

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO COM PROTEÍNA NÃO-
DEGRADÁVEL NO RÚMEN SOBRE O CONSUMO,
METABOLISMO E DESEMPENHO NA RECRIA DE BOVINOS
NELORE EM PASTO**

Karine Dalla Vecchia Camargo

Zootecnista

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO COM PROTEÍNA NÃO-
DEGRADÁVEL NO RÚMEN SOBRE O CONSUMO,
METABOLISMO E DESEMPENHO NA RECRIA DE BOVINOS
NELORE EM PASTO**

Karine Dalla Vecchia Camargo

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Telma Teresinha Berchielli

Co-orientadoras: Dr^a. Juliana Duarte Messana

Dr^a. Yury Tatiana Granja-Salcedo

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp,
Campus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Zootecnia.**

2020

C172i

Camargo, Karine Dalla Vecchia

Influência da suplementação com proteína não-degradável no rúmen sobre o consumo, metabolismo e desempenho na recria de bovinos Nelore em pasto / Karine Dalla Vecchia Camargo. -- Jaboticabal, 2020

49 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Telma Teresinha Berchielli

Coorientador: Juliana Duarte Messana

1. Nutrição animal. 2. Nitrogênio na nutrição animal. 3. Suplementos dietéticos. 4. Metabolismo. 5. Desempenho. 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.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO COM PROTEÍNA NÃO-DEGRADÁVEL NO RÚMEN SOBRE O CONSUMO, METABOLISMO E DESEMPENHO NA RECRIA DE BOVINOS NELORE EM PASTO

AUTORA: KARINE DALLA VECCHIA CAMARGO

ORIENTADORA: TELMA TERESINHA BERCHIELLI

COORIENTADORA: JULIANA DUARTE MESSANA

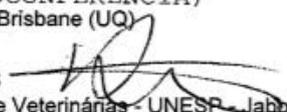
COORIENTADORA: YURY TATIANA GRANJA SALCEDO

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

Juliana Duarte Messana

Pós-doutoranda JULIANA DUARTE MESSANA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

p. Juliana Duarte Messana
Dr. LUIS FELIPE PRADA E SILVA (VIDEOCONFERÊNCIA)
Animal Science / University of Queensland - Brisbane (UQ)

Professor Titular RICARDO ANDRADE REIS 
Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 27 de fevereiro de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Karine Dalla Vecchia Camargo, nascida em 27 de setembro de 1994 na cidade de Nobres, Mato Grosso. Filha de Kátia Cilene Dalla Vecchia e Gilnei Camargo da Silva. Possui graduação em Zootecnia (2012 - 2017), pela Universidade Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica CNPq sob a orientação do professor Dr. Luciano da Silva Cabral. Em março de 2017 ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, área de nutrição e alimentação animal, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – Campus de Jaboticabal, sob a orientação da professora Dra. Telma Teresinha Berchielli, sendo bolsista FAPESP. Durante o mestrado participou por quatro meses de um intercâmbio (BEPE), atuando como pesquisadora visitante na University of Queensland, campus Gatton, sob orientação do Dr. Luis Felipe Prada e Silva.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por não ter me deixado desistir nesta reta final, por me fazer acreditar que tudo dá certo no final.

À minha família, por sempre apoiar meu sonho de ser pesquisadora, mesmo que isso signifique ficar anos e anos distante de casa, em especial à minha mãe, Kátia Dalla Vecchia, mulher guerreira, aos meus avós Tacísio e Maria José, aos meus irmãos Renan e Renato, tia Ida por todas as gostosuras e orações. Ao meu pai que lá de cima sempre me cuida e protege. Amo vocês!

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo 2018/06836-7.

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

À minha orientadora, professora Telma Teresinha Berchielli e co-orientadoras Juliana Duarte Messana e Yury Tatiana Granja-Salcedo, pelos ensinamentos, companheirismo e paciência nesses dois anos de mestrado. Sou muito grata a vocês pela oportunidade e por todo incentivo para concluir esta etapa.

Ao professor Luis Felipe, Diogo, Latino, Mariano e toda equipe com que trabalhei durante a BEPE na University of Queensland, muito obrigada pela excelente recepção em Gatton, pelas oportunidades que me foram dadas e por todo aprendizado.

Ao professor Ricardo Reis pelos ensinamentos e aos colegas do setor de Forragicultura pelo auxílio durante o período de experimento e análises.

À toda equipe do Setor de Digestibilidade e Avaliação de Alimentos pelo esforço e dedicação para a conclusão deste projeto: Ana Verônica, Geovanny, Kenia, Paloma, Larissa, Juliana. Ao funcionário Vlademir e aos estagiários: Elizabeth, Maria Julia, Paulo, Thayna, Yasmin, Wiliam, Thamiris, Pietro, vocês foram fundamentais para conclusão do experimento e das análises, literalmente até os últimos segundos.

Aos funcionários do LANA Ana Paula e seu Orlando, sempre dispostos a ajudar com as análises e entendendo meus prazos curtos.

Ao Luis Henrique, não só pela ajuda com a estatística do trabalho, mas também pelo companheirismo e amor a mim dedicados durante os anos de mestrado.

Às minhas companheiras de vida Alinne, Cida e Josy, gratidão por ter vocês, sempre me apoiando, me fazendo sentir bem, sem julgamentos. Essa conquista também é de vocês. Às amigas de Nobres Taynara, Erica e Lariza, anos e anos e vocês continuam ao meu lado.

Aos amigos que me suportaram, ajudaram, beberam, sorriram e choraram comigo Ana Verônica, Rayanne, Ari, Rodrigo, Kenia, Laís, Juliana, Paloma, Maria, Sérgio, Edvilson. À minha segunda família da república das Magali: Ana Paula, Aurea, Eliane, Mary Jane por dividirem todos os momentos, trazendo alegria para casa com todo o sotaque e gírias do Pará e Maranhão, obrigada manas.

Sumário

	Página
CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DOS ANIMAIS	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1.1. Introdução	1
1.2. Panorama geral da criação de bovinos de corte em pasto	2
1.3. Suplementação com proteína não-degradável no rúmen.....	4
2. Referências.....	9
CAPÍTULO 2 – Influência da suplementação com proteína não-degradável no rúmen sobre o consumo, metabolismo e desempenho na recria de bovinos Nelore em pasto	17
RESUMO.....	17
CHAPTER 2 - Effect of ruminal undegradable protein supplementation on intake, metabolism and performance in beef cattle grazing pasture on the growing phase ..	18
ABSTRACT	18
1. Introdução.....	19
2. Material e métodos	20
2.1. Procedimentos experimentais	20
2.2. Dietas experimentais e características da forragem.....	21
2.3. Desempenho animal (Exp1)	25
2.4. Experimento de metabolismo (Exp2)	26
2.4.1 Consumo e digestibilidade aparente total	26
2.5. Parâmetros ruminais	28
2.6. Retenção de Nitrogênio.....	28
2.7. Análise estatística	29

2.7.1	Experimento 1	29
2.7.2	Experimento 2	29
3.	Resultados	30
3.1.	Desempenho (Exp 1)	30
3.2.	Consumo e digestibilidade (Exp 2)	31
3.3.	Parâmetros ruminais	33
3.4.	Retenção de Nitrogênio	37
4.	Discussão	38
5.	Conclusão	43
6.	Referências	43

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DOS ANIMAIS



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



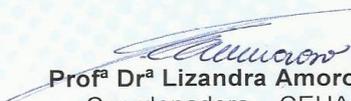
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado “**Impacto da proteína metabolizável na produção de bovinos de corte e emissão de gases do efeito estufa**”, protocolo nº 16.688/16, sob a responsabilidade da Profª Drª Telma Teresinha Berchielli, 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 junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da 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 04 de novembro de 2016.

Vigência do Projeto	01/03/2017 a 01/03/2022
Espécie / Linhagem	<i>Bos indicus</i> (Bovino Nelore)
Nº de animais	112
Peso / Idade	200 kg
Sexo	Machos
Origem	Fazenda

Jaboticabal, 04 de novembro de 2016.


Profª Drª Lizandra Amoroso
Coordenadora – CEUA

INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO COM PROTEÍNA NÃO-DEGRADÁVEL NO RÚMEN SOBRE O CONSUMO, METABOLISMO E DESEMPENHO NA RECRIA DE BOVINOS NELORE EM PASTO

RESUMO – O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da suplementação ou não com proteína não degradável no rúmen (PNDR) sobre o consumo, metabolismo e desempenho de bovinos Nelore na fase da recria, durante o período das águas. Os animais foram mantidos em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés (PB = 12,3%), sob pastejo contínuo e método *put and take*. Dois experimentos foram realizados simultaneamente e as seguintes suplementações foram avaliadas: suplementação mineral (SM), suplementação proteica de 3 g/kg PC de glúten de milho 60 (GLU) ou farelo de soja protegido (FSP). As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando contrastes ortogonais (SM vs. PNDR; e GLU vs. FSP). O experimento de desempenho (Exp1) teve duração de 112 dias, utilizou-se 96 tourinhos jovens da raça Nelore com peso corporal inicial médio de $240 \pm 19,72$ kg, distribuídos em um delineamento em blocos ao acaso. A suplementação com PNDR promoveu aumento no ganho médio diário (GMD; $P < 0,01$), com ganho adicional de 205 g/dia para GLU e FSP em relação ao SM, sem diferenças entre as fontes de proteínas suplementadas. O experimento de metabolismo (Exp2) teve duração de 84 dias e foram utilizados 9 novilhos da raça Nelore, castrados, canulados no rúmen e duodeno, com aproximadamente $350 \pm 78,51$ kg de peso corporal inicial. Os animais foram distribuídos em 3 quadrados latinos simultâneos 3×3 . Não foram observadas alterações no consumo de matéria seca (CMS kg e %PC), consumo de matéria orgânica e de forragem ($P \geq 0,11$). A suplementação com GLU e FSP aumentou o consumo de proteína bruta (PB), consumo de nitrogênio (N) e de energia metabolizável ($P < 0,01$), além de aumentar a digestibilidade aparente total da proteína bruta ($P = 0,08$). A concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) aumentou com a suplementação proteica ($P < 0,01$), mas esta suplementação não alterou o pH e a concentração total de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC; $P \geq 0,34$). Animais suplementados com FSP apresentaram maior produção de AGCC ($P < 0,01$) e uma tendência a maior concentração de NAR ($P = 0,07$) em comparação com o GLU. Houve interação entre os tratamentos e o tempo de amostragem na produção do ácido isovalérico ($P = 0,02$), com o GLU apresentando maior concentração desse ácido, 6 horas após a suplementação. A produção dos ácidos isobutírico e isovalérico foi maior para GLU e FSP em comparação ao SM ($P < 0,01$), e uma tendência de comportamento similar foi observada para o ácido valérico ($P = 0,08$). A excreção de N na urina e nas fezes foi menor para FSP do que para GLU ($P = 0,04$). Além disso, a retenção de N em % do consumo de N tendeu a aumentar com a suplementação proteica ($P = 0,08$) e foi maior para FSP em comparação ao GLU ($P < 0,01$). Em conclusão, a suplementação com PNDR aumentou o desempenho animal e o status de nitrogênio para o metabolismo animal, sendo que FSP resultou em maior eficiência de utilização do nitrogênio.

Palavras-chaves: proteína metabolizável, aminoácidos, retenção de nitrogênio, bovinos de corte

EFFECT OF RUMINAL UNDEGRADABLE PROTEIN SUPPLEMENTATION ON INTAKE, METABOLISM AND PERFORMANCE IN BEEF CATTLE GRAZING PASTURE ON THE GROWING PHASE

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the effect of ruminal undegradable protein (RUP) supplementation on intake, metabolism and, performance of Nellore cattle on the growing phase, during the rainy season. The animals were kept on pasture of *Urochloa brizantha* cv. Xaraes (CP = 12.3%), in continuous grazing, and put and take method. Two experiments were carried out simultaneously, and the supplements evaluated were: mineral supplementation (MS), protein supplementation of 3 g/ kg BW of corn gluten 60 (CG) or protected soybean meal (PSM). The treatment means were compared using orthogonal contrasts (MS vs. RUP; and CG vs. PSM). The performance experiment (Exp1) lasted 112 days, using 96 young Nellore bulls with average initial body weight of 240 ± 19.72 kg, assigned in a randomized block design. RUP supplementation promoted an increase in average daily gain (ADG; $P < 0.01$), with an additional gain of 205g/ day for CG and PSM compared to MS, with no differences between supplemented protein sources. The metabolism experiment (Exp2) lasted 84 days and 9 Nellore steers, castrated, cannulated in the rumen and duodenum, with approximately 350 ± 78.51 kg initial body weight were used. The animals were assigned in 3 simultaneous 3 x 3 Latin squares. There were no changes in dry matter intake (DMI kg, and % BW), organic matter intake, and forage intake ($P \geq 0.11$). Supplementation with CG, and PSM increased the crude protein (CP), nitrogen (N), metabolizable energy intake ($P < 0.01$), and increased the total apparent digestibility of the crude protein ($P = 0.08$). The ruminal ammoniacal nitrogen (RAN) concentration increased with protein supplementation ($P < 0.01$), but this supplementation did not change the pH and the total short-chain fatty acids (SCFA) concentration ($P \geq 0.34$). Animals supplemented with PSM showed higher SCFA production ($P < 0.01$), and a tendency to higher concentration of RAN ($P = 0.07$) compared to CG. There was interaction among the treatments and the sampling time to isovaleric acid ($P = 0.02$), where the CG showed higher concentration of this acid 6 hours after supplementation. The production of isobutyric, and isovaleric acids was higher for CG and PSM compared to MS ($P < 0.01$), and a similar behavior trend was observed for valeric acid ($P = 0.08$). The excretion of N in urine and faeces was lower for PSM than for CG ($P = 0.04$). In addition, N retention in % of N intake tended to increase with protein supplementation ($P = 0.08$) and was greater for PSM compared to CG ($P < 0.01$). In conclusion, supplementation with RUP increased animal performance and nitrogen status for animal metabolism, with PSM resulting in greater nitrogen utilization efficiency.

