$ ) e relação folha:colmo ( $P = 0,208$ ).

Não houve efeito de tratamentos para a composição da forragem ( $P > 0,176$ ), houve apenas efeito de período ( $P < 0,004$ ) para os teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra indigestível em detergente neutro (FDNi) com aumento dos teores dessas variáveis, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), e fibra potencialmente digestível (FDNpd) com redução nos teores. E tendência de período para os teores de matéria mineral (MM) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) ( $P \leq 0,095$ ).

### **Comportamento e consumo de suplemento**

No experimento de metabolismo, não houve efeito de tratamento para o consumo de suplemento ( $P = 0,126$ ), mas, pode-se observar um consumo superior de 0,363 kg a mais para o tratamento PRU em relação ao U+PRU. Também não foi observado efeito de tratamento para o consumo de proteína ( $P = 0,406$ ) e NNP equivalente em PB ( $P = 0,252$ ), ambos os tratamentos apresentaram comportamento de consumo semelhante nos dias experimentais (Tabela 7).

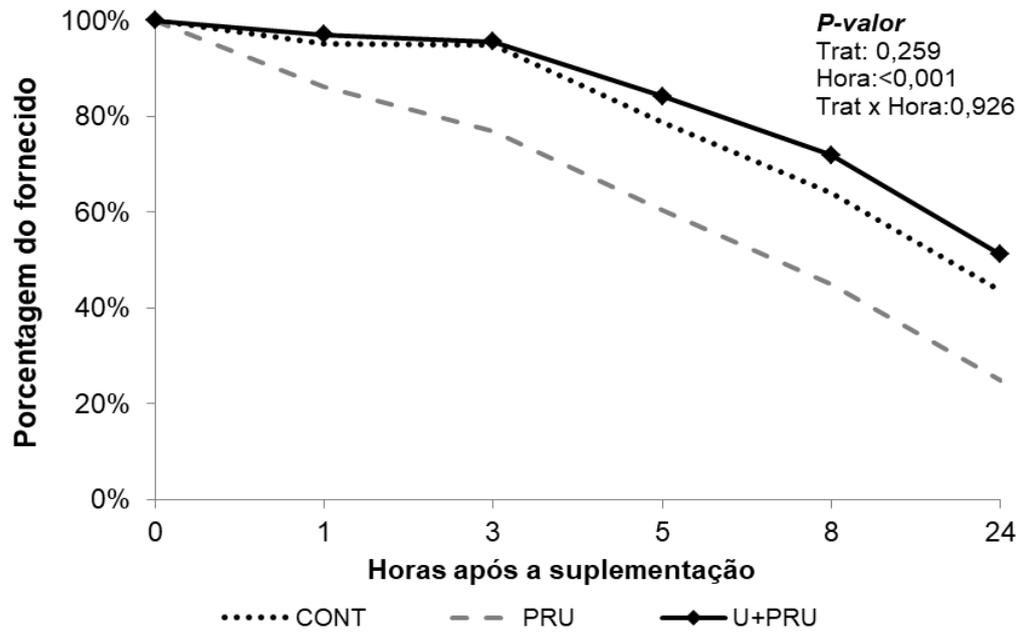
**Tabela 7-** Consumo de suplemento, proteína e NNP equiv. PB, de bovinos Nelore castrados em função do uso de ureia pós ruminal e ureia convencional ofertado na quantidade de 2 g/kg PC na estação seca.

Consumo (kg/animal)	Tratamentos			EPM	<i>P-valor</i> Trat
	CONT	PRU	U+PRU		
Metabolismo					
Suplemento	0,798	0,990	0,627	0,110	0,126
Proteína bruta	0,399	0,495	0,439	0,059	0,406
NNP equiv. PB	0,260	0,323	0,363	0,044	0,252

EPM: erro padrão médio; NNP: nitrogênio não proteico equivalente de PB. (3 animais por tratamento, PC médio 684 kg). CONT: Controle; PRU: Ureia pós-ruminal; U+PRU: ureia convencional+ ureia pós-ruminal.

### Taxa de desaparecimento do suplemento

A taxa de desaparecimento do suplemento no experimento de metabolismo não apresentou efeito de tratamento ( $P = 0,259$ ). Houve apenas efeito de horário em relação ao fornecido ( $P < 0,001$ ). O tratamento CONT chegou a sobras de 43,7% do fornecido, PRU com 24,8% e U+PRU com 51,2% do fornecido às 24 horas (Figura 6). Os animais desse experimento apresentavam peso corporal elevado, o que provavelmente limitou o consumo de suplemento.



**Figura 6-** Taxa de desaparecimento dos suplementos em função do uso de ureia pós-ruminal e ureia convencional de bovinos Nelore castrados na estação seca recebendo 2 g/kg do PC (Metabolismo).

