



ALINE DE CASTRO RODRIGUES

**DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE EM NOVILHOS
NELORE E NELORE X ANGUS ALIMENTADOS COM
DIETAS DE GRÃOS DE MILHO INTEIRO E BAGAÇO DE
CANA**

**LAVRAS – MG
2018**

ALINE DE CASTRO RODRIGUES

**DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE EM NOVILHOS NELORE E NELORE X
ANGUS ALIMENTADOS COM DIETAS DE GRÃOS DE MILHO INTEIRO E
BAGAÇO DE CANA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

ORIENTADOR
Dr. Márcio Machado Ladeira

LAVRAS, MG
2018

ALINE DE CASTRO RODRIGUES

**DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE EM NOVILHOS NELORE E NELORE X
ANGUS ALIMENTADOS COM DIETAS DE GRÃOS DE MILHO INTEIRO E
BAGAÇO DE CANA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 03 de Maio de 2018.

Dr. Daniel Rume Casagrande – DZO/UFLA
Dr. Marcos Neves Pereira – DZO/UFLA
Dr. Pedro Veiga R. Paulino – CARGILL/NUTRON

ORIENTADOR
Dr. Márcio Machado Ladeira

LAVRAS, MG
2018

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Rodrigues, Aline de Castro.

Desempenho e digestibilidade em novilhos Nelore e Nelore x
Angus alimentados com dietas de grãos de milho inteiro e bagaço
de cana / Aline de Castro Rodrigues. - 2018.

81 p.

Orientador (a): Marcio Machado Ladeira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

Aos meus pais, Cicero e Helena, e meus irmãos, Alex e André, pelo apoio, amor e por não medirem esforços para que eu pudesse seguir em frente em minha trajetória. E aos meus pedacinhos de gente Helena e Kaique, que nos trouxeram alegrias e querer sempre fazer do mundo um lugar melhor!

Aos meus avós Beatriz, Sebastião por todo apoio, amor e carinho.

Aos familiares e amigos pela amizade e carinho

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Zootecnia (DZO), pela oportunidade para realização dos estudos e realização do experimento e análises.

Aos professores, em especial aos professores Daniel, Mateus, Marcos e Ana Paula, aos funcionários da UFLA, em especial do Departamento de Zootecnia, pela transmissão do conhecimento, dedicação e profissionalismo.

A parceria Fazenda Santa Helena e UFLA, agradecimento especial ao produtor Marden Assis, pois está parceria tornou-se possível a realização deste trabalho.

Ao CNPq pelo fomento da bolsa de mestrado.

Ao professor Márcio, pela oportunidade de realização deste trabalho, orientação e apoio.

A minha amiga e companheira de experimento, Tamara pela parceria de sempre.

Aos bolsistas, Ana Carolina, Ana Elisa, David, Pedro Henrique, Raphaella e Tiago. Aos colegas de pós-graduação Adriano, José Maria, Priscilla, Suane e Tathy pela participação neste trabalho, contribuindo para sua realização.

Ao Núcleo de Estudos em Pecuária de Corte (NEPEC), pelos conhecimentos adquiridos e, com vocês a realização deste trabalho tornou-se menos difícil.

A todos os amigos conquistados nesta jornada, em especial aos da Zootecnia, as companheiras de república (principalmente pela paciência) e a “mamis” Busato pela paciência e carinho.

“No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz.”