Keywords: metabolizable protein, amino acids, nitrogen retention, beef cattle

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.1. Introdução

O aumento na demanda mundial de alimentos coloca o Brasil em posição de destaque no cenário de produção e exportação de proteína de origem animal, principalmente em relação à carne bovina. A demanda do mercado interno e da exportação tem sido atendida em grande parte por meio de recria e terminação de bovinos de corte realizados exclusivamente em pasto, que atualmente ocupa uma área 162,9 milhões de hectares (ABIEC, 2019), sendo esse sistema de produção responsável pelo fornecimento de aproximadamente 87,4% dos animais abatidos.

A produção de ruminantes em pastagem desempenha um papel importante nas regiões tropicais (Sampaio et al., 2017), isso porque é fundamentada na utilização do pasto como recurso basal, tornando a carne bovina produzida nesse sistema competitiva no mercado internacional, devido ao baixo custo de produção.

Apesar disso, baixos índices produtivos são encontrados nos sistemas de criação em pasto. Sendo assim, o foco na produção de animais em pastejo deve ser em estratégias de manejo que visam potencializar o desempenho dos animais e otimizar a utilização dos recursos forrageiros basais (Reis et al., 2012), aumentando a produtividade e a eficiência de utilização de nutrientes.

A fase de recria é definida como o período após o desmame, onde ocorre maior crescimento muscular (hipertrofia) em relação aos outros tecidos corporais (Owens et al., 1993), por isso, os animais possuem elevada exigência proteica. É considerada a fase de maior eficiência fisiológica e nutricional, apresentando maior conversão alimentar quando comparado com as fases de cria e terminação. Por este motivo, é a fase ideal para intensificar o aporte nutricional para que o animal expresse todo seu potencial genético para crescimento. A suplementação alimentar na recria pode promover aumento no ganho de peso que tende a ser mantido na fase de terminação (Casagrande et al., 2013), encurtando o ciclo produtivo e reduzindo o impacto ambiental gerado pela produção desses animais.

A suplementação com fontes de proteína não-degradável no rúmen (PNDR) ou *bypass* aumenta o aporte de proteína metabolizável (PM), podendo aumentar a eficiência de utilização dos aminoácidos (AA) e desempenho de animais mantidos em pastagens no período das águas (Poppi e Mclennan, 1995; Calsamiglia et al., 2010; Zhou et al., 2015). O teor de aminoácidos essenciais (AAE) das fontes de PNDR, a proporção destes na PM e sua digestibilidade intestinal determinam seu valor nutritivo (Schwab e Broderick, 2017) e a eficiência de utilização da proteína pelos ruminantes.

No entanto, informações sobre a suplementação com diferentes fontes de PNDR em dietas para bovinos em pasto no período das águas, principalmente referente ao período de recria, são escassas. Por isso, é necessária a compreensão de como o uso de diferentes teores de PM na recria de animais em pastagem podem afetar o metabolismo e desempenho animal.

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da suplementação com glúten de milho 60 e farelo de soja protegido como fontes de PNDR sobre o desempenho, consumo, digestibilidade aparente total, parâmetros ruminais e retenção de nitrogênio em novilhos Nelore recriados em pasto de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, no período das águas

1.2. Panorama geral da criação de bovinos de corte em pasto

Atualmente, o país possui o maior rebanho bovino comercial do mundo com 221,81 milhões de cabeças (IBGE, 2018). No ano de 2018, 44,23 milhões de cabeças foram abatidas, um crescimento de 6,9% em relação a 2017. Também houve crescimento no volume de carne bovina produzida, com um total de 10,96 milhões de toneladas equivalente carcaça, 12,8% a mais que o ano anterior. Desse total, 20,1% foi exportada e 79,6% destinada ao mercado interno (ABIEC, 2019).

Apesar da enorme área destinada à produção, esse sistema pode apresentar baixos índices produtivos. Um exemplo disso é a taxa de lotação encontrada, que no último ano foi de, em média, 0,93 UA/ha (ABIEC, 2019). Isso se deve, em parte, a estacionalidade da produção, onde a forragem apresenta diferenças quali-quantitativas entre o período seco e o chuvoso do ano, que interferem diretamente no

consumo, digestibilidade e conseqüentemente no desempenho produtivo dos animais. Conhecer as variações edafoclimáticas, seu impacto na produção de forragem e no seu valor nutritivo são importantes na criação de bovinos de corte em pastagem.

No período da seca a forragem disponível para alimentação animal apresenta baixo valor nutritivo, caracterizada por elevado teor de fibra indigestível e teores de proteína bruta (PB) inferiores a 7%, valor considerado limitante para a síntese de proteína microbiana pelos microrganismos ruminais (Lazzarini et al., 2009; Figueiras et al., 2010). Isso se deve ao elevado estágio de maturidade da planta, aumento na proporção de colmo em relação às folhas, diminuição do conteúdo celular e aumento da parede celular, especialmente da lignina. Por outro lado, no período das águas a forragem, além de apresentar elevada produção de massa, é classificada de média a alta qualidade, com teores de PB acima do recomendado para plena atividade das bactérias que degradam fibra (Reis et al., 2011), maior proporção de conteúdo celular, maior relação folha:colmo e elevada quantidade de fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd) (Barbero et al., 2015). Porém, uma distribuição irregular no regime de chuvas no período das águas, com a ocorrência dos chamados veranicos, pode influenciar na composição da gramínea forrageira, fazendo com que apresente grande variação no teor de PB e demais nutrientes, podendo não suprir a necessidade dos animais para produção.

Embora a variação sazonal interfira diretamente na qualidade da forragem consumida, pastos tropicais raramente atendem as exigências dos bovinos para máximo desempenho (Detmann et al., 2014b). Por isso, medidas como adubação nitrogenada e a suplementação podem, respectivamente, elevar a produção e a qualidade da forragem ou suprir nutrientes limitantes, o que pode aumentar o consumo, digestibilidade e conseqüentemente o desempenho de bovinos em pastejo.

A adubação nitrogenada pode incrementar a produção de matéria seca e o valor nutritivo, particularmente no teor de PB (Delevatti et al., 2019). Estudos mostram que o teor de PB do capim *Urochloa brizantha* cv. Xaraés aumenta linearmente com a dose de nitrogênio (N) aplicado (Campos et al., 2016). Em uma meta-análise reunindo 36 trabalhos realizados no Brasil Bernadi et al. (2018) avaliaram a resposta de gramíneas forrageiras dos gêneros *Urochloa* e *Panicum* à adubação nitrogenada e concluíram que houve acréscimo linear na produção de matéria seca e de PB em

relação ao controle. Além disso, a adubação nitrogenada provoca elevação dos teores das frações de nitrogênio não proteico (NNP) e B1+B2 (Leal, 2014).

Assim, o teor de nutrientes, a forma em que estão disponíveis, seu aproveitamento no trato gastrointestinal, bem como a disponibilidade da forragem e a proporção de seus componentes estruturais, afetam o consumo de matéria seca (CMS) e o desempenho dos animais criados em pasto.

1.3. Suplementação com proteína não-degradável no rúmen

A nutrição proteica é um dos fatores que mais afetam o desempenho animal (Rotta et al., 2016). As proteínas são definidas como macromoléculas que desempenham inúmeras funções no organismo animal, como a composição de tecidos estruturais, enzimas, hormônios, receptores hormonais e composição de material genético (Boye et al., 2012).

A proteína fornecida na dieta dos ruminantes pode ser dividida em duas porções de acordo com sua degradação ruminal: proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (NRC, 2001). Porém, a taxa e extensão da degradação proteica dependem da atividade dos microrganismos ruminais proteolíticos e do perfil de proteína a ser degradada (Bach et al., 2005). A PM é definida como a proteína verdadeira absorvida no intestino e é composta pela proteína microbiana (PMIC) e PNDR, além de uma pequena contribuição de proteína endógena (Bach et al., 2005). Dessa forma, é de extrema importância o fornecimento de PDR, para suprir o requerimento dos microrganismos no rúmen e PNDR em quantidades adequadas que atendam às exigências nutricionais dos bovinos em pastejo e possibilitem o máximo desempenho.

A suplementação tem como objetivo reduzir ou eliminar deficiências quando os nutrientes que não são fornecidos pela forragem basal em balanço adequado e/ou quantidade para satisfazer os requerimentos ou metas de produção do animal (Detmann et al., 2014a). Diversas respostas sobre o consumo e desempenho podem ser observadas com a suplementação, que dependem do manejo de pasto adotado, da quantidade e composição do suplemento utilizado. Segundo Moore (1980), a suplementação de bovinos em pastejo pode promover efeito substitutivo, aditivo e

associativo. No efeito substitutivo, ocorre decréscimo de consumo de pasto, mas com manutenção do nível de consumo de energia digestível total. O efeito aditivo possibilita a manutenção do consumo de forragem e elevação do consumo de energia digestível pela adição do consumo de concentrado. Já quando ocorre o efeito associativo ou combinado, existe uma leve redução no consumo de pasto, porém com elevação no consumo de energia digestível total devido ao suplemento.

Neste contexto, estudos apontam relação entre o suprimento de PM através da suplementação com PNDR e o aumento no desempenho animal e retenção proteica. Em experimento realizado no período das águas em pastagem tropical Zervoudakis et al. (2008), ao avaliarem a inclusão de glúten de milho (GLU) na dieta de bovinos de corte observaram ganhos adicionais de 0,20 kg/dia em relação aos animais do tratamento controle com sal mineral. Da mesma forma, Paengkoum et al. (2019) relataram aumento linear no ganho médio diário (GMD) com aumento de níveis de 15, 25 e 35% na ingestão de PNDR com médias de 0,21; 0,45 e 0,61 kg/dia, respectivamente.

Contudo, o incremento na resposta produtiva com a utilização da suplementação com PNDR para animais em pastejo está diretamente relacionado com a disponibilidade e qualidade da forragem e só pode ser viável se a PDR não for limitante (Bandyk et al., 2001) e promova adequado crescimento microbiano ruminal.

A forragem *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, quando bem manejada no período das águas, apresenta elevada produtividade e valor nutritivo. No caso da área experimental do presente trabalho, valores de PB com variação de 12% até 18% têm sido encontrados no período das águas (José Neto et al., 2015; San Vito et al., 2016; Simioni, 2019). Fato este indica que o elevado teor proteico (PDR) na forragem durante esse período não limitaria o crescimento das bactérias fibrolíticas e a degradação da fibra no rúmen (Reis et al., 2011).

É importante ressaltar que para animais em pasto a forragem também contribui com o fornecimento de PNDR e PM. Reis et al. (2010) utilizando gramíneas tropicais oriundas de diferentes sistemas de manejo intensivo encontraram teores de 28,3% de PNDR em % de PB para pastagem composta por *Urochloa brizantha*. No entanto, os altos teores de PNDR encontrados em algumas gramíneas não garantem que estas sejam fontes adequadas de PM para os animais, uma vez que podem apresentar

baixa digestibilidade intestinal, com variação de 25 a 60% (Malacco, 2016). Isso se deve à forma com que a proteína está associada com a fração fibra da forragem (fração B₃ ou C). Em estudo de predição da digestibilidade intestinal da proteína em ruminantes, Souza (2019) observou que a fração NIDA representa a variável dietética que mais afeta a digestibilidade intestinal da PNDR.

Embora a PMIC seja principal fonte de PM para os ruminantes (Mikolayunas et al., 2011), estudos apontam variação na composição dessa proteína microbiana, o que pode influenciar no perfil de AA absorvido no intestino. Clark et al. (1992) avaliaram a composição de 441 amostras bacterianas de animais alimentados com 61 dietas experimentais em 35 experimentos e encontraram ampla diferença na composição de AA. Sok et al. (2017) também demonstraram que a composição de AA da proteína microbiana pode variar em função da dieta.

Bovinos na fase de recria apresentam elevado crescimento muscular (Owens et al., 1993) e sua exigência proteica para maximizar o ganho pode exceder a quantidade fornecida pela PMIC. Nesse caso, apenas garantir uma ótima eficiência de síntese de PMIC não é suficiente para atender aos requisitos de proteína de animais jovens em sistemas de produção que visam alto desempenho, por não fornecer AA suficientes para promover o ganho de peso desejado. Sendo assim, a suplementação PNDR é uma estratégia para aumentar o suprimento de AA para absorção no intestino delgado (Krizsan et al., 2017; Pormalekslahi et al., 2019), além de alterar o perfil pós-ruminal de AA (Merchen & Titgemeyer, 1992) que será utilizado diretamente pelo animal para produção.

Em experimento avaliando o suprimento adicional de PM para novilhos de corte, Moriel et al. (2015) sugeriram que o fornecimento de níveis de 100 e 115% da exigência reduziu a mobilização de tecido muscular, resultando em maior GMD em comparação com animais alimentados com 85% da exigência de PM (0,83 kg/dia x 1,28kg/dia). Substituindo o farelo de soja convencional por farelo de soja tratado com taninos na proporção de 0, 33, 66 e 100% na terminação de bovinos Nelore, Mezzomo et al. (2016) observaram alteração na composição do ganho de carcaça, com máximo valor de PB na carcaça em nível de 100% de substituição. Além disso, o conteúdo de gordura diminuiu enquanto o conteúdo de músculo e proteína aumentaram linearmente com a inclusão de PNDR.