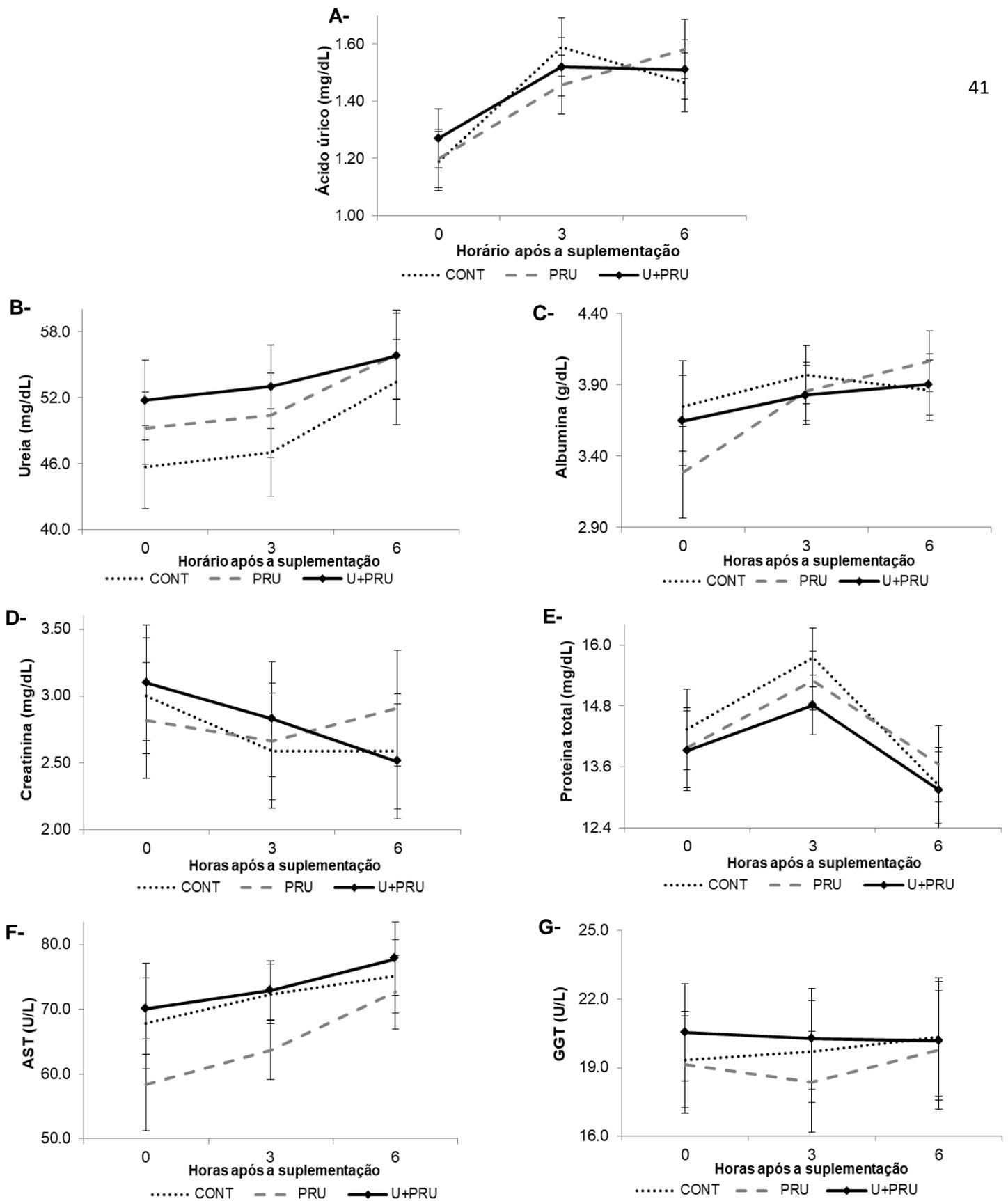
### Parâmetros sanguíneos

Não foi observado efeito dos diferentes tratamentos na concentração de metabólitos sanguíneos ( $P \geq 0,390$ ). Houve apenas efeito de horário nas variáveis ácido úrico, ureia, albumina, proteína total e AST ( $P < 0,056$ ) (Tabela 8), com aumento na concentração dos metabólitos em relação ao horário de coleta (Figura 7).

**Tabela 8** - Parâmetros sanguíneos em diferentes horários após a suplementação em função do uso de ureia pós-ruminal e ureia convencional em bovinos Nelore castrados recebendo 2 g/kg do PC na estação seca.

Item	Tratamentos			EPM	P-valor		
	CONT	PRU	U+PRU		Trat	Hora	Trat x Hora
Ácido úrico, mg/dL	1,38	1,41	1,43	0,085	0,893	<0,001	0,732
Ureia, mg/dL	48,7	51,8	53,5	6,196	0,390	0,001	0,856
Albumina, g/dL	3,86	3,73	3,79	0,215	0,710	0,056	0,256
Creatinina, mg/dL	2,72	2,79	2,81	0,404	0,788	0,377	0,225
Proteína total, mg/dL	14,4	14,3	14,0	0,455	0,473	0,002	0,919
AST, U/L	71,8	64,9	72,6	5,337	0,488	0,005	0,619
GGT, U/L	19,8	19,1	20,3	2,18	0,817	0,639	0,816

EPM: erro padrão médio; AST= aspartato aminotransferase; GGT= gama glutamil transferase. CONT: Controle; PRU: Ureia pós-ruminal; U+PRU: ureia convencional+ ureia pós-ruminal.



**Figura 7** – Concentração de metabólitos sanguíneos em diferentes horários após a suplementação - **A)** Ácido úrico; **B)** Ureia; **C)** Albumina; **D)** Creatinina; **E)** Proteína total; **F)** AST - Aspartato Aminotransferase; **G)** GGT - Gama Glutamil Transferase em função uso de ureia pós-ruminal e ureia convencional de bovinos Nelore castrados recebendo 2 g/kg do PC na estação seca.

## Parâmetros ruminais

Não foi observado efeito de tratamento para o pH ( $P < 0,220$ ), porém, houve interação entre tratamento e horário de coleta ( $P < 0,024$ ) para essa variável (Tabela 9). Os dados de pH ruminal ao longo dos períodos experimentais mostram que antes da suplementação todos os tratamentos apresentavam pH semelhante (6,94) ( $P \geq 0,173$ ). Três horas após a suplementação, os animais alimentados com PRU e U+PRU apresentaram pH superior ( $P < 0,004$  e  $P < 0,013$ ) em comparação com os animais alimentados com o tratamento CONT (6,88). Seis horas após a suplementação, todos os animais apresentavam pH semelhante (6,96) ( $P \geq 0,790$ ). E doze horas após a suplementação, o pH dos animais alimentados com PRU tendeu ( $P = 0,075$ ) a ser menor (6,73) em comparação com os animais alimentados com U+PRU (6,93) (Figura 8).

Não houve efeito de tratamento para a concentração de  $N-NH_3$  ( $P = 0,827$ ), porém houve efeito de hora de coleta ( $P < 0,001$ ) e tendência de interação tratamento e horário de coleta ( $P = 0,007$ ) (Tabela 9). Antes da suplementação todos os tratamentos apresentavam concentrações semelhantes de  $N-NH_3$  (6,30 mg/dL) ( $P \geq 0,188$ ). Três horas após a suplementação houve pico de concentração e diferença onde, os animais que consumiram PRU tiveram maior concentração de  $N-NH_3$  (15,8 mg/dL) ( $P = 0,001$ ) em relação ao CONT (7,45 mg/dL), e igual ao U+PRU (11,80 mg/dL) ( $P = 0,114$ ), os animais que consumiram U+PRU tendeu a maior  $N-NH_3$  (11,80 mg/dL) ( $P = 0,071$ ) em relação ao CONT. Seis horas após a suplementação, não houve diferença entre os tratamentos ( $P \geq 0,265$ ) (12,5 mg/dL). Doze horas após a suplementação o tratamento U+PRU tendeu a maior concentração de  $N-NH_3$  (13,5 mg/dL) ( $P = 0,090$ ) em comparação com PRU (9,10 mg/dL), e ambos foram iguais ao CONT (11,4 mg/dL) ( $P \geq 0,347$ ) (Figura 9).

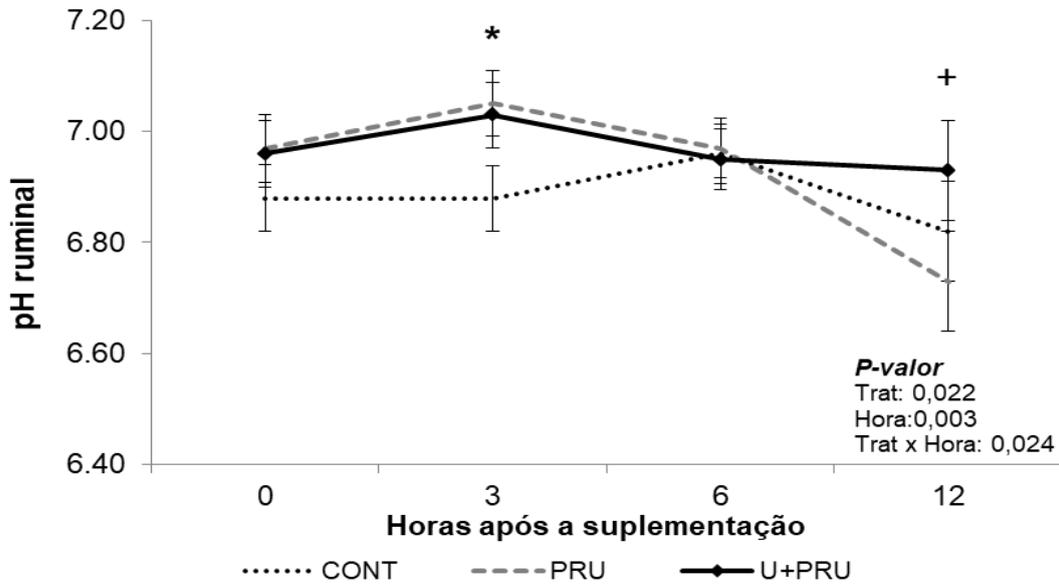
A concentração total de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) apresentou efeito de tratamento ( $P < 0,026$ ), o tratamento CONT teve maior concentração de AGCC totais em relação aos tratamentos PRU ( $P < 0,035$ ) e U+PRU ( $P < 0,011$ ). Não foram observados efeitos de tratamento, hora e interação tratamento e hora de coleta para quase todas as variáveis sobre a proporção de AGCC individual ( $P \geq$