Ayrton Senna

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho, características de carcaça, comportamento ingestivo e digestibilidade em novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de milho inteiro, com ou sem a inclusão de bagaço de cana-de-açúcar. Utilizaram-se 32 novilhos, 16 Nelore e 16 Nelore x Angus, com peso corporal médio de $353 \pm 25,3$ kg, que foram alojados em baias individuais. Em um delineamento experimental inteiramente casualizado com arranjo fatorial 2 x 2 (sendo 2 raças e 2 dietas). As dietas continham 80% grão de milho inteiro e 20% *pellet* (GMI) ou 74% grão de milho inteiro, 20% *pellet* comercial proteico-mineral e 6% de bagaço de cana (GMIB). O confinamento teve duração de 116 dias, sendo 20 dias de período de adaptação a dieta e instalações e 96 dias de período experimental. Após 65 dias de experimento, foi iniciado o ensaio de digestibilidade, com coleta total de fezes por três dias consecutivos. O consumo foi medido diariamente com pesagem de fornecido e sobras. Ao final do confinamento, os animais foram abatidos em frigorífico comercial e mensurado as características de carcaça. Os novilhos Nelore x Angus apresentaram maior peso final, CMS, GMD e EGS ($P < 0,05$). No entanto, os animais da raça Nelore tiveram maior rendimento de carcaça ($P < 0,01$). A dieta GMIB resultou em CMS mias e menos variável ($P < 0,01$). Na dieta GMI os animais permaneceram menos tempo ruminando e maior tempo em ócio ($P < 0,01$) e ingerindo água ($P = 0,03$) do que os animais que receberam a dieta de GMIB. O tempo de ruminação/CMS ($P < 0,01$) foi maior nos animais alimentados com GMIB. Os animais Nelore passaram maior tempo em ruminação, tiveram maior ruminação/CMS ($P < 0,01$) e ruminação/FDN ($P = 0,01$). Porém, animais Nelore x Angus apresentaram maior consumo de FDN ($P = 0,01$). Animais alimentados com a dieta GMI apresentaram maior coeficiente de digestibilidade aparente do trato total da MS, MO e FDN ($P < 0,01$), PB, EE e CNF ($P < 0,05$). Os novilhos Nelore x Angus apresentaram maior coeficiente de digestibilidade da FDN ($P = 0,04$). A digestibilidade do amido não foi afetada pela raça ($P = 0,29$) e dieta ($P = 0,21$). A atividade específica da α -amilase tendeu a ser maior nos novilhos Nelore ($P = 0,07$). O uso de fonte de fibras em baixas quantidades, como o bagaço de cana de açúcar é indicado em dietas de grão de milho inteiro, pois aumenta o CMS e GMD sem influenciar a eficiência alimentar ou características de carcaça. Novilhos Nelore x Angus tiveram maior desempenho em dietas com GMI do que novilhos Nelore, pois estes tiveram maior capacidade de digestão desta dieta e de seus nutrientes.

Palavras-chave: amido, *Bos indicus*, *Bos taurus*, confinamento, cruzados

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate performance, carcass traits, ingestive behavior and digestibility of nutrients in Nellore and Nellore × Angus steers fed whole shelled corn diets, with or without sugarcane bagasse. Thirty-two animals, with average BW of 353 ± 25.3 kg were housed in individual pens and used in a completely randomized design using a 2×2 factorial arrangement (2 breeds and 2 diets). One diet contained 80% whole shelled corn and 20% of a protein-mineral pellet (WSC). The other diet had 74% whole shelled corn, 20% protein-mineral pellet, and 6% of sugarcane (WSCB). Feeding period was 116 d, with 20 d of adaptation period and 96 d of experimental period. The digestibility trial occurred after 65 days of the experimental period, using total feces collection for three days. Feed offered was recorded daily, and the feed remaining on the following day was weighed back to calculate DMI. At the end of the feedlot, steers were slaughtered using cerebral concussion and slitting of the jugular vein, and then carcass traits were measured. Nellore × Angus steers had greater final BW, DMI, ADG, backfat thickness ($P < 0.05$). However, Nellore steers had greater yield carcass ($P < 0.01$). Steers fed WSCB had greater DMI and less variation ($P < 0.01$). Animals fed WSC spent less time ruminating and more time on idleness ($P < 0.01$) and ingesting water ($P = 0.03$) than animal fed WSCB. The rate of rumination/DMI, intake of NDF (kg) and NDFI:DMI ratio ($P < 0.01$) were greater for animals fed WSCB. Nellore steers spent more time ruminating, had greater rate of rumination/DMI ($P < 0.01$) and rate of rumination/NDF ($P = 0.01$). Nellore × Angus steers had greater intake of NDF ($P = 0.01$) and digestibility coefficients of NDF ($P = 0.04$) and tendency for greater digestibility of DM, OM, CP and TDN ($P < 0.10$). Animal fed WSC had greater digestibility coefficients of DM, OM, TDN, NFC ($P < 0.01$), CP, EE and NFC ($P < 0.05$). There was no breed ($P = 0.29$) and diet ($P = 0.21$) effect on starch digestibility. The activity of α -amylase tended to be greater in Nellore steers ($P = 0.07$). In conclusion, Angus × Nellore steers have greater ADG than Nellore, but they are not more efficient. The use of bagasse in WSC diets increases DMI and therefore ADG in feedlot steers. The use of fiber sources in low quantities, such as sugarcane bagasse is indicated in WSC diets, as it increases DMI and ADG without change feed

efficiency or carcass characteristics. Nellore x Angus steers has greater performance with WSC diets than Nellore steers because they have a greater capacity for digestion of this diet and its nutrients.