A suplementação com PNDR, além de promover incremento no desempenho, pode provocar alterações no padrão de fermentação ruminal, síntese microbiana, digestibilidade total de nutrientes e retenção proteica. Paengkoum et al. (2019) avaliaram inclusão de níveis de PNDR na dieta de bovinos de corte em crescimento e observaram redução na produção de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR), sem afetar a digestibilidade dos nutrientes e a população de microrganismos ruminais, sugerindo que ao modificar o sítio de maior aproveitamento da proteína para o intestino delgado não se limitou o crescimento microbiano e conseqüentemente a síntese de proteína microbiana.

Os estudos que visem elucidar como o aumento na oferta de N no rúmen ou no intestino afetam a eficiência da utilização de N em bovinos de corte ainda são escassos (Rufino et al., 2016), principalmente no período da recria em pastagem. Ao avaliar os efeitos da suplementação ruminal, abomasal ou ruminal+abomasal de 230g/dia de caseína em animais recebendo forragem de alta qualidade (feno de Tifton 85) Batista et al. (2016) observaram efeito linear negativo na concentração de NAR e N excretado na urina mudando o local de suplementação do rúmen para o abomaso. Além disso, ocorreu uma retenção de N 43% maior em comparação com o tratamento controle (sem suplementação), ao mesmo tempo em que não foram observadas diferenças na síntese de proteína microbiana. Adicionalmente, Rufino et al. (2016), concluíram que a suplementação proteica abomasal de bovinos alimentados com forragem tropical aumentou o acúmulo de N no animal em relação ao tratamento sem suplementação, em função do aumento na retenção de N no corpo e da diminuição na mobilização de proteínas musculares em 146%, o que refletiu em melhorias no status do N no corpo do animal.

Adicionalmente ao aumento no desempenho, a maior eficiência de utilização de N pode reduzir a excreção desse nutriente, que pode passar de 70% do total ingerido em sistemas de alimentação ineficientes. Esta baixa eficiência na utilização de N, de 25-40% (Dijkstra et al., 2011), é atribuída às transformações oriundas da fermentação ruminal. Por isso, reduzir a degradação da proteína no rúmen (Haro et al., 2018) ou aumentar a utilização de N pelos microrganismos ruminais (Bach et al., 2005) pode ajudar a diminuir as perdas de N.

O uso de tecnologias como calor, agentes químicos ou ambos têm sido empregados para tornar a proteína menos degradável no rúmen (Malacco, 2016). Os processos de aquecimento reduzem a degradação ruminal devido à desnaturação das proteínas, diminuição da sua solubilidade e por reações de *Maillard*. Já os tratamentos químicos podem modificar a estrutura da proteína e introduzir ligações cruzadas sem alterar sua estrutura (Broderick et al., 1991).

O glúten é a fração proteica do milho, constituído principalmente de zeínas, proteínas de reserva da semente (Lima et al., 2011). Conforme dados de tabelas brasileiras o GLU 60 apresenta 90,53% MS, 64% PB, 36% PDR e 60% PNDR em % de PB, 7% FDN, 4% FDA e 86% de NDT (Valadares Filho et al., 2020). Cabral et al. (2001) observaram que, entre as fontes proteicas de origem vegetal, o GLU 60 destacou-se pela resistência à degradação ruminal (18% de PDR) e elevada digestibilidade intestinal na PNDR (83%). Porém, assim como o milho, o GLU possui um perfil de AA considerado desequilibrado, sendo uma fonte altamente disponível de metionina, porém severamente deficiente em lisina, triptofano e arginina (Kim et al., 2012).

A soja e seus co-produtos são as fontes alimentares mais usadas na suplementação de ruminantes (De Almeida et al., 2018) e contém proteínas com uma composição de AA mais equilibrada. O farelo de soja é uma excelente fonte de lisina e histidina digestíveis, apresenta baixa concentração de metionina (1,44 a 1,47% da PB) e pode ser extensivamente degradado pelos microrganismos ruminais (PDR em torno de 65,72%) (Valadares Filho et al., 2020). No entanto, o tratamento desse ingrediente proteico com resina líquida visa aumentar a quantidade de PNDR (França, 2017), dando origem ao produto conhecido como farelo de soja protegido.

Como visto anteriormente, a composição de AA da PNDR varia de acordo com sua fonte, isso significa que o suprimento de PM para o intestino pode ser manipulado alterando a qualidade da PNDR (Edmunds et al., 2013). A quantidade de proteína na dieta que é transformada em produtos de origem animal é influenciada pelo perfil de AA que chega ao intestino delgado e sua digestibilidade (Mariz et al., 2018). Além disso, segundo Savari et al. (2018), a suplementação com PNDR pode reduzir a eficiência da utilização de PM na síntese de proteínas se possuir um perfil de AA desequilibrado ou de baixa digestibilidade.

Nesse sentido, o uso de fontes de PNDR suplementar com diferentes perfis aminoacídico e digestibilidade intestinal para bovinos em pastejo pode resultar em diferente eficiência de utilização de nutrientes e retenção proteica, influenciando nos parâmetros nutricionais, metabólicos e desempenho de animais em crescimento.

2. Referências

ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (2019) **Sumário 2019**. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/control/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>. Acesso em: 29/12/2019

Bach A, Calsamiglia S, Stern M D (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 postruminal administration of degradable protein on utilization of low-quality forage by beef steers. **Journal of Animal Science** 79, 225–231.

Barbero RP, Malheiros EB, Araújo TLR, Nave RLG, Mulliniks JT, Berchielli TT, Ruggieri AC, Reis RA (2015) Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. **Animal Feed Science and Technology**, v.209, p.110–118.

Batista ED, Detmann E, Gomes DI, Rufino LMA, Paulino MF, Valadares Filho SC, Reis WLS (2016) Effect of protein supplementation in the rumen, abomasum, or both on intake, digestibility, and nitrogen utilization in cattle fed high-quality tropical forage. **Animal Production Science**, 57(10), 1993-2000.

Bernardi A, Silva AWL, Baretta D (2018) Meta-analytic study of response of nitrogen fertilization on perennial summer grasses. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.70, n.2, p.545-553.

Boye J, Wijesinha-Bettoni R, Burlingame B (2012) Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. **British Journal of Animal Nutrition**, 108:83–211.

Broderick GA, Wallace RJ, Ørskov ER (1991) Control of rate and extent of protein degradation. IN: TSUDA, T., SASAKI, Y., KAWASHIMA, R. (Eds), **Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants**. Academic Press, Inc. San Diego, p.541-592.

Cabral LS, Valadares Filho SDC, Muniz PA, Malafaia RDPL, da Silva JFC, Augusto, R, Pereira ES (2001) Estimação da digestibilidade intestinal da proteína de alimentos por intermédio da técnica de três estádios. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 546-552.

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

Campos FP, Nicácio DRO, Sarmiento P, Cruz MCP, Santos TM, Faria AFG, Ferreira ME, Conceição MRG, Lima CG (2016) Chemical composition and in vitro ruminal digestibility of hand-plucked samples of Xaraes palisade grass fertilized with incremental levels of nitrogen. **Animal Feed Science and Technology**, v.215, p.1-12.

Casagrande DR, Azenha MV, Vieira BR, Resende FD, Faria MH, Berchielli TT, Ruggieri AC, Reis RA (2013) Performance and carcass quality of feedlot-or pasture-finished Nellore heifers according to feeding managements in the postweaning phase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 12, p. 899-908.

Clark JH, Klusmeyer TH, Cameron MR (1992) Microbialprotein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 75:2304–2323.

De Almeida DM, Marcondes MI, Rennó LN, Martins LS, Villadiego FAC, Paulino MF (2018) Soybean grain is a suitable replacement with soybean meal in multiple

supplements for Nellore heifers grazing tropical pastures. **Tropical Animal Health and Production**. doi:10.1007/s11250-018-1630-7

Delevatti LM, Cardoso AS, Barbero RP, Leite RG, Romanzini EP, Ruggieri AC, Reis, RA (2019) Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. **Scientific Reports**, 9(1).

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

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

Dijkstra J, Oenema O, Bannink A (2011) Dietary strategies to reducing N excretion from cattle: implications for methane emissions. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v.3, p. 414-422.

Edmunds B, Südekum KH, Bennett R, Schröder A, Spiekers H, Schwarz FJ (2013) The amino acid composition of rumen-undegradable protein: A comparison between forages. **Journal of Dairy Science**, 96(7), p.4568–4577.

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

França M (2017) **Produção e composição do leite de vacas jersey em pastagem tropical suplementadas com proteína de baixa degradabilidade ruminal**. Universidade do Estado de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade do Estado de Santa Catarina.

Haro AN, Carro MD, Evan T, González, J (2018) Protecting protein against ruminal degradation could contribute to reduced methane production. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. doi:10.1111/jpn.12973.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) **Efetivo do rebanho brasileiro, 2018**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>. Acesso em: 29/12/2019.

José Neto A, Messana JD, Ribeiro AF, Vito ES, Rossi LG, Berchielli TT (2015) Effect of starch-based supplementation level combined with oil on intake, performance, and methane emissions of growing Nellore bulls on pasture. **Journal of Animal Science**, 93(5), p.2275–2284.

Kim EJ, Utterback PL, Parsons CM (2012) Comparison of amino acid digestibility coefficients for corn, corn gluten meal, and corn distillers dried grains with solubles among 3 different bioassays. **Poultry Science**, 91(12), 3141–3147.

Krizsan SJ, Gidlund H, Fatehi F, Huhtanen P (2017) Effect of dietary supplementation with heat-treated canola meal on ruminal nutrient metabolism in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 100(10), p.8004–8017.

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

Leal DM (2014) **Produtividade e composição bromatológica da *Brachiaria híbrida* cv. Mulato II em regime de cortes sob doses de nitrogênio**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – UFG, Goiânia.

Lima GJMM, Paes MCG, Queiroz VAV (2011) O milho na nutrição animal e humana. In.: Cruz JC, Magalhães PC, Filho IAP, Moreira JAA. Milho: **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília - DF, c.16, p.259.

Malacco VMR (2016) **Substituição parcial do farelo de soja por farelo de soja tratado com amino resina na dieta de vacas F1 Holandês x Gir manejadas em pastejo rotacionado. Universidade Federal de Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas.

Mariz LDS, Amaral PM, Valadares Filho SC, Santos S.A, Detmann E, Marcondes MI, Faciola AP (2018) Dietary protein reduction on microbial protein, amino acid digestibility, and body retention in beef cattle: 2. Amino acid intestinal absorption and their efficiency for whole-body deposition. **Journal of Animal Science**, 96(2), 670–683.

Merchen, N. R., & Titgemeyer, E. C. (1992) Manipulation of amino acid supply to the growing ruminant1. **Journal of Animal Science**, 70(10), 3238–3247.

Mezzomo R, Paulino PVR, Barbosa MM, Da Silva Martins T, Paulino MF, Alves KS, Dos Santos Monnerat JPI (2016) Performance and carcass characteristics of young cattle fed with soybean meal treated with tannins. **Animal Science Journal**, 87(6), p.775–782.

Mikolayunas C, Thomas DL, Armentano LE, Berger YM (2011) Effect of rumen-undegradable protein supplementation and fresh forage composition on nitrogen utilization of dairy ewes1. **Journal of Dairy Science**, 94(1), p.416–425.

Moore JE. Forage Crops. In: HOVELAND, C.S (1980) Crop Quality, Storage, and Utilization. **Crop Science Society of America**. Madison, Wisconsin, p.61-91.

Moriel P, Artioli LFA, Poore MH, Confer AW, Marques RS, Cooke RF (2015) Increasing the metabolizable protein supply enhanced growth performance and led to variable results on innate and humoral immune response of preconditioning beef steers. **Journal of Animal Science**, 93(9), 4473–4485.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC (2001) **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press 381p.

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

Paengkoum P, Chen S, Paengkoum S (2019) Effects of crude protein and undegradable intake protein on growth performance, nutrient utilization, and rumen fermentation in growing Thai-indigenous beef cattle. **Tropical Animal Health and Production**. doi:10.1007/s11250-019-01799-0.

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

Pormalekshahi A, Fatahnia F, Jafari H, Azarfar A, Varmaghany S, Taasoli G (2019) Interaction effect of ruminal undegradable protein level and rumen protected CLA inclusion in diet of growing goat kid on meat CLA content and quality traits. **British Journal of Nutrition**, 1–27.

Reis RA, Oliveira AA, Siqueira GR, Gatto E (2011) Semi-confinamento para produção intensiva de bovinos de corte. In: **I Simpósio Matogrossense de bovinocultura de corte**, p. 195-224.

Reis RA, Ruggieri AC, Oliveira AA, Azenha MV, Casagrande DR (2012) Supplementation as a strategy for the production of the beef quality in tropical pastures. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.3, p.642-655.

Reis RB, Colombini S, Miller A, Combs DK, Broderick GA (2010) Protein fractions and rates of degradation of tropical forages from intensively grazed pastures. In: **3rd EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition**, p. 717-718.

Rotta PP, Menezes ACB, Costa e Silva LF, Valadares Filho SC, Prados LF, Marcondes MI (2016) Exigências de proteína para bovinos de corte. In.: Valadares Filho SC. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR-CORTE**, VIÇOSA – MG, 3.ed. cap 8, p.1.

Rufino LMA, Detmann E, Gomes DI, 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). doi:10.1186/s40104-016-0069-9

Sampaio RL, De Resende FD, Reis RA, De Oliveira IM, Custódio L, Fernandes RM, Siqueira 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.

San Vito E, Messina JD, Castagnino PS, Granja-Salcedo YT, Dallantonia EE, Berchielli TT (2016) Effect of crude glycerine in supplement on the intake, rumen fermentation, and microbial profile of Nellore steers grazing tropical grass. **Livestock Science**, 192, 17–24.

Savari MM, Khorvash H, Amanlou GR, Ghorbani E, Ghasemi, Mirzaei M. 2018. Effects of rumen-degradable protein:rumen-undegradable protein ratio and corn processing on production performance, nitrogen efficiency, and feeding behavior of Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 101, p.1111–1122.