0,11), exceto para o propionato. Foi observada tendência de tratamento ( $P = 0,072$ ) para o propionato, com maior proporção molar ocorrendo no tratamento CONT em relação aos demais (Tabela 9). Houve efeito de tratamento para a relação acetado:propionato ( $P < 0,025$ ), o tratamento U+PRU e PRU apresentaram maior relação ( $P = 0,059$ ) e ( $P = 0,008$ ) em relação ao tratamento CONT.

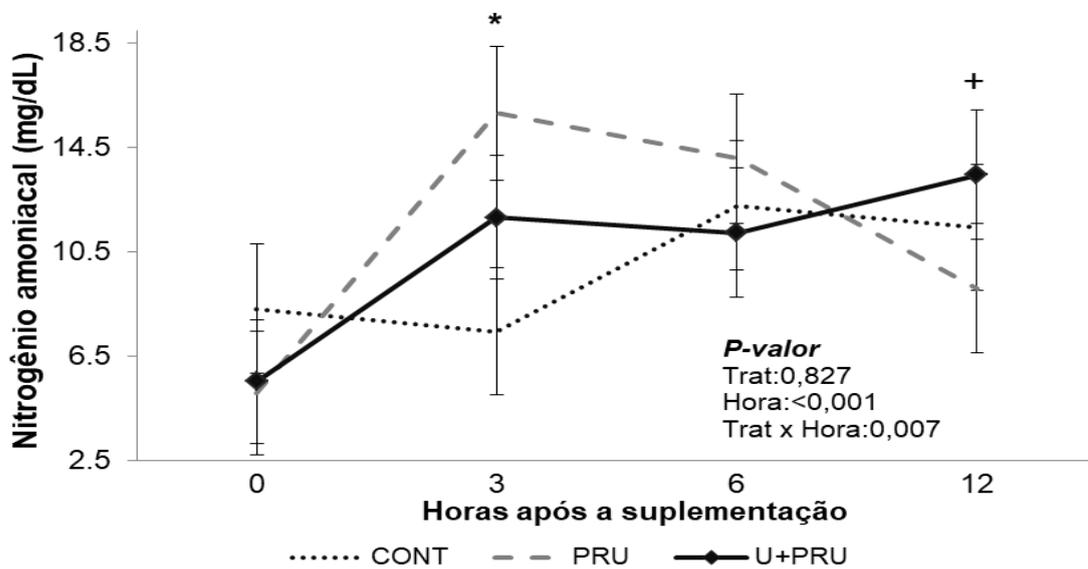
**Tabela 9-** Parâmetros de fermentação ruminal em diferentes horários após a suplementação em função do uso de ureia pós-ruminal e ureia convencional em bovinos Nelore castrados recebendo 2 g/kg do PC na estação seca.

Item	Tratamentos			EPM	P-valor		
	CONT	PRU	U+PRU		Trat	Hora	Trat x Hora
pH	6,88	6,93	6,97	0,055	0,220	0,003	0,024
N-NH <sub>3</sub> mg/dL	9,87	11,0	10,5	2,177	0,827	<0,001	0,007
AGCC total mM	32,7 <sub>a</sub>	27,1 <sub>b</sub>	25,9 <sub>b</sub>	2,279	0,026	0,579	0,908
AGCC (mol/100mol)							
Acetato	75,8	76,4	77,2	0,520	0,186	0,562	0,347
Propionato	14,4 <sub>a</sub>	14,0 <sub>b</sub>	13,8 <sub>b</sub>	0,273	0,072	0,134	0,478
Isobutirato	1,05	1,23	1,02	0,515	0,904	0,243	0,310
Butirato	4,99	4,96	4,80	0,300	0,690	0,110	0,649
Isovalerato	1,58	1,14	1,57	0,365	0,425	0,848	0,926
Valerato	1,92	2,21	1,84	0,268	0,577	0,120	0,549
A:P	5,28 <sub>b</sub>	5,50 <sub>a</sub>	5,60 <sub>a</sub>	0,114	0,025	0,123	0,696

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade. EPM: erro padrão médio. A:P= relação acetato:propionato. Obs: os dados de AGCC foram analisados apenas nos horários 0 e 12 horas após a suplementação. CONT: Controle; PRU: Ureia pós-ruminal; U+PRU: ureia convencional+ ureia pós-ruminal.



**Figura 8-** Valores médios de pH ruminal em diferentes horários após a suplementação em função do uso de ureia pós-ruminal e ureia convencional em bovinos Nelore castrados na estação seca. Obs: \*significativo ( $P \leq 0,05$ ); +tendência ( $P \geq 0,05 \leq 0,10$ ).



**Figura 9-** Concentrações ruminiais médias de nitrogênio amoniacal em diferentes horários após a suplementação em função do uso de ureia pós-ruminal e ureia convencional em bovinos Nelore castrados na estação seca. Obs: \*significativo ( $P \leq 0,05$ ); +tendência ( $P \geq 0,05 \leq 0,10$ ).

## 7. DISCUSSÃO

As características estruturais do dossel forrageiro sofreram alterações ao longo dos períodos experimentais, devido às variações climáticas, idade da planta e pastejo dos animais. Ocorrendo mudanças na produção, estrutura do pasto e nas características nutricionais, o que acaba refletindo na baixa eficiência de utilização pelos animais (Reis et al., 2012), como foi observado no estudo. A disponibilidade de matéria seca total de forragem nesse período é considerada o fator limitante de consumo e produção animal, segundo Minson (1990), a disponibilidade mínima deve ser de 2500 kg MS/ha a 3000 kg MS/ha. Já para a oferta de forragem (OF), valores entre 10 a 12 kg MS/kg PC são recomendadas para máximo consumo de matéria seca (CMS) (Euclides et al., 2000), o que não foi observado nesse estudo, com valores abaixo de 5,64 kg MS/kg PC o que reflete na seleção e tempo de pastejo dos animais, e ficou característico ao final do 3º período com redução da disponibilidade de carboidratos (CHO) solúveis.

Dessa forma, é importante adequar o manejo do pastejo para otimizar o desempenho animal (Delevatti et al., 2019), junto com a suplementação estratégica para aumentar a ingestão e utilização de nutrientes no período seco, possibilitando melhores desempenhos aos animais. A extensão da resposta do animal varia de acordo com a qualidade da dieta basal, assim, ao final do 1º período houve redução total da quantidade de folhas verdes e elevação na proporção de colmo e material morto, a alta proporção desses componentes associada à baixa densidade do pasto, reduz tamanho dos bocados e resulta em baixa ingestão e digestibilidade (Detmann et al., 2014b), influenciando nos efeitos da suplementação. As limitações nutricionais da forragem de baixa qualidade resultam em interferência na atividade microbiana, que é responsável pela degradação da parede celular da forragem (Detmann et al., 2009).