Key Words: *Bos indicus*, *Bos taurus*, crossbred, feedlot, performance, starch

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Concentração de D-lactato de novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de grão de milho inteiro (GMI) e grão de milho inteiro e bagaço de cana (GMIB).....64
- Figura 2 - Concentração de TNF- α em novilhos alimentados com dietas de grão de milho inteiro (GMI) e grão de milho inteiro e bagaço de cana (GMIB) nos tempos 1 e 4565
- Figura 3 - Atividade específica (U/mg de proteína) da alfa-amilase pancreática em novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de grão de milho inteiro (GMI) e grão de milho inteiro e bagaço de cana (GMIB)67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição percentual de ingredientes e bromatológica das dietas.....	56
Tabela 2 - Desempenho e carcaça de novilhos Nelore e Nelore x Angus castrados alimentados com dietas de grão de milho inteiro.....	62
Tabela 3 - Atividade mastigatória e comportamento ingestivo de novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de grão de milho inteiro	63
Tabela 4 - Digestibilidade dos nutrientes da dieta de novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de grão de milho inteiro.....	66
Tabela 5 - Produção e amido fecal em de novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de grão de milho inteiro.....	67

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE.....	14
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1. Cruzamento.....	16
2.2. Desempenho e características de carcaça.....	18
2.3. Dietas.....	21
2.3.1. Dietas de milho grão inteiro.....	21
2.3.2. Inclusão de volumoso em dietas de milho grão inteiro.....	23
2.4. Comportamento ingestivo.....	25
2.5. Digestão do amido.....	27
2.6. Processos inflamatórios.....	32
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
SEGUNDA PARTE – ARTIGO.....	50
Artigo - Desempenho e digestibilidade em novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de grãos de milho inteiro e bagaço de cana.....	51

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

As dietas utilizadas nos confinamentos brasileiros e em outros países sul americanos têm sofrido mudanças na relação volumoso:concentrado como aumento na proporção de concentrado. Como exemplo, no ano de 2008 a relação média foi 29:71 (V:C) (MILLEN et al., 2009) e em 2013 a proporção média de concentrado havia aumentado para 79% (OLIVEIRA e MILLEN et al., 2014). Dessa maneira, o uso de dietas com alta proporção de concentrado ou até mesmo sem a inclusão de volumosos e com grão de milho inteiro, se tornou mais comum, principalmente a partir do início dessa década. Em outra análise realizada por Oliveira e Millen (2014), verificou-se que 9,4% dos grandes confinamentos brasileiros utilizavam grão de milho inteiro em suas dietas. Diversos fatores têm conduzido para essa adoção, dentre estes destacam-se: a menor necessidade de área para plantio de forragens, a maior densidade energética, maior eficiência alimentar e a facilidade de transporte e estocagem de grãos (ARRIGONI et al., 2014). Dos nutrientes existentes na dieta de animais alimentados em confinamento, o amido é o maior componente e o que fornece a maior quantidade de energia para bovinos em terminação, sendo que a principal fonte utilizada é o grão de milho (OLIVEIRA e MILLEN et al., 2014).

Bovinos *Bos indicus* e seus cruzamentos são comumente usados em sistemas pecuários tropicais ao redor do mundo. Essa subespécie compartilha um ancestral comum com *Bos taurus* (LOTFUS et al., 1994). No entanto, ambas as subespécies evoluíram de forma separada por centenas de anos e, durante esse período, bovinos de raças zebuínas se adaptaram a ambientes com clima quente e úmido e se alimentando de forragem de baixa qualidade (TURNER, 1980). Em dietas ricas em concentrado ou com altas quantidades de grãos, animais *Bos taurus* consomem mais alimentos em relação às suas exigências de manutenção do que os *Bos indicus*, e assim ganham peso mais rápido e de maneira mais eficiente (KREHBIEL et al., 2000). No entanto, não se sabe ao certo se esta vantagem do taurino sobre o zebuínio, quando submetido a dietas com alto teor de concentrado, ocorre devido às diferenças no tamanho do trato gastrointestinal, produção enzimática, tipo de microbiota ruminal e do pós-rúmen ou se há outras diferenças no metabolismo quanto ao aproveitamento do amido (CAETANO et al., 2015). Dessa forma, pesquisas que avaliam a capacidade de aproveitamento do amido e dietas com alta inclusão de concentrados em

novilhos *Bos indicus* e seus cruzamentos são importantes para os confinamentos em países tropicais, pois grande parte dos animais confinados nesses países são *Bos indicus* ou oriundos do cruzamento destes com raças taurinas. Neste último caso, destaca-se a raça Angus, que no ano de 2014 se tornou a raça com maior número de doses de sêmen comercializados no país (ASBIA, 2014), se tornando assim a principal raça bovina utilizada para cruzamento com os *Bos indicus* no Brasil. Além disso, a utilização do cruzamento de Nelore x Angus tem sido incentivado pela indústria frigorífica.