Schwab CG e Broderick GA (2017) A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 100(12), 10094-10112.

Simioni TA (2019) **Eficiência produtiva de tourinhos de diferentes grupos genéticos terminados em pasto ou confinamento submetidos a diferentes planos nutricionais**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Unesp, Jaboticabal.

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

Souza SEM (2019) **Predição da digestibilidade intestinal de Proteína em ruminantes**. 31p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UFMT, Sinop.

Valadares Filho SC, Machado PAS, Chizzotti ML et al. (2020) **CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em <www.ufv.br/cqbal> Acesso em 02/01/2020

VAN SOEST PJ (1994) **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2nd ed. Cornell University. Press, Ithaca, NY.

Zervoudakis JT, Paulino MF, Cabral LS, Detmann E, Valadares Filho SC, Moraes EHBK (2008) Suplementos múltiplos de auto controle de consumo na recria de novilhos no período das águas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p.1968–1973.

Zhou C, Chen L, Tan Z, Tang S, Han X, Wang M, Kang J, Yan Q (2015) Effects of the dietary ratio of ruminal degraded to undegraded protein and feed intake on intestinal flows of endogenous nitrogen and amino acids in goats. **Archives of Animal Nutrition**, v.69, p.442-54.

CAPÍTULO 2 – Influência da suplementação com proteína não-degradável no rúmen sobre o consumo, metabolismo e desempenho na recria de bovinos Nelore em pasto

RESUMO – O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da suplementação ou não com proteína não degradável no rúmen (PNDR) sobre o consumo, metabolismo e desempenho de bovinos Nelore na fase da recria, durante o período das águas. Os animais foram mantidos em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés (PB = 12,3%), sob pastejo contínuo e método *put and take*. Dois experimentos foram realizados simultaneamente e as seguintes suplementações foram avaliadas: suplementação mineral (SM), suplementação proteica de 3 g/kg PC de glúten de milho 60 (GLU) ou farelo de soja protegido (FSP). As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando contrastes ortogonais (SM vs. PNDR; e GLU vs. FSP). O experimento de desempenho (Exp1) teve duração de 112 dias, utilizou-se 96 tourinhos jovens da raça Nelore com peso corporal inicial médio de $240 \pm 19,72$ kg, distribuídos em um delineamento em blocos ao acaso. A suplementação com PNDR promoveu aumento no ganho médio diário (GMD; $P < 0,01$), com ganho adicional de 205 g/dia para GLU e FSP em relação ao SM, sem diferenças entre as fontes de proteicas suplementadas. O experimento de metabolismo (Exp2) teve duração de 84 dias e foram utilizados 9 novilhos da raça Nelore, castrados, canulados no rúmen e duodeno, com aproximadamente $350 \pm 78,51$ kg de peso corporal inicial. Os animais foram distribuídos em 3 quadrados latinos simultâneos 3×3 . Não foram observadas alterações no consumo de matéria seca (CMS kg e %PC), consumo de matéria orgânica e de forragem ($P \geq 0,11$). A suplementação com GLU e FSP aumentou o consumo de proteína bruta (PB), consumo de nitrogênio (N) e de energia metabolizável ($P < 0,01$), além de aumentar a digestibilidade aparente total da proteína bruta ($P = 0,08$). A concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) aumentou com a suplementação proteica ($P < 0,01$), mas esta suplementação não alterou o pH e a concentração total de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC; $P \geq 0,34$). Animais suplementados com FSP apresentaram maior produção de AGCC ($P < 0,01$) e uma tendência a maior concentração de NAR ($P = 0,07$) em comparação com o GLU. Houve interação entre os tratamentos e o tempo de amostragem na produção do ácido isovalérico ($P = 0,02$), com o GLU apresentando maior concentração desse ácido, 6 horas após a suplementação. A produção dos ácidos isobutírico e isovalérico foi maior para GLU e FSP em comparação ao SM ($P < 0,01$), e uma tendência de comportamento similar foi observada para o ácido valérico ($P = 0,08$). A excreção de N na urina e nas fezes foi menor para FSP do que para GLU ($P = 0,04$). Além disso, a retenção de N em % do consumo de N tendeu a aumentar com a suplementação proteica ($P = 0,08$) e foi maior para FSP em comparação ao GLU ($P < 0,01$). Em conclusão, a suplementação com PNDR aumentou o desempenho animal e o status de nitrogênio para o metabolismo animal, sendo que FSP resultou em maior eficiência de utilização do nitrogênio.

Palavras-chaves: proteína metabolizável, aminoácidos, retenção de nitrogênio, bovinos de corte

CHAPTER 2 - Effect of ruminal undegradable protein supplementation on intake, metabolism and performance in beef cattle grazing pasture on the growing phase

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the effect of ruminal undegradable protein (RUP) supplementation on intake, metabolism and, performance of Nellore cattle on the growing phase, during the rainy season. The animals were kept on pasture of *Urochloa brizantha* cv. Xaraes (CP = 12.3%), in continuous grazing, and put and take method. Two experiments were carried out simultaneously, and the supplements evaluated were: mineral supplementation (MS), protein supplementation of 3 g/ kg BW of corn gluten 60 (CG) or protected soybean meal (PSM). The treatment means were compared using orthogonal contrasts (MS vs. RUP; and CG vs. PSM). The performance experiment (Exp1) lasted 112 days, using 96 young Nellore bulls with average initial body weight of 240 ± 19.72 kg, assigned in a randomized block design. RUP supplementation promoted an increase in average daily gain (ADG; $P < 0.01$), with an additional gain of 205g/ day for CG and PSM compared to MS, with no differences between supplemented protein sources. The metabolism experiment (Exp2) lasted 84 days and 9 Nellore steers, castrated, cannulated in the rumen and duodenum, with approximately 350 ± 78.51 kg initial body weight were used. The animals were assigned in 3 simultaneous 3 x 3 Latin squares. There were no changes in dry matter intake (DMI kg, and % BW), organic matter intake, and forage intake ($P \geq 0.11$). Supplementation with CG, and PSM increased the crude protein (CP), nitrogen (N), metabolizable energy intake ($P < 0.01$), and increased the total apparent digestibility of the crude protein ($P = 0.08$). The ruminal ammoniacal nitrogen (RAN) concentration increased with protein supplementation ($P < 0.01$), but this supplementation did not change the pH and the total short-chain fatty acids (SCFA) concentration ($P \geq 0.34$). Animals supplemented with PSM showed higher SCFA production ($P < 0.01$), and a tendency to higher concentration of RAN ($P = 0.07$) compared to CG. There was interaction among the treatments and the sampling time to isovaleric acid ($P = 0.02$), where the CG showed higher concentration of this acid 6 hours after supplementation. The production of isobutyric, and isovaleric acids was higher for CG and PSM compared to MS ($P < 0.01$), and a similar behavior trend was observed for valeric acid ($P = 0.08$). The excretion of N in urine and faeces was lower for PSM than for CG ($P = 0.04$). In addition, N retention in % of N intake tended to increase with protein supplementation ($P = 0.08$) and was greater for PSM compared to CG ($P < 0.01$). In conclusion, supplementation with RUP increased animal performance and nitrogen status for animal metabolism, with PSM resulting in greater nitrogen utilization efficiency.

Keywords: metabolizable protein, amino acids, nitrogen retention, beef cattle

1. Introdução

A produção de bovinos de corte no Brasil fundamenta-se na utilização da forragem tropical como recurso basal (Rufino et al., 2019), a qual apresenta alta produção de matéria seca na estação chuvosa, representando de 70 a 80% da produção anual.

Embora no período de chuvas as gramíneas tropicais teoricamente não apresentem deficiência em proteína bruta (PB), raramente estão disponíveis como uma dieta balanceada para os animais em pastagem. Por isso, a utilização de suplementos pode resultar em um aumento potencial de ganho de peso em 200/g/animal/dia (Detmann et al., 2010).

Estudos apontam efeitos benéficos da suplementação com nitrogênio (Zervoudakis et al., 2008; Costa et al., 2011; Figueiras et al., 2015), uma vez que pode aumentar o nitrogênio disponível para propósitos anabólicos, seja através do fornecimento direto desse nutriente ou pela redução do catabolismo de proteína muscular, além de aumentar a retenção de nitrogênio, o que resulta em incrementos no ganho de peso de animais em produção, podendo reduzir a excreção de compostos nitrogenados no meio ambiente (Costa et al., 2011; Detmann et al., 2014b).

Adicionalmente, a suplementação com fontes de proteína não-degradável no rúmen (PNDR), tal como o glúten de milho 60 (GLU) e o farelo de soja protegido (FSP), pode melhorar o desempenho através de suplemento direto de proteína metabolizável (PM) no intestino para ser absorvido na forma de aminoácidos (Poppi e Mclennan, 1995; Batista et al., 2016). Zervoudakis et al. (2008) e Paengkoum et al. (2019) observaram aumentos significativos no ganho médio diário em bovinos de corte alimentados com fontes de PNDR. Respostas a esse tipo de suplementação podem ser mais plausíveis em animais jovens (em crescimento) os quais apresentam uma maior exigência em proteína metabolizável (PM) (Lima et al., 2006).

Entretanto, ingredientes com elevados teores de PNDR podem diferir no valor biológico de suas proteínas e, conseqüentemente, influenciar o perfil de aminoácidos (AA) que chega ao intestino para compor a proteína metabolizável, possivelmente resultando em diferente eficiência de utilização de AA e retenção proteica. O GLU é

conhecido pelo seu desbalanço aminoacídico, com elevado teor de metionina, leucina e prolina, mas reduzido teor de lisina (Valadares Filho et al., 2020). Já o farelo de soja, quando tratado química e fisicamente, recebe o nome de farelo de soja protegido, o qual possui um alto teor de PNDR e excelente equilíbrio de AA, com alto conteúdo de lisina e metionina (Simas et al., 2005). Por isso, torna-se necessário a comparação entre fontes de PNDR suplementar com diferentes origens e perfil aminoacídico e seu possível impacto sobre o desempenho e metabolismo na recria de bovinos de corte.

Nesse contexto, a hipótese deste estudo é que o aporte adicional de PM através da suplementação com diferentes fontes de PNDR na fase de crescimento promoverá incremento no ganho de peso e impacto positivo na retenção de nitrogênio. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da suplementação ou não com PNDR sobre o consumo, desempenho e metabolismo de bovinos Nelore na fase da recria, mantidos em pasto durante o período das águas.

2. Material e métodos

O protocolo utilizado nesse experimento está de acordo com as normas do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), sendo aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Campus de Jaboticabal – SP (protocolo número 16.688/16).

2.1. Procedimentos experimentais

Dois experimentos foram conduzidos simultaneamente durante o período chuvoso, entre os meses de Janeiro à Abril de 2019, em área pertencente ao departamento de Zootecnia na Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal- SP. O clima da região é classificado como tropical, com chuvas no verão e inverno seco (Sistema internacional Köppen, AW). Durante o período experimental a média de precipitação mensal foi de 160,9 mm, de temperatura máxima mensal foi de 31,8 °C e de temperatura mínima mensal de 20,1 °C (Tabela 1).

Os animais foram alocados em 12 piquetes de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés com 1,8 ha cada, divididos por cerca elétrica. Cada piquete continha bebedouro automático com capacidade para 1000 L e cochos cobertos para fornecimento do suplemento.

Tabela 1. Dados meteorológicos médios observados mensalmente durante o período experimental

Mês	Precipitação	ND	Tmax	Tmin	Tmed	UR
	(mm)		(°C)	(°C)	(°C)	(%)
Janeiro	148,1	11	32,7	20,9	26,1	69,2
Fevereiro	282,6	17	30,9	20,4	24,4	77,5
Março	115,2	12	31,0	20,1	24,5	76,6
Abril	97,6	6	30,6	19,0	23,9	73,4

Tmax: temperatura máxima; Tmin: temperatura mínima; Tmed: temperatura média; UR: umidade relativa do ar; ND: número de dias com chuva. Dados obtidos através da Estação Agroclimatológica – Unesp de Jaboticabal.

2.2. Dietas experimentais e características da forragem

Os tratamentos experimentais foram: (SM) Suplementação mineral fornecida *ad libitum*; (GLU) Suplementação proteica com glúten de milho 60 de 3 g/kg de peso corporal + SM *ad libitum*; (FSP) Suplementação proteica com farelo de soja protegido de 3 g/kg do peso corporal + SM *ad libitum*.

Os suplementos foram fornecidos diariamente, às 09h00min da manhã em cochos coletivos alocados em cada piquete. Porém, o suplemento mineral foi fornecido separadamente, em cocho coletivo.

Os ingredientes proteicos suplementados e a forragem foram amostrados a cada 28 dias (Tabela 2). A forragem foi amostrada por meio de pastejo simulado.

Os teores de matéria seca (MS; método 934,01), matéria mineral (MM; método 942,05), extrato etéreo (EE; método 954,02) foram analisados de acordo com recomendações da AOAC, (1995). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados de acordo com Mertens (2002)

e adaptados para Ankom²⁰⁰FiberAnalyzer, sendo a FDN corrigido para cinza e proteína posteriormente. A proteína bruta foi determinada pelo método de Kjeldahl, conforme procedimento da AOAC (1995), onde a quantidade de nitrogênio obtida foi multiplicada por 6,25. O fracionamento da proteína foi realizado de acordo com Licitra et al. (1996). A energia bruta (EB) foi obtida utilizando bomba calorimétrica de oxigênio (Calorímetro IKA, modelo C 2000) dada em megacalorias (Mcal).

A MS potencialmente digestível foi calculada através da equação proposta por Paulino (2008):

$$\text{MSpd} = [0,98 \cdot (100 - \text{FDN}) + (\text{FDN} - \text{FDNi})]$$

Já a FDN potencialmente digestível foi calculada pela diferença entre a FDN e a FDN indigestível.