Durante a estação seca, ocorre redução na qualidade nutricional (Detmann et al., 2014b), conforme indicado nas amostras de pastejo simulado, principalmente pela diminuição do teor de PB. Neste período, as forragens costumam apresentar

teor de PB abaixo de 70 g kg/MS (Lazzarini et al., 2009a; Figueiras et al., 2010; Sampaio et al., 2010; Detmann et al., 2014a). Assim como altos teores de FDN (81,6%), FDA (45%) e lignina (6%) observados nesse estudo, em decorrência da estrutura do pasto, onde o baixo valor nutritivo da forragem está relacionado ao teor de PB, alto conteúdo de fibra e baixa digestibilidade (Silva et al., 2009).

A suplementação com compostos nitrogenados utilizada em forragens de baixa qualidade, incrementa a utilização dos carboidratos fibrosos e a produção de Pmic, que está associada à velocidade de utilização desses carboidratos (energia), ampliando a taxa de degradação ruminal da FDNpd da forragem (Sampaio et al., 2009), resultando em maior aporte de nutrientes para o intestino e para o metabolismo energético. Assim, quando o animal consome N que é deficiente na dieta, essa fonte passa a ser utilizado para a reciclagem e para sustentação do crescimento microbiano, se a deficiência de N se torna mais grave o animal passa a mobilizar tecido para sustentar a massa de nitrogênio que é reciclado (Batista et al., 2016).

Nesse caso, durante a época seca do ano ocorre redução no ganho de peso e, conseqüentemente, perda de peso como foi observado no estudo, principalmente, quando a característica do dossel forrageiro foi modificando ao longo dos períodos. No início do período experimental observou-se, maior disponibilidade de forragem (3762 kg MS/ha e OF de 5,64 kg MS/kg PC) o que permitiu que os animais selecionassem partes da forragem com melhor valor nutritivo, e com passar dos dias experimentais a disponibilidade e qualidade da forragem reduziram (com OF de 4,24 kg MS/kg PC; 3,02% de PB e 85% de FDN), o que resultou na seletividade limitada pelos animais e impacto no desempenho.

Em relação ao consumo de suplemento, foram observadas médias superiores nos tratamentos CONT e PRU, apresentando uma diferença de 0,211 e 0,156 kg/animal em relação ao U+PRU, onde, relacionando com a taxa de desaparecimento do suplemento, observou-se que o tratamento U+PRU pelo elevado teor de proteína vinda da ureia, limitou o consumo dos animais em ambos os experimentos, e após 24 horas depois de ofertado o suplemento houve sobras

em todos os períodos experimentais. Sendo que os animais desse tratamento, quanto maior a inclusão de ureia maior o tempo gasto para consumir o suplemento.

A ureia é um dos principais limitadores de consumo de suplemento pela sua baixa aceitabilidade pelos animais e taxas elevadas de degradação nas primeiras horas após alimentação, levando ao excesso de  $\text{NH}_3$  no rúmen, por isso, suplementos com níveis elevados de proteína reduzem o consumo (Fernandes et al., 2016). Desse modo, o menor desempenho pode ser justificado pelo possível excesso de proteína para o metabolismo microbiano e animal, de forma que ocorram depressões hepáticas de NADH e NADP relacionadas à elevação do nível hepático de amônia, gerando efeitos negativos sobre o metabolismo de carboidratos (Detmann et al., 2004), no qual esse excesso por parte do tratamento U+PRU pode possivelmente, ser perdido via excreção urinária.

A ingestão excessiva de proteína sem a quantidade adequada de energia resulta em perda de nitrogênio nas excretas (Russel et al., 1992), e quando ocorre fornecimento adequado de energia os microrganismos passam a utilizar de forma favorável o  $\text{N-NH}_3$  no rúmen (Geron et al., 2018). Desse modo, níveis adequados de energia e nitrogênio são essenciais para melhorar a sincronia dos nutrientes e a eficiência microbiana (Henning et al., 1993 ) e a digestibilidade da fibra.

Não foram observadas alterações nas concentrações de metabólitos sanguíneos em função dos tratamentos, mesmo quando os animais eram suplementados com teor mais alto de PB, como no tratamento com 70% de proteína, porém, os animais utilizados para o estudo de metabolismo eram mais pesados, e apresentavam limitação no consumo de suplemento desde o início do período experimental, havendo sobras em todos os períodos. O status do perfil metabólico é um importante indicador para prevenir transtornos do metabolismo em animais de produção, a composição química do sangue reflete o equilíbrio e a mobilização dos nutrientes nos tecidos (Silva et al., 2016).

A concentração total de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) tem grande relação com a fonte de CHO (Meale et al., 2012), e também com a quantidade de MS fermentada (Castro et al., 2020), as mudanças na proporção da forragem da dieta tem efeito na quantidade e proporção individual de AGCC. Conseqüentemente,

não foi observado modificação na proporção molar de acetato, isobutirato, butirato, isovalerato e valerato, esse fato pode estar relacionado às concentrações de N-NH<sub>3</sub>. Segundo descrito por Russel et al. (1992), os microrganismos que degradam fibra utilizam o N-NH<sub>3</sub> como fonte primária de N para seu crescimento. Além disso, em bovinos alimentados com forragens de baixa qualidade, concentrações que excedem 12 mg/dL de N-NH<sub>3</sub> torna-se mais elevado a possibilidade de acúmulo de amônia, podendo estar associado a limitação no fornecimento de energia necessária para absorção microbiana de N (Detmann et al., 2014a).

Todos os tratamentos apresentaram concentrações consideradas adequadas de N amoniacal, em média 10,5 mg/dL podendo resultar em melhor fornecimento de N em relação aos requerimentos microbianos para a degradação da fibra (Batista et al., 2016). O N-NH<sub>3</sub> ruminal atua como regulador da atividade ureolítica microbiana, tendo papel fundamental na regulação de transferência de ureia para o rúmen (Wanapat e Pimpa, 1999; Marini et al., 2003). Apesar de não haver diferença na concentração entre os tratamentos, houve pico de N-NH<sub>3</sub> para o tratamento PRU e U+PRU nas primeiras horas após a alimentação, já para o CONT esse pico foi observado mais tarde 6 horas após a suplementação, resultado parecido com o encontrado no estudo De Oliveira et al. (2020), utilizando tratamento com infusão contínua de ureia no rúmen.

Espera-se que a concentração de N-NH<sub>3</sub> aumente com a inclusão de ureia, levando em conta a elevada taxa de degradação no rúmen, como observado no estudo de Cidrini et al. (2022) com suplementos com baixa e alta inclusão de ureia, o pico de N amoniacal ocorreu 3 horas após a suplementação. Com isso, a ureia convencional resultaria em um acúmulo de amônia, sugerindo que os microrganismos não foram capazes de utilizar o N ou que o crescimento microbiano foi mais lento do que a solubilização de N, e considerando a disponibilidade de energia limitada da forragem, isso resultaria em um ponto de ruptura (De Oliveira et al., 2020), o que pode ter acontecido com o pico do tratamento CONT somente 6 horas após a suplementação.