Tabela 2. Composição química média dos suplementos e da forragem durante o período experimental

Item ³ (g/kg MS)	Forragem ¹			Suplemento ²		
	SM	GLU	FSP	SM ⁴	GLU	FSP
Matéria seca	231	241	248	-	911	874
Matéria mineral	82	83	82	-	23	71
Matéria orgânica	918	917	918	-	977	929
Proteína bruta	123	127	118	-	625	480
Fração A, % PB	16,51	15,69	16,54	-	-	-
Fração B ₁ , % PB	7,48	10,27	7,57	-	-	-
Fração B ₂ , % PB	41,7	36,8	38,7	-	-	-
Fração B ₃ , % PB	21,6	26,1	25,4	-	-	-
Fração C, % PB	12,7	11,1	11,8	-	-	-
Extrato etéreo	22,0	24,0	23,0	-	11,0	21,0
EB Mcal/kg MS	3,53	3,81	3,74	-	4,40	3,46
FDN	628	604	608	-	109	261
FDNcp	583	558	570	-	-	-
FDA	327	310	317	-	19,0	83,0
CNF ⁵	152	175	180	-	239	173
MSpd	805	814	821	-	-	-
FDNpd	429	425	430	-	-	-

¹Médias obtidas através da técnica de pastejo simulado em quatro períodos

²SM= Suplementação mineral; GLU = Suplementação proteica com glúten de milho 60; FSP= Suplementação proteica com farelo de soja protegido

³PB = Proteína Bruta; EB = Energia Bruta; FDN= Fibra insolúvel em detergente neutro; FDNcp = Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; MSpd = Matéria seca potencialmente digestível; FDNpd = Fibra em detergente neutro potencialmente digestível

⁴Núcleo comercial mineral, níveis de garantia: (Ca, 160g; P, 40g; Mg, 5g; S, 40g; Na, 160g; Cu, 945mg; Mn, 730mg; Zn, 3500mg; I, 70mg; Co, 56mg; Se, 18mg; F(máx) 400mg)

⁵CNF= Carboidratos não-fibrosos: [100 - (PB+FDN+MM+EE)]

A pastagem composta por *Urochloa brizantha* cv. Xaraés foi implantada em 2009. Em setembro de 2018, foram realizadas amostragens de solo em cinco pontos por piquete, à 20 cm de profundidade, nos 12 piquetes da área experimental. Em seguida, obteve-se uma amostra composta de cada piquete para análise do solo que apresentou as seguintes características químicas: pH de 5,1 em CaCl₂; 22 g/dm³ de

matéria orgânica; 11 mg/dm³ fósforo resina; 14, 8, 2 e 25 mmol/dm³ de cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio + alumínio, respectivamente; e 47% de saturação por bases. Durante período experimental foram realizadas 3 adubações de manutenção totalizando 90 kg de N/ha, na forma de ureia, 60 kg de K₂O/ha na forma de cloreto de potássio (parcelados em janeiro, fevereiro e abril) e 60 kg de P₂O₅/ha na forma de super simples.

O experimento foi conduzido no sistema de pastejo em lotação contínua com taxa de lotação variável. Animais reguladores (método *put and take*) foram utilizados (Mott e Lucas, 1952) para manter oferta similar de forragem para os animais de todos os tratamentos.

No início de cada período experimental a altura média do dossel foi mensurada por meio da leitura de 80 pontos em cada piquete, com auxílio de bengala graduada. Foram escolhidos cinco pontos com altura média que representassem o piquete e colhida a 5 cm de altura toda a forragem delimitada por uma moldura de 0,25 m². As amostras colhidas foram pesadas e separadas em: material senescente, lâmina foliar e colmo+bainha, para determinação da porcentagem de cada componente (Tabela 3). Na sequência, juntamente com uma amostra representativa do material coletado, foram pré-secas em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas. O peso seco final foi multiplicado pela área do piquete para estimar a massa de forragem (Tabela 3).

A oferta de MS (OMS) foi calculada da seguinte forma: OMS = kg de matéria seca presente no piquete dividido pelo total do peso vivo (kg) dos animais mantidos no piquete no mesmo período (Tabela 3). A oferta de folha verde (OFV) foi calculada da mesma forma: OFV = kg matéria seca de folha verde por piquete/total do peso vivo dos animais mantidos no piquete.

Tabela 3. Valores médios das características quantitativas, altura e taxa de lotação em forragem de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés observadas durante o período experimental

Item ²	Tratamentos ¹				P-valor		
	SM	GLU	FSP	EPM ³	T	P	TxP
Massa de forragem, kg/MS ha	5862	5256	5309	314,39	0,38	<0,01	0,69
Massa de folha verde,kg/MS ha	1610	1769	1663	99,47	0,54	<0,01	0,86
OMS,kg MS/kg PC	4,01	3,33	3,39	0,26	0,21	<0,01	0,69
OFV, kg MS/kg PC	1,11	1,14	1,06	0,09	0,84	<0,01	0,73
Altura, cm	38,41	36,9	35,89	2,89	0,81	<0,01	0,81
Folha verde, % MS	27,54	34,88	32,80	3,18	0,31	<0,01	0,99
Colmo, % MS	39,76	36,79	35,64	1,96	0,23	<0,01	0,50
Material morto, % MS	32,68	28,32	31,55	3,08	0,60	<0,01	0,80
Taxa de lotação, UA/ha	3,63	3,87	3,73	0,29	0,31	<0,01	0,76

¹SM= Suplementação mineral; GLU = Suplementação proteica com glúten de milho 60; FSP= Suplementação proteica com farelo de soja protegido

²OMS= Oferta de matéria seca; OFV = Oferta de folha verde na matéria seca; UA = Unidade animal

³EPM = Erro padrão da média

Houve efeito do período para todas as variáveis observadas na Tabela 3 ($P < 0,01$). Entretanto, não houve interação entre tratamento x período ($P \geq 0,50$) nem efeito de tratamento ($P \geq 0,21$). A média de OFV, kg MS/kg de PC foi de 1,11; 1,14 e 1,06 para os tratamentos com SM, GLU e FSP, respectivamente.

2.3. Desempenho animal (Exp1)

No estudo de desempenho foram utilizados 96 tourinhos da raça Nelore com peso corporal inicial médio de $240 \pm 19,72$ kg. O período experimental teve duração de 112 dias, divididos em 4 períodos de 28 dias cada. O delineamento experimental utilizado foi o delineamento em blocos casualizado (8 animais *testers* por piquete mais os animais reservas para ajuste da oferta de forragem) com quatro repetições de piquete por tratamento. Os animais foram pesados sem jejum prévio a cada 28 dias para ajuste da oferta de suplemento.

O ganho médio diário (GMD, kg/dia) foi obtido pela diferença entre o peso corporal final e o peso corporal inicial, ambos em jejum prévio de sólidos e líquidos por 16 horas, dividido pelo total de dias experimentais.

2.4. Experimento de metabolismo (Exp2)

2.4.1 Consumo e digestibilidade aparente total

Concomitante ao estudo de desempenho foi realizado o experimento de metabolismo. Foram utilizados 9 novilhos da raça Nelore, castrados, canulados no rúmen e duodeno, com aproximadamente $350 \pm 78,51$ kg de peso corporal inicial, que receberam suplementação proteica diária de 3g/kg de peso corporal ou não, distribuídos em 3 quadrados latinos simultâneos (3x3 – 3 tratamentos e 3 períodos experimentais). O experimento teve duração de 84 dias, sendo 3 períodos de 28 dias, onde 13 dias foram destinados a adaptação, 7 dias para estabilização da excreção fecal dos indicadores externos e 8 dias para coletas.

Os animais foram distribuídos em 9 piquetes junto com os animais de desempenho dos respectivos tratamentos. Foram avaliados três tratamentos, os mesmos do experimento de desempenho.

A excreção fecal (kg MS) foi estimada através do indicador externo óxido de cromo (Cr_2O_3), o qual foi fornecido 8 gramas/animal por dia durante 10 dias, sendo os 3 últimos dias destinados às coletas de fezes. As fezes foram coletadas 2 vezes ao dia em horários alternados, totalizando 6 amostragens (1º dia: 7h00min e 15h00min; 2º dia: 9h00min e 16h00min; 3º dia 10h00min e 17h00min). As fezes de cada animal foram pré-secas em estufa de 55 °C por 72 horas, moídas à 1mm em moinho tipo Willey (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, EUA), homogeneizadas e avaliadas quando a concentração de Cr_2O_3 (Kozloski et al., 2006).

O consumo individual de suplemento foi estimado utilizando o dióxido de titânio (TiO_2), segundo metodologia descrita por Titgemeyer et al. (2001). O TiO_2 foi fornecido nos últimos 10 dias de cada período, misturado ao suplemento, na quantidade de 10/gramas/animal por dia, imediatamente antes do fornecimento do concentrado. O consumo de suplemento foi calculado usando a equação:

$$\text{CIS} = ((\text{EF} \times \text{CIF}) / \text{IF}) \times \text{SupF}$$

Em que CIS = consumo individual de suplemento (g/dia); EF = excreção fecal em g/dia; CIF = concentração do indicador nas fezes do animal (g/g); IF = indicador presente no suplemento fornecido ao grupo (g/dia); SupF = quantidade de suplemento (MS) fornecida ao grupo de animais (g/dia).

O consumo de forragem (MS) foi estimado com base na excreção fecal, utilizando a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como marcador interno utilizando a equação:

$$\text{CF} = ((\text{EF} \times \text{IF}) - (\text{CIS} \times \text{IS})) / \text{IFo}$$

Em que CF = consumo de MS de forragem (kg/dia), EF = excreção fecal (kg/dia), IF = concentrações do marcador interno nas fezes; CIS = consumo individual de MS de suplemento (kg/dia), IS = concentração do marcador interno no suplemento; IFo = concentrações do marcador interno na forragem.

Para estimativa do teor de FDNi as amostras de fezes, bem como as amostras de forragem obtidas via simulação manual do pastejo e os suplementos amostrados por período foram pré-secos em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas, moídos à 2mm e incubados *in situ* por 288 horas como sugerido por Valente et al. (2011). Após incubação as amostras passaram por extração em detergente neutro com a utilização do analisador de fibra Ankom (Ankom Inc., Fairport, NY, EUA).

O consumo de matéria seca total foi calculado somando-se o consumo de forragem e o consumo de suplemento.

O consumo de energia metabolizável foi calculado a partir do consumo de energia digestível, multiplicado pelo fator 0,82 (NRC, 2000).

A digestibilidade dos nutrientes (DN) foi calculada pela seguinte equação:

$$\text{DN (\%)} = \frac{(\text{MS ingerida} \times \% \text{ Nutrientes}) - (\text{MS excretada} \times \% \text{ Nutrientes})}{(\text{MS ingerida} \times \% \text{ Nutriente}) \times 100}$$

2.5. Parâmetros ruminais

Foram realizadas amostragens do conteúdo ruminal às 0, 6, 12 e 18 após a suplementação, no último dia de cada período experimental. As alíquotas foram filtradas, submetidas à análise do pH em potenciômetro digital e armazenadas (duas alíquotas de 40 mL), a -20°C, para análises de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) (FENNER, 1965) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) através de cromatografia gasosa (GCMS QP 2010 plus, Shimadzu®, Kyoto, Japan) usando coluna capilar (Stabilwax, Restek®, Bellefonte, EUA; 30m, 0,25mmø), método proposto por (PALMQUIST et al., 1971). Durante as coletas de conteúdo ruminal e duodenal, foram realizadas coletas *spot* de urina (uma amostra por dia durante 4 dias às 16h00, 12h00, 15h00 e 09h00).

2.6. Retenção de Nitrogênio

A concentração de creatinina foi determinada por método colorimétrico, através de kits comerciais Analisa®. O volume urinário total foi estimado por meio da excreção diária de creatinina (EC), utilizando a equação para novilhos Nelore proposta por Silva et al. (2012):

$$EC \text{ (g/d)} = 0,0345 \times (PC)^{0,9491}$$

Em que PC = peso corporal.

A concentração de nitrogênio total na urina e nas fezes foi obtida por condutividade térmica utilizando-se o equipamento Leco®, modelo FP-528, posteriormente, corrigiu-se a concentração de N total para a MS de cada amostra.

Para o cálculo de retenção de nitrogênio (RN) a equação utilizada foi:

$$RN = CN \text{ (g/dia)} - [ENF \text{ (g/dia)} + ENU \text{ (g/dia)}],$$

Em que CN = consumo de nitrogênio, ENF= excreção de nitrogênio fecal e ENU= excreção de nitrogênio urinário. As excreções de nitrogênio na urina, fezes e a retenção de nitrogênio foram expressas em % do CN.

2.7. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o PROC MIXED do SAS (SAS Inc., Cary, NC). Atendendo-se a pressuposição de normalidade do resíduo pelo teste Cramér-von Mises, procedeu-se à análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando contrastes ortogonais (SM vs. PNDR; e GLU vs. FSP). A significância declarada foi de $P \leq 0,05$ e tendência discutida quando $P > 0,05$ e $\leq 0,10$.

2.7.1 Experimento 1

O piquete com 8 animais foi considerado a unidade experimental. As variáveis de desempenho foram analisadas considerando um delineamento em blocos casualizados (peso animais), o modelo incluiu o efeito fixo de tratamento e os efeitos aleatórios de blocos e o resíduo.

O modelo estatístico geral foi:

$$Y_{il} = \mu + b_i + j_l + \varepsilon_{il}$$

Onde: Y_{ij} : Observação no tratamento i e bloco l ; μ é a média geral; b_i : efeito do tratamento; j_l : efeito do bloco; i : número de tratamentos; l = número de blocos e ε_{il} = erro residual.

2.7.2 Experimento 2

As variáveis referentes aos parâmetros de fermentação ruminal foram analisadas como um triplo quadrado latino 3x3 com medidas repetidas no tempo, considerando o animal como unidade experimental. No modelo os efeitos fixos foram

tratamento, tempo de coleta e a sua interação, e os efeitos aleatórios do quadrado latino, período, animal e o resíduo. As variáveis foram submetidas à seleção da melhor estrutura da matriz de covariância, sendo a estrutura de covariância utilizada autorregressiva de primeira ordem, que considerou o menor Akaike (AIC) como a média ajustada covariavelmente.

As variáveis de consumo, digestibilidade e retenção de nitrogênio foram analisadas como um triplo quadrado latino 3x3, considerando o animal como unidade experimental, o efeito fixo de tratamento e os efeitos aleatórios do quadrado latino, período, animal e os resíduos correspondentes ao modelo.

O modelo estatístico geral foi:

$$Y_{ijl} = \mu + \kappa l + \tau k + \rho_i (l) + \gamma_j (l) + \tau\kappa (kl) + \varepsilon_{ijl}$$

Onde Y_{ijl} = valor observado na unidade experimental para o período i , animal j e quadrado latino l ; μ = média geral; κl = efeito do quadrado latino l ; τk = efeito do tratamento k ; $\rho_i (l)$ = efeito do período i no quadrado latino l ; $\gamma_j (l)$ = efeito do animal j dentro do quadrado latino l ; $\tau\kappa (kl)$ = efeito do tratamento de interação k e quadrado latino l ; e ε_{ijl} = erro residual.

3. Resultados

3.1. Desempenho (Exp 1)

A suplementação proteica promoveu um aumento de 23 kg no ganho de peso (Tabela 4) em relação ao SM ($P < 0,01$), mas não diferiu entre as fontes de PNDR ($P = 0,94$). O mesmo foi observado para o GMD, com valores de 0,74 kg para o tratamento com SM e média de 0,94 para as diferentes fontes de PNDR, um incremento de 0,20 kg no GMD ($P < 0,01$).

Tabela 4. Desempenho de tourinhos Nelore suplementados ou não com PNDR, durante a fase de recria, em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés no período das águas

Itens	Tratamentos ¹				Contrastes	
	SM	GLU	FSP	EPM ²	SM x PNDR	GLU x FSP
Desempenho						
Peso corporal inicial, kg	240	240	240	10,80	0,56	0,73
Peso corporal final, kg	323	345	346	13,01	<0,01	0,90
Ganho de peso, kg	83	106	106	4,03	<0,01	0,94
Ganho médio diário, kg/d	0,74	0,95	0,94	0,04	<0,01	0,87

¹SM= Suplementação mineral; GLU = Suplementação proteica com glúten de milho 60; FSP= Suplementação proteica com farelo de soja protegido

²EPM = Erro padrão da média

3.2. Consumo e digestibilidade (Exp 2)

No experimento de metabolismo o CMS em kg, % do peso corporal (PC), o consumo de forragem e de matéria orgânica não foram afetados pelo tipo de suplementação nem pelas diferentes fontes de PNDR ($P \geq 0,11$) (Tabela 6). A suplementação proteica não resultou em diferença no consumo de FDN em relação ao SM ($P = 0,53$), mas tendeu a ser menor em animais suplementados com GLU quando comparados com os que receberam FSP ($P = 0,06$). O consumo de PB aumentou com a suplementação com fontes de PNDR ($P < 0,01$), e tendeu a ser maior em animais suplementados com FSP em comparação aos que receberam GLU ($P = 0,08$). O consumo de EE foi similar entre o SM e as fontes de PNDR ($P = 0,92$) mas aumentou para os animais suplementados com FSP em relação ao GLU (0,04). A ingestão diária de EM (Mcal) aumentou com a suplementação com PNDR ($P < 0,01$), mas não diferiu entre os suplementos proteicos ($P = 0,25$).

Tabela 5. Consumo e digestibilidade total em novilhos Nelore suplementados ou não com PNDR, durante a fase de recria em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés no período das águas

Itens ²	Tratamentos ¹				Contrastes	
	SM	GLU	FSP	EPM ³	SM x PNDR	GLU x FSP
Consumo, kg						
Matéria seca	7,33	7,12	8,56	0,94	0,47	0,12
Consumo MS % PC	2,11	2,00	2,32	0,27	0,80	0,23
Forragem	7,33	5,94	7,40	0,81	0,34	0,11
Matéria orgânica	6,72	6,54	7,86	0,84	0,45	0,11
FDN	4,43	3,62	4,71	0,52	0,53	0,06
Proteína bruta	0,91	1,41	1,84	0,18	<0,01	0,08
EE	0,17	0,15	0,20	0,02	0,92	0,04
EM, Mcal/dia	9,80	15,80	13,82	2,44	<0,01	0,25
Digestibilidade aparente total g/kg						
Matéria seca	550,40	567,52	596,58	25,66	0,20	0,34
Matéria orgânica	586,83	600,39	634,36	24,20	0,21	0,26
FDN	591,38	600,74	603,52	25,37	0,69	0,93
Proteína bruta	577,47	595,37	695,08	38,25	0,08	0,04

¹SM= Suplementação mineral; GLU = Suplementação proteica com glúten de milho 60; FSP = Suplementação proteica com farelo de soja protegido

²FDN = Fibra em detergente neutro; EE = Extrato etéreo; EM = Energia metabolizável

³EPM = Erro padrão da média

A digestibilidade aparente total da MS e MO não foi afetada pelas diferentes suplementações ($P \geq 0,20$), assim como a digestibilidade verdadeira total da FDN ($P \geq 0,69$). A suplementação com PNDR tendeu a aumentar a digestibilidade aparente total da PB ($P = 0,08$) em relação à suplementação mineral. Entre as fontes de PNDR, o FSP apresentou maior digestibilidade em comparação ao GLU ($P = 0,04$), com médias de 685,08 g/kg e 595,37 g/kg para FSP e GLU, respectivamente.

3.3. Parâmetros ruminais

Não houve interação entre tratamento e tempo para pH ruminal, nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) totais, mM ($P \geq 0,30$). Os diferentes suplementos não influenciaram o pH ruminal ($P = 0,34$), que apresentou valor médio de 6,78 (Tabela 6) com menores valores 12 horas após a suplementação, médias de 6,45; 6,58 e 6,51 para SM, GLU e FSP respectivamente (Figura 1). Adicionalmente, a suplementação com PNDR aumentou a concentração de NAR em relação ao SM ($P < 0,01$) e apresentou uma tendência de ser maior ($P = 0,07$) para o FSP (21,10 mg/dL) em comparação com o GLU (18,67 mg/dL). O pico de NAR se deu 6 horas após a suplementação (Figura 1), com média de 20,04 para SM, 20,22 para GLU e 23,94 para FSP.

Tabela 6. Valores médios de pH ruminal, NAR e ácidos graxos de cadeia curta em novilhos Nelore suplementados ou não com PNDR, durante a fase de recria em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés no período das águas

Itens ²	Tratamentos ¹			EPM ³	Contrastes		P-valor	
	SM	GLU	FSP		SM x PNDR	GLU x FSP	Tempo	Trat x Tempo
pH	6,75	6,81	6,78	0,09	0,34	0,46	<0,01	0,49
NAR, mg/dL	16,04	18,67	21,10	1,29	<0,01	0,07	0,01	0,89
AGCC total, mM	107,45	101,71	109,77	2,28	0,43	<0,01	<0,01	0,30
AGCC, % AGCC total								
Ácido acético	70,36	69,85	70,09	0,46	0,08	0,36	<0,01	0,84
Ácido propiônico	16,61	16,63	16,56	0,19	0,90	0,69	<0,01	0,85
Ácido butírico	9,97	9,86	9,99	0,36	0,68	0,33	<0,01	0,79
Ácido isobutírico	1,03	1,17	1,12	0,04	<0,01	0,18	<0,01	0,07
Ácido valérico	0,72	0,78	0,73	0,01	0,08	0,04	<0,01	0,11
Ácido isovalérico	1,27	1,54	1,34	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
A:P	4,25	4,23	4,23	0,07	0,73	0,91	<0,01	0,79

¹SM= Suplementação mineral; GLU = Suplementação proteica com glúten de milho 60; FSP = Suplementação proteica com farelo de soja protegido

²NAR = Nitrogênio amoniacal ruminal; A:P = Relação acetato:propionato

³EPM = Erro padrão da média

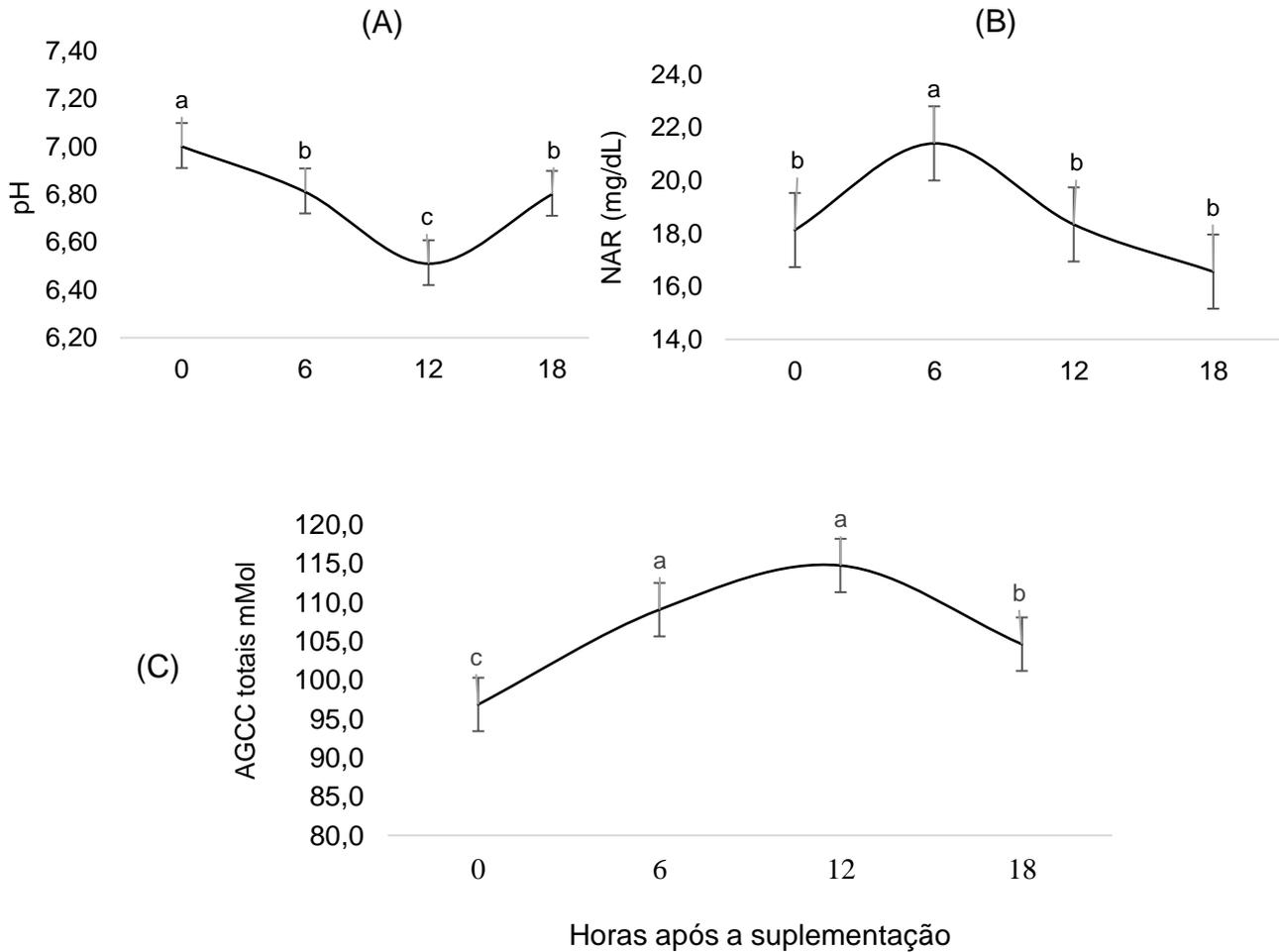


Figura 1. Influência do tempo após a suplementação nos valores médios de pH (A), NAR (mg/dL) (B), AGCC totais (mMol) (C) em novilhos Nelore suplementados com PNDR ou não, durante a fase de recria em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, no período das águas.

Não houve interação na produção dos AGCC (% AGCC total) e para a relação acetato:propionato (A:P) apresentados na Tabela 6 ($P \geq 0,11$). Houve interação entre tempo e tratamento para o ácido isovalérico ($P = 0,02$), onde antes da suplementação (0 hora) os tratamentos com fontes de PNDR não se diferiram ($P = 0,38$), com médias de 1,76 (GLU) e 1,62 (FSP). Às 6 horas após a suplementação o GLU apresentou maior produção de ácido isovalérico ($P = <0,01$) em relação ao FSP e SM. Já as 12 e 18 horas todos os tratamentos apresentaram valores similares ($P \geq 0,05$) desse ácido graxo (Figura 2).