A redução na concentração de N-NH<sub>3</sub> ao longo do dia causa uma mudança nas proporções microbianas no rúmen e, conseqüentemente, modificação na

concentração de AGCC total (Paixão et al., 2007). Isso pode ser sustentado pelo aumento e diferença na produção de AGCC total e redução no pH ruminal ao longo do dia no tratamento CONT.

A diferença na relação acetato:propionato, pode ser conferido aos níveis e taxas de consumo de suplemento dos animais nos diferentes tratamentos. Assim, com diferentes entradas de suplemento chegando ao rúmen, observa-se uma modificação na relação acetato:propionato, que é reduzida nos suplementos com menor proporção de ureia (Fernandes et al., 2016), como foi observado no tratamento com uso de ureia convencional.

Os valores de pH ruminal se mantiveram acima de 6,7 para todos os tratamentos, sendo considerado adequado para o crescimento microbiano (Hoover 1986). O pH ruminal varia de acordo com a dieta e com o tempo após a alimentação, segundo Martins et al. (2006), valores de pH quando inferiores a 6,0 reduzem o aproveitamento da fibra, pelo aumento no tempo necessário para a degradação. Alterações nos valores de pH também podem ocorrer em função das alterações na proporção acetato:propionato causadas por mudanças na dieta (Hegarty, 1999).

Dessa forma, as variações no GMD ao longo dos períodos experimentais ocorreram em função da forragem disponível, e da interação com a suplementação. A composição morfológica da forragem variou ao longo dos períodos, e a redução na quantidade de folhas, provavelmente limitou o desempenho dos animais no decorrer dos dias experimentais. Pois animais em pastejo tem preferência em consumir a fração de folhas verdes devido aos valores nutricionais mais elevados, a estrutura do pasto influencia diretamente o consumo de forragem refletindo sobre o desempenho (Roth et al., 2018).

No primeiro período os animais apresentaram GMD médio de 0,570 kg, o ganho não foi influenciado pela qualidade da forragem, assim, com a mudança na estrutura e aumento das frações fibrosas no decorrer dos dias experimentais, resultando na baixa digestibilidade e, conseqüentemente, desempenho limitado situação observada no segundo e terceiro período. No quarto período todos os animais reduziram o ganho, ficando evidente a deficiência de energia (NDT) da forragem, com base nos cálculos de estimativa de exigências nutricionais de energia

para zebuínos do BR-CORTE (Marcondes et al., 2016), esses animais tinham uma exigência média de 3,29 kg de (NDT), o pasto atendeu com 2,24 kg NDT e o suplemento com 0,236 kg NDT, o que não atingiu o requerimento, de forma que a dieta basal ofertada limitou o GMD (Roth et al., 2018). Pois a estrutura do pasto tem grande influência sobre o consumo de forragem, e a OF se encontrava abaixo de 5,0 kg MS/kg PC causando efeito marcante no desempenho animal.

O ganho de peso dos animais na estação seca reduz até o final do período experimental, mesmo com uso da suplementação. Isso ocorre com a redução da disponibilidade de matéria seca, PB, DIVMS e aumento na fração de FDN (Ítavo et al., 2016) assim como foi observado nesse estudo, de maneira que no mês de setembro a outubro a grande redução na disponibilidade e teor nutritivo da forragem, provocou redução no ganho médio dos animais em todos os tratamentos.

No entanto, a suplementação com PRU evitou maiores perdas de peso, apresentando (0,125 kg) de diferença em relação ao tratamento CONT no 4º período experimental, nessa fase também ocorreram às primeiras chuvas, de forma que estimulou a rebrota da forragem e, conseqüentemente, maior disponibilidade de carboidratos solúveis. Os animais têm preferência por brotos emergentes da parte madura da planta, o que aumenta o tempo de pastejo devido ao tempo gasto para selecionar (Valente et al., 2013) partes da planta com maior valor nutricional (Sampaio et al., 2017). Fato que ocorreu no estudo, provavelmente, pela mudança na composição da forragem.

Dietas com pouca disponibilidade de carboidratos solúveis como em forragem de baixa qualidade, limita o uso de NNP por não disponibilizar energia adequada resultando na lenta digestão dos carboidratos disponíveis (Van Soest, 1994). O excesso de N em relação à disponibilidade de energia tem vários efeitos negativos para o metabolismo animal sobre a ingestão voluntária (Detmann et al., 2014a). Assim, pode-se ocorrer um desequilíbrio metabólico na proporção de proteína metabolizável/energia metabolizável, pela ausência de carboidratos prontamente fermentáveis o que pode resultar na redução do uso da proteína consumida (De Paula et al., 2019).

A partir dos resultados obtidos nesse estudo, pode-se observar que a suplementação com ureia convencional e ureia pós-ruminal apresentam resultados semelhantes, e formas diferentes de melhorar o status de N no metabolismo animal em função da característica nutricional do dossel forrageiro. No entanto, sabe-se que a ureia convencional tem suas restrições, é rapidamente processada e degradada pelas bactérias ureolíticas aumentando a concentração de  $N-NH_3$ , e quando não utilizado rapidamente pode ocorrer acúmulo no ambiente ruminal e causar efeitos negativos (Ítavo et al., 2016). Assim, o uso de uma fonte de N de entrega pós-ruminal pode apresentar grande potencial de utilização, como demonstrado nos estudos realizados por De Carvalho et al. (2019) e De Oliveira et al. (2020).

Apesar de não ter ocorrido efeitos significativos no desempenho animal com uso de ureia pós-ruminal em relação à ureia convencional, assim como na combinação das duas fontes que acabou reduzindo o consumo de suplemento dos animais, mas não alterou o desempenho. A ureia de liberação pós-ruminal é uma tecnologia promissora, portanto, mais estudos devem ser levados em consideração no que diz respeito à estratégia de suplementação mais adequada, dando importância às metas de produção, melhor eficiência no uso de N e menores excreções de N no ambiente, buscando elucidar os reais benefícios dessa fonte de NNP visando à sustentabilidade dentro do sistema de produção.

## **8. CONCLUSÕES**

O uso de ureia pós-ruminal não influenciou os parâmetros sanguíneos, ruminais e o desempenho animal. No entanto, a suplementação com ureia pós-ruminal proporcionou resultados semelhantes aos da ureia convencional, já o uso da junção das duas fontes de suplementação apresentou limitação no consumo dos animais pela elevada concentração de proteína vinda da ureia.

## 9. REFÊRENCIAS

Alves, EM, Pedreira, MDS, De Oliveira, CAS, Aguiar, L V, Pereira, MLA, Almeida, PJP (2010) Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com farelo da vagem de algaroba associado a níveis de ureia. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 32(4), 439-445.

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

Arriaga, H, Pinto, M, Calsamiglia, S, Merino, P (2009) Nutritional and management strategies on nitrogen and phosphorus use efficiency of lactating dairy cattle on commercial farms: An environmental perspective. **Journal of Dairy Science**, 92(1), 204-215.

Bach, A, Calsamiglia, S, Stern, MD (2005) Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of dairy science**, v. 88, p. E9-E21.