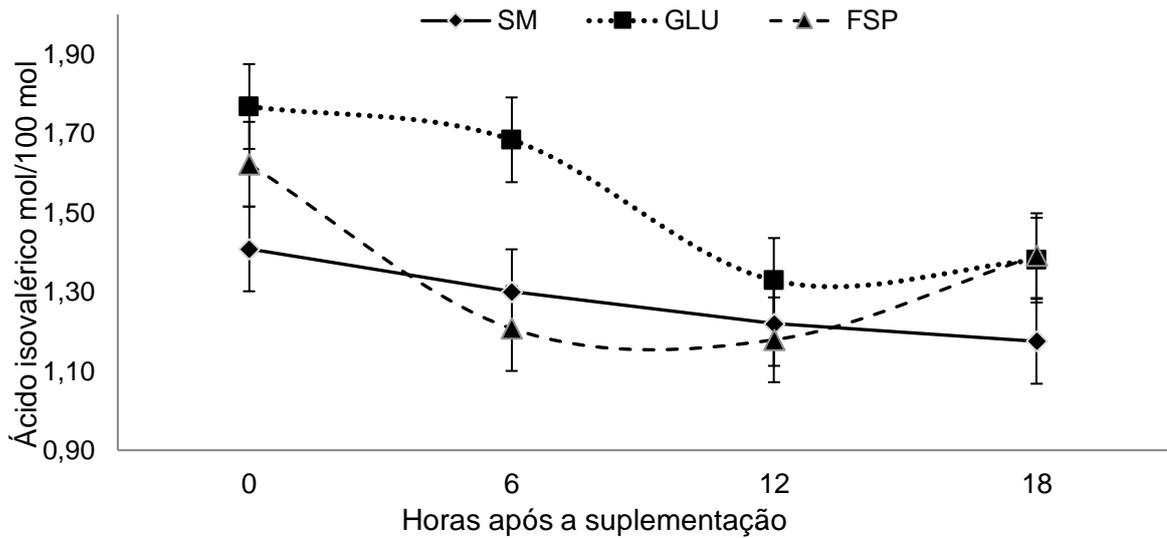


Figura 2. Concentração do ácido isovalérico no rúmen ao longo do tempo de coleta em novilhos Nelore suplementados com PNDR ou não, durante a fase de recria em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés.

Houve tendência de interação entre tempo e tratamento para o ácido isobutírico ($P = 0,07$) (Figura 3).

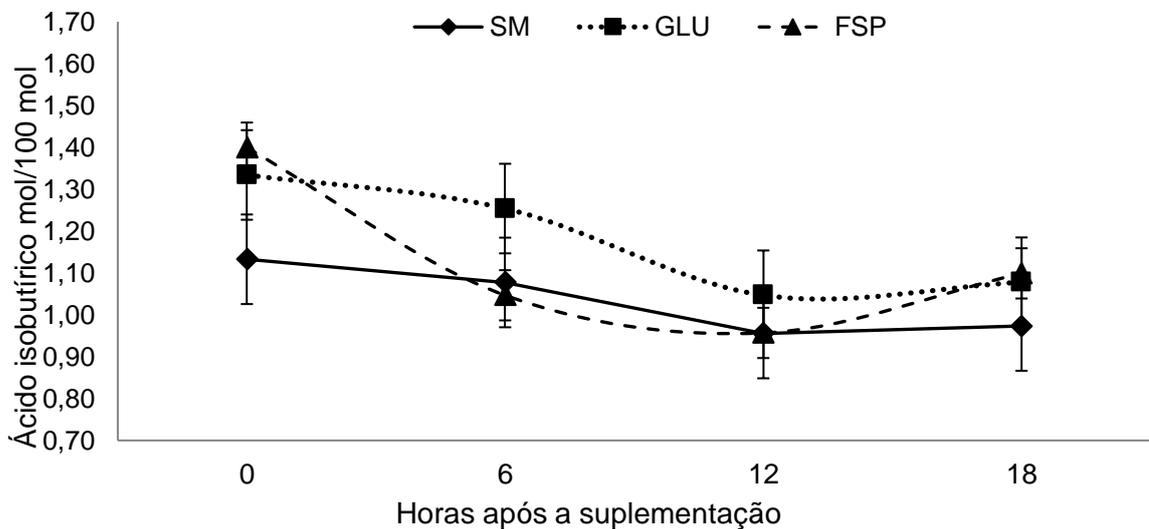


Figura 3. Concentração do ácido isobutírico no rúmen ao longo do tempo de coleta em novilhos Nelore suplementados com PNDR ou não, durante a fase de recria em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés.

Não foram encontradas diferenças na concentração média do ácido isobutírico entre as fontes de PNDR ($P = 0,18$), porém as 6 e 12 horas o GLU apresentou maiores valores em relação ao FSP ($P < 0,01$). Já o SM apresentou menores valores que o GLU às 6 e 12 horas e menor que o FSP às 0 e 18 horas ($P \leq 0,02$).

Os diferentes suplementos não influenciaram nas concentrações molares dos ácidos propiônico, butírico e a relação A:P ($P \geq 0,33$). A produção de ácido acético tendeu a ser maior ($P = 0,08$) para o SM, mas não diferenciou entre as diferentes fontes de PNDR ($P = 0,36$).

O ácido valérico tendeu a ser menor para o SM ($P = 0,08$), entretanto, aumentou ($P = 0,04$) para o GLU em relação ao FSP, com valores de 1,27; 1,54 e 1,34 para SM, GLU e FSP respectivamente.

3.4. Retenção de Nitrogênio

A suplementação com fontes de PNDR aumentou em 98,24 g/dia o CN ($P < 0,01$) que foi em média 145,94 g/dia para SM e 244,18 g/dia para PNDR (Tabela 7).

Tabela 7. Consumo, excreção e retenção de nitrogênio em novilhos Nelore suplementados ou não com PNDR, durante a fase de recria em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés no período das águas

Itens ²	Tratamentos ¹				Contrastes	
	SM	GLU	FSP	EPM ³	SM x PNDR	GLU x FSP
CN, g/dia	145,94	225,28	263,09	33,92	<0,01	0,27
ENU, % do CN	28,39	29,58	21,05	4,86	0,32	0,04
ENF, % do CN	42,25	40,46	30,49	3,82	0,08	0,04
Retenção de N, % do CN	29,36	28,95	48,43	6,74	0,07	<0,01

¹SM = Suplementação mineral; GLU = Suplementação proteica com glúten de milho 60; FSP = Suplementação proteica com farelo de soja protegido

²CN = Consumo de Nitrogênio; ENU = Excreção de nitrogênio na urina; ENF = Excreção de nitrogênio nas fezes

³EPM = Erro padrão da média

O aporte de proteína metabolizável através da suplementação com PNDR tendeu a reduzir a ENF ($P = 0,08$) e aumentar a retenção de N ($P = 0,07$). Além disso, entre as fontes de PNDR, a excreção de nitrogênio na urina e nas fezes em % CN foi menor para os animais suplementados com FSP em comparação com ao GLU ($P \leq 0,04$), aumentando assim a retenção de N, que foi em média de 28,95% para GLU e 48,43% do CN para FSP.

4. Discussão

Os resultados deste estudo evidenciam o aporte adicional de PM através da suplementação com fontes de PNDR, pois animais recebendo 3g/kg de PC de GLU ou FSP na fase de crescimento apresentaram maior ganho de peso em relação aos animais suplementados apenas com SM. Além disso, a utilização de fontes de PNDR com diferentes perfis aminoacídicos aumentou a retenção de nitrogênio, com destaque para o FSP.

O desempenho de animais em pastejo está diretamente relacionado com a oferta, qualidade da forragem e o consumo de matéria seca. A massa média de forragem disponível de 5,48 t/ha associada à elevada massa de folhas verdes, média de 1,7 t/ha, indica que não houve restrição para o consumo.

O ganho médio diário está associado com a ingestão e a digestibilidade de nutrientes (Reis et al., 2013). O GMD adicional de 0,20 kg/dia obtido com a suplementação com PNDR corrobora com resultados apresentados por Detmann et al. (2014b), que em uma meta-análise reunindo 44 experimentos envolvendo bovinos de corte em pastejo, afirmaram que um ganho adicional de peso de 200-300 g/dia poder ser obtido através de suplementação proteica de animais consumindo forragem de alta qualidade. Ao avaliar a suplementação proteica energética de 3 g/kg PC com fonte de PNDR (*soypass*) no período das águas, Mota (2019) obteve GMD de 0,93 kg, valor semelhante ao encontrado neste estudo, que foi em média de 0,94 kg.

O incremento no GMD reflete o aumento de PM ingerida (Silva et al., 2018), o que parece aumentar o fluxo de AA para o intestino delgado (Tomlinson et al., 1997). Em um estudo prévio a este experimento, Carneiro (2020) avaliou o fluxo duodenal de AA ao utilizar diferentes fontes de PNDR e constatou aumento no fluxo intestinal de

aminoácidos essenciais (AAE), principalmente arginina, leucina, isoleucina e valina quando se utilizou o GLU na dieta (Dados não publicados).

Quanto mais semelhante for o perfil AAE disponível para absorção no intestino delgado com a exigência do animal, maior será a eficiência no uso de AA para a síntese de proteínas (NRC, 2001). Alguns AA, como lisina e fenilalanina, apresentam alta correlação com a deposição de tecido muscular, enquanto outros, como a metionina têm uma correlação mais forte com a composição corporal (Amaral, 2016). Além disso, principalmente a leucina e glutamina atuam estimulando o início da síntese proteica e tradução (Kimball et al., 2004, Apro et al., 2010; Burd et al., 2015). Porém, no presente estudo os diferentes perfis de AA das fontes de PNDR não influenciaram no GMD ($P \geq 0,87$).

O GMD obtido com SM foi superior aos 0,69 kg/dia encontrado por Roth et al. (2017) utilizando suplementação mineral *ad libitum* na fase de recria mas inferior ao encontrado por Delevatti (2019), com GMD de 0,98 em condições de pastagem de *Urochloa brizantha* adubada com 90kg N/ha, durante o período chuvoso. Esta diferença encontrada pelo último autor pode ser explicada pelo manejo e composição da forragem, onde a mesma foi manejada à 25cm de altura, resultando em melhor valor nutritivo em comparação com este estudo, com valores 135,5 de PB; 585,7 de FDN; 287,3 de FDA e digestibilidade da MS de 569,2 g/kg MS.

No experimento de metabolismo, os tipos de suplementação não influenciaram a ingestão de MS total e de forragem, nem a digestibilidade da MS, MO, FDN ($P \geq 0,20$). Isto vem em linha com resultados obtidos em experimentos realizados em pastagens tropicais quando animais no período das águas foram suplementados com proteína (Zervoudakis et al., 2003; Costa et al., 2011; Lazzarini et al., 2016).

As características químicas e estruturais da forragem utilizada permaneceram similares para todos os tratamentos ($P \geq 0,21$). A OFV, média de 1,10 kg/kg de PC, proporcionou que os animais selecionassem a forragem que foi consumida, o que pode explicar a ausência de diferenças no consumo de forragem entre os tratamentos. Além disso, o maior consumo de FDN observado para animais suplementados com FSP em relação ao GLU se deve à maior presença deste componente no FSP (261 *versus* 109 g/kg). Já a ausência de efeito na digestibilidade total verdadeira da FDN entre todos os tratamentos pode ser explicada devido ao conteúdo de PB na forragem

(SM = 123 g/kg; GLU = 127 g/kg; FSP = 118 g/kg). Segundo Detmann et al. (2014a), em forragem com mais de 100 g/kg de PB, os requisitos de nitrogênio microbiano poderiam ser atendidos e a estimulação na digestão da forragem não seria mais observada.

Foi observado efeito aditivo (Moore, 1980) com a suplementação com PNDR já que animais que receberam suplementação proteica de 3g/dia apresentaram maior consumo de PB e de energia metabolizável ($P < 0,01$), este fato associado ao consumo de forragem semelhante mostra a capacidade do suplemento em aumentar o aporte de nutrientes, justificando o maior desempenho, sem provocar efeito substitutivo. Os consumos de EM encontrados neste estudo para suplementação com PNDR são similares aos estimados pelo BR-Corte (Valadares Filho et al., 2016) para os GMD observados, que é 14,97 Mcal/dia. Já para os animais que receberam apenas suplementação mineral o consumo de EM ficou abaixo do estimado pelo BR-Corte para o GMD observado, que é de 12,36 Mcal/dia.

As exigências de consumo de PB para ganhos de 0,75 e 0,94 kg/dia de acordo com o BR-Corte (Valadares Filho et al., 2016) são de 756 e 870 g/dia. O consumo de PB dos animais em estudo foi maior do que ao estimado por (Valadares Filho et al., 2016). O elevado consumo de PB se deve à composição de PB do pasto e ao elevado teor desse nutriente nos ingredientes suplementados. O excedente de PB, principalmente nos tratamentos suplementados com PNDR, provavelmente forneceu aminoácidos digeríveis que podem ser catabolizados e usados como fonte de energia (Wickersham et al., 2009). Adicionalmente, a maior quantidade de proteína ingerida pelos animais suplementados com GLU e FSP pode ter aumentado a disponibilidade do nitrogênio que pode ser utilizado para fins anabólicos, melhorando a eficiência de utilização da PM (Lazzarini et al., 2016). Estudos em regiões tropicais demonstram que o nitrogênio suplementar afeta negativamente a taxa de degradação da proteína miofibrilar e positivamente a concentração sanguínea de hormônios anabólicos, como o IGF1, mesmo sem estar associado a uma fonte de energia suplementar (Rufino, 2011; Franco, 2015; Batista et al., 2016b).

A digestibilidade dos nutrientes observada neste estudo foi inferior a valores encontrados na literatura para trabalhos que utilizaram suplementação com PNDR para animais em pastagem no período das águas (Zervoudakis, 2003; Leite, 2018),

mas semelhantes ao observado por Develatti et al. (2019), com valores médios de digestibilidade de 553,6 g/kg para MS, 563,3 g/kg para FDN e 546,1 g/kg para PB em animais na fase da recria, recebendo diferentes suplementos na quantidade de 1, 3 ou 6 g/kg de PC e manejados em pastagem de *Urochloa brizantha* sob diferenças alturas, no período das águas. Segundo Mertens (2010), existe uma interação entre o consumo, taxa de passagem e digestibilidade da dieta. A digestibilidade encontrada neste estudo pode ser explicada pelo elevado consumo de forragem, associado a uma maior taxa de passagem, levando a redução do tempo de retenção da digesta no rúmen.