Bandyk, CA, Cochran, RC, Wickersham, TA, Titgemeyer, EC, Farmer, CG, Higgins, JJ (2001) Effect of ruminal vs post-ruminal administration of degradable protein on utilization of low-quality forage by beef steers. **Journal of Animal Science**, 79(1), 225-231.

Batista, ED, Detmann, E, Titgemeyer, EC, Valadares Filho, SC, Valadares, RFD, Prates, LL, Paulino, MF (2016) Effects of varying ruminally undegradable protein supplementation on forage digestion, nitrogen metabolism, and urea kinetics in Nelore cattle fed low-quality tropical forage. **Journal of Animal Science**, 94(1), 201-216.

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(8), 1303-1311.

Beever, DE (1982) Protein utilization from pasture. Forage Protein Conservation and Utilisation. **Commission of the European Communities**, Dublin, Ireland, p. 99.

Calsamiglia, S, Ferret, A, Reynolds, CK, Kristensen, NB, Van Vuuren, AM (2010) Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. **Animal**, 4(7), 1184-1196.

Cardoso, ADS, Barbero, RP, Romanzini, EP, Teobaldo, RW, Ongaratto, F, Fernandes, MHMDR, Reis, RA (2020) Intensification: A key strategy to achieve great animal and environmental beef cattle production sustainability in *Brachiaria* grasslands. **Sustainability**, 12(16), 6656.

Cidrini, IA, Granja-Salcedo, YT, Prados, LF, Kishi, LT, Siqueira, GR, Resende, FD (2022) Effect of tannin extract associated with two levels of non-protein nitrogen in the supplement on performance, ruminal parameters, and microbial diversity of grazing Nellore cattle during the growing phase at dry season. **Animal Feed Science and Technology**, 0377-8401.

Cole, NA, Todd, RW (2008) Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient synchrony in concentrate-fed ruminants. **Journal of Animal Science**, 86(suppl\_14), E318–E333.

Costa, NDL, Monteiro, ALG, Silva, ALP, De Moraes, A, Giostri, AF, Stivari, TSS, Pin, EA (2015) Considerações sobre a degradação da fibra em forragens tropicais associada com suplementos energéticos ou nitrogenados. **Archivos de Zootecnia**, 64(247), 31-41.

Costa, VAC, Detmann, E, Paulino, MF, Valadare S Filho, SDC, Henriques, LT, De Carvalho, IPCD (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.

Costa, VAC, Detmann, E, Valadares Filho, SDC, Paulino, MF, Henriques, LT, Mantovani, HC (2008) In vitro degradation of low-quality tropical forage neutral detergent fiber according to protein and (or) carbohydrates supplementation. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37(3), 494-503.

Davies KL, Mckinnon JJ, Mutsvangwa T (2013) Effects of dietary ruminally degradable starch and ruminally degradable protein levels on urea recycling, microbial protein production, nitrogen balance, and duodenal nutrient flow in beef heifers fed low crude protein diets. **Canadian Journal of Animal Science** 93, 123–136.

De 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(1), 64-75.

De Oliveira, CV, Silva, TE, Batista, ED, Rennó, LN, Silva, FF, De Carvalho, IPC, Detmann, E (2020) Urea supplementation in rumen and post-rumen for cattle fed a low-quality tropical forage. **British Journal of Nutrition**, 124(11), 1166-1178.

De Paula, AAG, Ferreira, RN, Orsine, GF, Guimarães S, LO, De Oliveira, ER (2009) Ureia polímero e ureia pecuária como fontes de nitrogênio solúvel no rúmen: parâmetros ruminal e plasmático. **Ciência Animal Brasileira**, 10(1), 1-8.

De Paula, NF, Paulino, MF, Couto, VRM, Detmann, E, Maciel, IFS, Barros, LV, Martins, LS (2019) Effects of supplementation plan on intake, digestibility, eating behavior, growth performance, and carcass characteristics of grazing beef cattle. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(6Supl2), 3233-3248.

De Souza, RA, Tempelman, RJ, Allen, MS., Weiss, WP, Bernard, JK, Vandehaar, MJ (2018) Predicting nutrient digestibility in high-producing dairy cows. **Journal of dairy science**, 101(2), 1123-1135.

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.

Delevatti, LM, Romanzini, EP, Koscheck, JFW, De Araujo, TLDR, Renesto, DM, Ferrari, AC, Reis, RA (2019) Forage management intensification and supplementation strategy: Intake and metabolic parameters on beef cattle production. **Animal Feed Science and Technology**, 247, 74-82.

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, Gionbelli, MP, Huhtanen, P (2014b) A meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 10, p. 4632-4641.

Detmann, E, Paulino, M. F, De Campos Valadares Filho, S, Huhtanen, P (2014c) Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: a review based on Brazilian results. **Semina: Ciências Agrárias**, 35(4), 2829-2854.

Detmann, E, Paulino, MF, Mantovani, HC, Valadares Filho, SDC, Sampaio, CB, De Souza, MA, Detmann, KS (2009) Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis–Menten kinetics. **Livestock Science**, 126(1-3), 136-146.

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, 6, 2008, Viçosa. **Anais**. Viçosa: DZO-UFV. p. 21-52.

Detmann, E, Paulino, MF, Valadares Filho, SC (2010) Otimização do uso de recursos forrageiros basais. **Simpósio de produção de gado de corte**, 7, 191-240.

Detmann, E, Paulino, MF, Zervoudakis, JT, Cecon, PR, Valadares Filho, SDC, Gonçalves, LC, Melo, AJN (2004) Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de novilhos mestiços em pastejo durante a época seca: desempenho produtivo e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33, 169-180.

Detmann, E, Queiroz, ACD, Zorzi, K, Mantovani, HC, Bayão, 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, Souza, MD, Valadares Filho, SDC, Queiroz, AD, Berchielli, TT, Saliba, EDO, Azevedo, JAG (2012) **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 214.

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

Egan, A. R (1965) The fate and effects of duodenally infused casein and urea nitrogen in sheep fed on a low-protein roughage. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 16, n. 2, p. 169-177.

Egan, AR (1980) Host animal—rumen relationships. **Proceedings of the Nutrition Society**, 39(1), 79-87.

Egan, AR, Moir, RJ (1965) Nutritional status and intake regulation in sheep. I. 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**, v. 16, n. 3, p. 437-449.

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

Euclides, VPB (2000) Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem. Embrapa Gado de Corte-**Livro técnico**, p.65.

FENANDES, RM (2017) **Efeito da adição de nitrato encapsulado na alimentação de bovinos de corte durante recria e terminação em pastejo**. 88 f. Tese de Doutorado em Zootecnia –Unesp, Jaboticabal.

Fernandes, RM, De Almeida, CM, Carvalho, BC, Neto, JAA, Mota, VAC, De Resende, FD, Siqueira, G. R (2016) Effect of supplementation of beef cattle with different protein levels and degradation rates during transition from the dry to rainy season. **Tropical animal health and production**, 48(1), 95-101.

Figueiras, JF, Detmann, E, Paulino, M.F, Valente, TNP, Valadares Filho, SC, Lazzarini, I (2010) Intake and digestibility in cattle under grazing during dry season supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1303-1312.

Figueiras, JF, Detmann, E, Valadares Filho, S, Paulino, M, Batista, E, Rufino, LA, Franco, MO (2015) Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período de transição seca-águas recebendo suplementação proteica. **Archivos de Zootecnia**, 64(247), 269-276.

Figueiredo, DMD, Paulino, MF, Detmann, E, De Moraes, EHBKD, Valadares Filho, SDC, Souza, MGD (2008) Fontes de proteína em suplementos múltiplos para bovinos em pastejo no período das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37, 2222-2232.

Franco, MO, Detmann, E, Valadares Filho, SC, Batista, ED, Rufino, LMA, Barbosa, MM, Lopes, AR (2017) Intake, digestibility, and rumen and metabolic characteristics of cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and different levels of starch. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, 30(6), 797.

Fujihara, T; Tasaki, I (1975) The effect of abomasal infusion of urea on nitrogen retention in goats. **The Journal of Agricultural Science**, v. 85, n. 1, p. 185-187.

Geron, LJV, Garcia, J, De Aguiar, SC, Da Costa, FG, Da Silva, A, Sousa, EL, Santos, IS (2018) Effect of slow release urea in sheep feed on nitrogen balance. **Semina: Ciências Agrárias**, 39(2), 683-696.

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

Hegarty, RS (1999) Mechanisms for competitively reducing ruminal methanogenesis. **Australian Journal of Agricultural Research**, 50(8), 1299-1306.

Hennessy, DW, Nolan, JV (1988) Nitrogen kinetics in cattle fed a mature subtropical grass hay with and without protein meal supplementation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.39, p.1135-1150.

Henning, PH, Steyn, DG, Meisner, HH (1993) Effect of synchronization of energy and nitrogen supply on rumen characteristics and microbial growth. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2516- 2523, 1993.

Hoffmann, A, De Moraes, EHBK, Mousquer, CJ, Simioni, TA, Gomer, FJ, Ferreira, VB, Da Silva, HM (2014) Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período da seca. **Nativa**, 2(2), 119-130.

Hoover, WH (1986) Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, 69(10), 2755-2766.

Hristov, AN, Jouany, JP (2005) **Factors affecting the efficiency of nitrogen utilization in the rumen.**

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal, Efetivo de rebanhos** (2020) Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=31709&t=destaques>>. Acesso em: 06 Out. 2021.

Ítavo, LCV, Ítavo, CCBF, Dias, AM, Franco, GL, Pereira, LC, Leal, ES, Souza, ARDL (2016) Combinações de fontes de nitrogênio não proteico em suplementos para novilhos Nelore em pastejo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 17, 448-460.

Kang-Meznarich, JH, Broderick, GA (1980) Effects of incremental urea supplementation on ruminal ammonia concentration and bacterial protein formation. **Journal of Animal Science**, v. 51, n. 2, p. 422-431.

Lapierre, H, Lobley, GE (2001) Nitrogen recycling in the ruminant: A review. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. E223-E236, 2001.

Lazzarini, Í, Detmann, E, Paulino, MF, Valadares Filho, SDC, Valadares, RFD, Oliveira, FA, Reis, WLS (2013) Nutritional performance of cattle grazing on low-quality tropical forage supplemented with nitrogenous compounds and/or starch. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 42(9), 664-674.

Lazzarini, I, Detmann, E, Sampaio, CB, Paulino, MF, Valadares Filho, SC, Souza, MA, Oliveira, FA (2009a) Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 61(3), 635-647.

Lazzarini, I, Detmann, E, Sampaio, CB, Paulino, MF, Valadares Filho, SDC, Souza, MAD, Oliveira, FA (2009b) Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38, 2021-2030.

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(6), 5109-5129.

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.

Lizarazo, AC, Mendoza, GD, Kú, J, Melgoza, LM, Crosby, M (2014) Effects of slow-release urea and molasses on ruminal metabolism of lambs fed with low-quality tropical forage. **Small Ruminant Research**, 116(1), 28-31.

Maeng, WJ, Van Nevel, CJ, Baldwin, RL, Morris, JG (1976) Rumen microbial growth rates and yields: effect of amino acids and protein. **Journal of Dairy Science**, 59(1), 68-79.

Marcondes, MI, Da Silva, AL, Gionbelli, MP, De campos, S (2016) Exigências de energia para bovinos de corte. **BR-Corte: Tabela Brasileira De Exigências Nutricionais**; Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 163-190.

Marini, JC, Van Amburgh, ME (2003) Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers<sup>12</sup>. **Journal of Animal Science**, 81(2), 545–552.

Martins, ADS, Vieira, PDF, Berchielli, TT, Prado, IND, Canesin, RC, Setti, MC (2006) Taxa de passagem e parâmetros ruminais em bovinos suplementados com enzimas fibrolíticas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35, 1186-1193.

Mclennan, SR, Bolam, MJ, Kidd, JF, CHandra, KA, Poppi, DP (2016) Responses to various protein and energy supplements by steers fed low-quality tropical hay. 1. Comparison of response surfaces for young steers. **Animal Production Science**, 57(3), 473-488.

Meale, SJ, Chaves, AV, Baah, J, Mcallister, TA (2012) Methane production of different forages in in vitro ruminal fermentation. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, 25(1), 86.

Minson, DJ (1990) **Forage in ruminant nutrition** San Diego: Academic Press, 483p.  
Monção, FP (2017) **Suplementação e uso da virginiamicina como moduladores do desempenho de bovinos Nelore na recria e seus efeitos na terminação em confinamento**. 88 f. Dissertação de mestrado em Zootecnia –Unesp, Jaboticabal.

Moore, JE (1980) Forage Crops. In: HOVELAND, C.S. (ed). Crop Quality, Storage, and Utilization. **Crop Science Society of America**. Madison, Wisconsin.

Moretti, MH, Resende, FDD, Siqueira, GR, Roth, APDTP, Custódio, L, Roth, MDTP, Ferreira, LH (2013) Performance of Nellore young bulls on Marandu grass pasture with protein supplementation. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 42, 438-446.

Mott, GO, Lucas, HL (1952) The designs conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: **International grassland congress**. 1952. p.1380-1385.

Neves, DSB, Rodrigues Silva, R, Da Silva, FF, Santos, LV, De Souza, SO, Santos, MDC, Carvalho, VM (2018) Increasing levels of supplementation for crossbred steers on pasture during the dry period of the year. **Tropical animal health and production**, 50(7), 1411-1416.

Paixão, ML, Valadares Filho, SDC, Leão, MI, Cecon, PR, Marcondes, MI, Silva, PA, Souza, MGD (2007) Variação diária na excreção de indicadores interno (FDAi) e externo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), digestibilidade e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com dietas contendo uréia ou farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 36, 739-747.

Palmquist, DL, Conrad, HR (1971) Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high grain or high fat diets. **Journal Dairy Science**. 54,1025–1033.

Paulino, MF, Detmann, E, Valente, EEL, Barros, LD (2008) Nutrição de bovinos em pastejo. **Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**, 4(2008), 131-169.

Paulino, MF, Zervoudakis, JT, Moraes, EHBK, Detmann, E, Valadares FILHO, SC (2002) Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. **Simpósio de Produção de Gado de Corte**, 3, 153-196.

Pfeffer, E, Hristov, AN (2005) **Nitrogen and phosphorus nutrition of cattle: reducing the environmental impact of cattle operations**. CABI Publishing.

Pina, DS, Valadares, RFD, De Campo, S, S (2016) Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE**, v. 3, p. 13-46.