Os diferentes perfis de AA das fontes de PNDR influenciaram na digestibilidade aparente total da PB ($P = 0,04$). O aumento em 10% observado na digestibilidade deste nutriente para o FSP está relacionado à redução da excreção de N em % do CN na urina e nas fezes ($P = 0,04$). A suplementação com PNDR aumentou a digestibilidade da PB ($P = 0,08$) de 577,47 para média de 645,22 g/dia. O aumento do nível de proteína na dieta leva a uma diluição metabólica do nitrogênio fecal, ou seja, há uma redução da participação da fração endógena no N fecal total (Broderick et al., 2003), aumentando a digestibilidade total da PB.

A manutenção do pH é um determinante importante do ambiente ruminal e pode afetar populações de bactérias específicas, como bactérias celulolíticas. Apesar da redução 12 horas após a suplementação devido ao acúmulo de AGCC, o pH ruminal se manteve acima do nível crítico de 6,2, sugerido como o valor mínimo para evitar a redução na degradação da parede celular (Hoover et al., 1986).

A forragem apresentou valores de fração A (% PB) de 16,51 para SM, 15,69 para GLU e 16,54 para FSP. Além disso, elevados valores das frações B_1+B_2 foram observados, com médias de 49,16; 47,09 e 46,24% PB para SM, GLU e FSP, respectivamente. Os altos teores de proteína solúvel, de rápida e/ou intermediária digestão no rúmen da forragem, representados pelas frações A e B_1+B_2 , contribuíram para os elevados valores de NAR encontrados neste estudo, com médias de 16,04 mg/dL para o SM; 18,67 mg/dL para o GLU e 21,10 mg/dL para o FSP, concentrações acima do apontado por Detmann et al. (2009) para maximizar a ingestão da fibra (15 mg/dL). O aumento do consumo de PB com a suplementação com fontes de PNDR ($P = <0,01$) também está relacionado com o incremento no NAR já que esta variável

apresenta uma relação exponencial com o conteúdo de PB da dieta (Detmann et al., 2014b).

Os AGCC são produzidos por microrganismo no rúmen a partir da fermentação da celulose, hemicelulose, pectina, amido e açúcar (Bergman, 1990) e representam a maior fonte de energia para ruminantes. A concentração de AGCC totais foi similar entre SM vs. PNDR ($P = 0,43$) e apresentou maiores valores 6 e 12 horas após o fornecimento do suplemento. A tendência ($P = 0,07$) observada de maior NAR e maior concentração de AGCC (109,77 mMol), indica que o FSP apresenta uma maior degradabilidade ruminal comparado ao GLU. Isso pode ser explicado devido à diferença entre a fração de PDR das fontes proteicas suplementadas onde, aparentemente, o FSP possui maior fração de proteína solúvel e de rápida degradação em relação ao GLU.

A proteólise ruminal seguida pela desaminação dos AAs valina, prolina e isoleucina dá origem aos AGCC ramificada isobutírico, valérico e isovalérico (Mcdonald et al., 2011). Apesar de não haver diferenças na concentração do ácido isovalérico as 12 e 18 horas após a alimentação entre os tratamentos, 6 horas após alimentação o GLU apresentou maior concentração desse AG, com média de 1,68. Além disso, observou-se uma maior concentração de valerato no tratamento com essa fonte de PNDR em relação ao FSP, indicando uma maior desaminação de prolina. O GLU possui elevados teores dos AAs leucina (10,1%) e prolina (5,59%) (Valadares Filho et al., 2020), o que explica a maior concentração de isovalerato e valerato encontrada no rúmen de animais suplementados com este ingrediente.

A suplementação proteica promoveu aumento no ácido isobutírico bem como uma tendência de aumentar o valerato quando comparado SM vs. PNDR. Isso se deve ao fato de uma maior disponibilidade de PB e de AA que são degradados a esses compostos nos suplementos com PNDR.

Na literatura, diversos trabalhos têm relatado aumento na RN com a suplementação proteica de bovinos de corte (Porto et al. 2009; Costa et al. 2011; Batista et al., 2016a). Neste estudo, houve aumento ($P = 0,07$) na RN % do CN para os animais suplementados com proteína, indicando que o N advindo das fontes de PNDR foi incorporado diretamente nos tecidos (Batista et al., 2016a), o que resultou em maior ganho de peso. Este aumento na retenção se deu devido ao maior CN

apresentado pelos animais suplementados com PNDR (<0,01) e uma redução (P= 0,08) na ENF % do CN. Além disso, é conhecido que elevados níveis de NAR podem levar ao aumento do transporte de N por difusão no sangue, o que aumenta os níveis de N ureico sérico e a excreção de N na urina (Van Soest, 1994). No estudo de metabolismo, o aumento na produção de NAR resultou em maior excreção de N/g por dia na urina (Dados não apresentados) para os animais suplementados com PNDR, com média de 61,44 para PNDR e 39,89 g/dia para SM, apesar disso, a ENU apresentou redução quando expresso em % do CN.

5. Conclusão

A suplementação de 3g/kg com GLU e FSP promoveu aumento no desempenho de bovinos Nelore na fase da recria no período das águas, sem afetar o consumo de matéria seca e de forragem.

O aporte adicional de proteína metabolizável através da suplementação com FSP refletiu em aumento na digestibilidade aparente total da proteína bruta, promoveu incremento na concentração de NAR e AGCC, redução da excreção de nitrogênio na urina e nas fezes, aumentando a retenção de nitrogênio no corpo do animal.

6. Referências

Amaral PM (2016) **Performance and amino acids requirements of Nelore and crossbred Angus×Nelore fed diets with different crude protein content during growing and finishing stages.** Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG. 81.p.

Apro W, Blomstrand E (2010) Influence of supplementation with branched-chain amino acids in combination with resistance exercise on p70S6 kinase phosphorylation in resting and exercising human skeletal muscle. **Acta Physiologica** 200:237–248.

Association of Official Analytical Chemists - AOAC. (1995) **Official methods of analysis.** 15. ed. Arlington.

Batista ED, Detmann E, Gomes DI, Rufino LMA, Paulino MF, Valadares Filho SC, Reis WLS (2016a) Effect of protein supplementation in the rumen, abomasum, or both on intake, digestibility, and nitrogen utilisation in cattle fed high-quality tropical forage. **Animal Production Science**, 57(10), 1993-2000.

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

Bergman EN (1990) Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews*, v. 70, p. 567.

Broderick G (2003) Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 86(4):1370–81.

Burd NA, West DWD, Staples AW, Atherton PJ, Baker JM, Moore DR, Phillips SM (2010) Low-Load High Volume Resistance Exercise Stimulates Muscle Protein Synthesis More Than High-Load Low Volume Resistance Exercise in Young Men. **PLoS ONE**, 5(8), e12033.

Costa VAC, Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, Henriques LT, Carvalho I PC (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**, v.40, p.2815–2826.

Delevatti LM, Cardoso AS, Barbero RP, Leite RG, Romanzini EP, Ruggieri AC, Reis, RA (2019) Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. **Scientific Reports**, 9(1).

Detmann E, Paulino MF, Mantovani HC, Valadares Filho SDC, Sampaio CB, Souza MA, Lazzarini I, 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 (2010). Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: **Proceedings of the 3rd International Symposium on Beef Cattle Production**. Viçosa, Brazil: Universidade Federal de Viçosa, p.191–240.

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

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

Fenner H (1965) Method for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**, v.48, p. 249–251.

Figueiras JF, Detmann E, Valadares Filho SC, Paulino MF, Batista ED, Rufino LMA, Valente TNP, Reis WLS, Franco MO (2015) Nutritional performance of grazing cattle during dry-to-rainy transition season with protein supplementation. **Archivos de Zootecnia**, v.64, p.269–276.

Franco MO (2015) **Nutritional Performance and Metabolic Characteristics in Cattle Fed Tropical Forage and Supplemented with Nitrogenous Compounds and Energy**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa-Viçosa, MG, Brasil.

Hoover WH (1986) Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**. V.68, p.40-44.

Kimball SR, Jefferson LS (2004) Amino acids as regulators of gene expression. **Nutrition and Metabolism**. v.1:3.

Kozloski GV, Netto DP, Oliveira L, Maixner AR, Leite DT, Maccari M, Brondani IL, Sanchez LMB, Quadros FLF (2006) Chromium oxide use as a marker for measuring fecal production of grazing cattle: estimative variations due to sampling schedule. **Ciência Rural**, v.36 n.2.

Lazzarini, Í, Detmann E, Valadares Filho SC, Paulino MF, Batista ED, Rufino LMA, Franco MO (2016) Nutritional Performance of Cattle Grazing during Rainy Season with Nitrogen and Starch Supplementation. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, 29 (8), p.1120–1128.

Leite RG (2018) **Uso de DDGS na suplementação protéico energética em bovinos em pastejo na estação chuvosa**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal, SP.

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

Lima RVA (2006) **Substituição da ureia por farelo de soja em rações com polpa cítrica para bovinos em crescimento ou em terminação**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), USP – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Piracicaba, SP.

Mcdonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Sinclair LA., Wilkinson RG. (2011) **Animal nutrition**. Harlow, UK: Pearson, v.7 p.171-185.

Mertens DR (2002) Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fibre in feeds with refluxing beakers or crucibles: a collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p.1217-1240.

Mertens DR (2010) NDF And DMI - Has anything changed? In: **CORNELL NUTRITION CONFERENCE**, Syracuse. Proceedings, p.160 – 174.

Moore JE. Forage Crops. In: HOVELAND, C.S (1980) Crop Quality, Storage, and Utilization. **Crop Science Society of America**. Madison, Wisconsin, p.61-91.

Mota VAC (2019) **Estratégias para aumento da eficiência de utilização do nitrogênio de bovinos nelore recriados em pastagens**. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal, SP.

Mott GO, Lucas HL (1952) The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: International Grassland Congress, 6, Pennsylvania. **Proceedings ...** Pennsylvania State College, 1952. p.1380-1395.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC (2001) **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC (2000) **Nutrients requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 242p.

Paengkoum P, Chen S, Paengkoum S (2019) Effects of crude protein and undegradable intake protein on growth performance, nutrient utilization, and rumen fermentation in growing Thai-indigenous beef cattle. **Tropical Animal Health and Production**. doi:10.1007/s11250-019-01799-0.

Palmquist DL, Conrad H (1971) Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high fat diets. **Journal of Dairy Science**, v. 54, p.1025-1033.

Paulino MF, Detmann E, Valadares Filho SC (2008) Bovinocultura funcional nos tópicos. In: **VI Simpósio de Produção de Gado de Corte e II Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte**, 2008, Viçosa. Anais... Viçosa: VI SIMCORTE, p.275-305.

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

Porto MO, Paulino MF, Valadares Filho SC, Sales MFL, Leão MI, Couto VRM (2009) Protein sources in multiple supplements for finishing crossbred steers on Brachiaria pasture, in the wet season: productive and economical performance. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38, p.1553–1560.

Reis RA, Valente ALS, Santos SMC, Souza FHM, Berchielli TT, Ruggieri AC, Santana SS, Serra JM (2013) Performance of young Nelore bulls grazing Marandu grass pasture at different heights. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, 114–115.

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.

Rufino LMA (2011) **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em bovinos alimentados com forragem tropical**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa - Viçosa, MG, Brasil.

Rufino LMA, Batista ED, Rodrigues JPP, Valadares Filho SC, Paulino MF, Costa e Silva LF, Detmann E (2019) 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**, v.260, 114367.

SAS Institute (2008) SAS/STAT 9.2 User's Guide. SAS Institute, Cary, NC.

Silva AL, Detmann E, Dijkstra J, Pedroso AM, Silva LHP, Machado AF, Marcondes MI (2018) Effects of rumen-undegradable protein on intake, performance, and mammary gland development in prepubertal and pubertal dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, 101(7), 5991–6001.

Silva LFC, Valadares Filho SC, Chizzotti ML, Rotta PP, Prados LFP, Valadares RFD, Zanetti D, Braga JMS (2012) Creatinine excretion and relationship with body weight of Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.41, n.3.

Simas RC (2005) **Determinação de proteína bruta e aminoácidos em farelo de soja por espectroscopia no infravermelho próximo**. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, SP.

Tomlinson DL, James RE, Bethard GL, McGilliard ML (1997) Influence of undegradability of protein in the diet on intake, daily gain, feed efficiency, and body composition of Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, 80:943–948.

Valadares Filho SC, Machado PAS, Chizzotti ML, Amaral HF, Magalhães KA, Capelle ER (2020). **CQBAL 4.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em www.ufv.br/cqbal. Acesso em 02/01/2020

Valadares Filho SC, Costa e Silva LF, Lopes SA. et al. (2016) **BR-CORTE 3.0. Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados**. Disponível em www.brcorte.com.br.

Valente TNP, Detmann E, Valadares Filho, S.C. *In situ* estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.666-675, 2011.

Van Soest PJ (1994) **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2nd ed. Cornell University. Press, Ithaca, NY, p.476.

Wickersham TA, Titgemeyer EC, Cochran RC, Wickersham EE (2009) Effect of undegradable intake protein supplementation on urea kinetics and microbial use of recycled urea in steers consuming low-quality forage. **British Journal of Nutrition** 101, 225–232.

Zervoudakis JT (2003) **Suplementos múltiplos de auto controle de consumo e frequência de suplementação, na recria de novilhos durante os períodos das águas e transição águas-seca**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG.

Zervoudakis JT, Paulino MF, Cabral LS, Detmann E, Valadares Filho SC, Moraes EHBK (2008) Suplementos múltiplos de autocontrole de consumo na recria de novilhos no período das águas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p.1968–1973.