Poppi, DP, Mclennan, SR (1995) Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of animal science**, v. 73, n. 1, p. 278-290.

Poppi, DP, Mclennan, SR, Bediye, S, De Vega, A, Zorrilla-Rios, J (1999) **Forage quality: strategies for increasing nutritive value of forages.**

Prados, LF, Chizzotti, ML, Valadares Filho, SC, Helena, F (2016) Manejo ambiental e predição da excreção de nitrogênio e fósforo por bovinos de corte. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados - BR-CORTE**, v. 3, p. 311-327.

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 e Produção Animal**, 13, 642-655.

Reynolds, CK, Kristensen, NB (2008) Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: an asynchronous symbiosis. **Journal of animal science**, v. 86, n. suppl\_14, p. E293-E305.

Robertson, JB, Van Soest, PJ (1981) The detergent system of analysis and its application to human foods. In: James, WPT, Theander, O. **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, p.123-158.

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 Nellore and its influence on pasture characteristics in different seasons. **Italian Journal of Animal Science**. 18:215-225.

Roth MTP, Resende FD, Oliveira IM, Fernandes RM, Custódio L, Siqueira GR (2017) Does supplementation during previous phase influence performance during the growing and finishing phase in Nellore cattle?. **Livestock Science**. 204:122–128.

Roth, MDTP, Resende, FDD, Siqueira, GR, Fernandes, RM, Custódio, L, Roth, APDTP, Campos, WDCD (2013) Supplementation of Nellore young bulls on Marandu grass pastures in the dry period of the year. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 42(6), 447-455.

Rufino, LMA, Batista, ED, Rodrigues, JP, Valadares Filho, SC, Paulino, MF, Silva, LFC, Detmann, E (2020) Effects of the amount and frequency of nitrogen supplementation on intake, digestion, and metabolism in cattle fed low-quality tropical grass. **Animal Feed Science and Technology**, 260, 114367.

Rufino, LMA, Detmann, E, Gomes, DÍ, Dos Reis, WLS., Batista, ED, Valadares Filho, SC, Paulino, MF (2016) Intake, digestibility and nitrogen utilization in cattle fed tropical forage and supplemented with protein in the rumen, abomasum, or both. **Journal of animal science and biotechnology**, 7(1), 1-10.

Russell, JB, O'connor, JD, Fox, DG, Van Soest, PJ, Sniffen, CJ (1992) A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of animal science**, 70(11), 3551-3561.

Sampaio, CB, Detmann, E, Lazzarini, I, Souza, MAD, Paulino, MF, Valadares Filho, SC (2009) Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38, 560-569.

Sampaio, CB, Detmann, E, Paulino, MF, Valadares Filho, SC, De Souza, MA, Lazzarini, I, De Queiroz, AC (2010) Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health and Production**, 42(7), 1471-1479.

Sampaio, RL, Resende, FD, Reis, RA, De Oliveira, IM, Custódio, L, Fernandes, RM, Silqueira, GR (2017) The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. **Tropical Animal Health and Production**, 49(5), 1015-1024.

Santos, FAP, Pedroso, AM (2011) Metabolismo de proteínas. In: Berchielli, TT, Pires, AV, Oliveira, SG. **Nutrição de Ruminantes. 2.ed.** Jaboticabal: FUNEP, p.265-292.

Santos, MER, Fonseca, DMD, Euclides, VPB, Nascimento Júnior, DD, Queiroz, ACD, Ribeiro Júnior, JI (2009) Características estruturais e índice de tombamento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em pastagens diferidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38, 626-634.

Satter, LD, Slyter, LL (1974) Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British journal of nutrition**, v. 32, n. 2, p. 199-208.

Silva, AL, Detmann, E, Rennó, LN, Pedroso, AM, Fontes, MM, Morais, VC, Marcondes, MI (2018) Effects of rumen undegradable protein on intake, digestibility and rumen kinetics and fermentation characteristics of dairy heifers. **Animal Feed Science and Technology**, 244, 1-10.

Silva, FFD, Sá, JFD, Schio, AR, Ítavo, LCV, Silva, RR, Mateus, RG (2009) Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38, 371-389.

Silva, JA, Pereira, WS, Ribeiro, MD, Leonel, FDP, Paula, NFD, Fazzion, JC, Souza, ÉCD (2016) Parâmetros sanguíneos de vacas leiteiras mantidas em pasto suplementadas com diferentes fontes proteicas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 17, 174-185.

Silva, LFP, Dixon, RM, Costa, DFA (2019) Nitrogen recycling and feed efficiency of cattle fed protein-restricted diets. **Animal Production Science**, 59 (11), 2093-2107.

Sok, M, Ouellet, DR, Firkins, JL, Pellerin, D, Lapierre, H (2017) Amino acid composition of rumen bacteria and protozoa in cattle. **Journal of Dairy Science**, 100 (7), 5241-5249.

Sollenberger, LE, Cherney, DJR (1995) Evaluating forage production and quality. In: BARNES, RF, MILLER, DA, NELSON, CJ. **Forages: the science of grassland agriculture**. Ames: University Press, v.2, p.97-110.

Souza, MA, Detmann, E, Paulino, MF, Sampaio, CB, Lazzarini, I, Valadares Filho, SC (2010) Intake, digestibility, and rumen dynamics of neutral detergent fibre in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1299-1310.

Tedeschi, LO, Fox, DG, Tylutki, TP (2003) Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets. **Journal of environmental quality**, v. 32, n. 5, p. 1591-1602.

Tedeschi, LO, Muir, JP, Naumann, HD, Norris, AB, Ramírez-Restrepo, CA, Mertens-Talcott, SU (2021) Nutritional aspects of ecologically relevant phytochemicals in ruminant production. **Frontiers in Veterinary Science**, 8, 155.

Valente TNP, Detmann E, Valadares Filho SC, Queiroz ACD, Sampaio CB, Gomes DI (2011) Avaliação dos teores de fibra em detergente neutro em forragens, concentrados e fezes bovinas moídas em diferentes tamanhos e em sacos de 47 diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40(5), 1148-1154.

Valente, EEL, Paulino, MF, Detmann, E, Valadares Filho, SC, Lopes, SA (2013) Performance of young bulls supplemented with different relation of protein and carbohydrate from suckling phase until slaughter in tropical pasture. **Journal Animal Plant Sciences**, 18, 2711-2722.

Van Soest, PJ (1994) **Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed.** Ithaca: Cornell University. 476p.

Van Soest, PJ, Robertson, JB (1985) **Analysis of forages and fibrous foods.** Ithaca: Cornell University Press, 202p.

Visek WJ (1984) Ammonia: its effects on biological systems, metabolic hormones, and reproduction. **Journal of Dairy Science**, 67(3), 481-498.

Wanapat, M, Pimpa, O (1999) Effect of ruminal NH<sub>3</sub>-N levels on ruminal fermentation, purine derivatives, digestibility and rice straw intake in swamp buffaloes. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, 12(6), 904-907.

Wickersham, TA, Cochran, RC, Titgemeyer, EC, Farmer, CG, Klevesahl, EA, Arroquy, JI, 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(1-2), 19-36.

Wickersham, TA, Titgemeyer EC, Cochran, RC (2009) Methodology for concurrent determination of urea kinetics and the capture of recycled urea nitrogen by ruminal microbes in cattle. **Animal**, 3, 372–379.