Carvalho et al. (2016), trabalhando com animais puros Angus e Nelore verificaram que os animais alimentados com uma dieta com grão de milho inteiro e sem volumoso apresentaram maior eficiência alimentar quando comparados àqueles alimentados com uma dieta com inclusão de 30% de silagem de milho e grão moído. No entanto, a queda no CMS foi maior do que a esperada, o que afetou negativamente o ganho médio diário. Portanto, o uso de uma fonte de fibra efetiva poderia aumentar o CMS e assim o ganho de peso dos novilhos em dietas com grão de milho inteiro. Estes autores, verificaram que os animais taurinos foram mais eficientes em relação aos Zebuínos. Carvalho (2015) também verificou que os Angus apresentaram maior capacidade de aproveitamento do amido em comparação aos zebuínos.

Segundo estudo de Harmon (2009), a utilização da energia dietética proveniente do amido é potencialmente limitada no trato gastrointestinal de bovinos e, se faz necessário um melhor entendimento de seu aproveitamento no intestino delgado dos animais. Kreikemeier et al. (1991) mostraram uma hipótese de que a α -amilase pancreática é a fase limitante do aproveitamento intestinal de amido, em função da falta de resposta adaptativa do pâncreas de ruminantes a dietas com alto amido. Além da absorção pós-ruminal do amido ser dependente da digestão, é necessário que ocorra a absorção de glicose pelo epitélio ruminal.

Outro importante ponto a ser considerado quando se utiliza dietas com alto nível de concentrado é a possibilidade de diminuição do pH ruminal. Isso pode levar o animal a um estresse fisiológico (GOZHO et al., 2005), o que pode acarretar em acidose ruminal subaguda, um distúrbio metabólico caracterizado por episódios de pH ruminal entre 5,2 e 5,6 (COOPER e KLOPFENSTEIN, 1996). Além disso, bovinos com acidose subaguda podem absorver lipopolissacarídeos livres (LPS), uma endotoxina bacteriana do rúmen que pode afetar o desempenho dos animais (NAGARAJA et al., 1978; KHAFIPOUR et al., 2009).

A presença de LPS na corrente sanguínea resulta na produção de citocinas pró-inflamatórias como o fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) (MURATA et al., 2004; CARROLL e FORSBERG, 2007; ABBAS, 2015), que afeta a resposta metabólica e o

desempenho dos animais (BAUMANN e GAULDIE, 1994). Quando liberados em grandes quantidades, estes mediadores conduzem a uma resposta imunológica (MURATA et al., 2004; COOKE e BOHNERT, 2011).

Diante do que foi descrito acima, esta pesquisa apresenta a hipótese que novilhos alimentados com dieta de grão de milho inteiro, com inclusão de bagaço de cana, apresentam maior CMS e ganho médio diário, comparado a uma dieta sem inclusão de bagaço, sem afetar as características de carcaça e eficiência alimentar. Além disso, novilhos Nelore x Angus apresentam melhor eficiência alimentar, características de carcaça e maior digestão total do amido, do que novilhos Nelore. Para comprovar esta hipótese, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho, as características de carcaça, a digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total e a atividade da α -amilase pancreática em novilhos Nelore e Angus x Nelore terminados em confinamento e alimentados com dietas com grão de milho inteiro, com ou sem a inclusão de bagaço de cana.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Cruzamento

Em 2016 o rebanho bovino de corte brasileiro alcançou 219 milhões de animais, com abate de 36,9 milhões de cabeças e com uma produção de 9,14 milhões de toneladas equivalente carcaça (TEC), vinte por cento dessa produção foi exportado e 80% abasteceu o mercado interno, garantindo um consumo de cerca de 36 quilos de carne bovina por habitante (ABIEC, 2017). Impulsionado pelo uso do cruzamento entre raças zebuínas e europeias que ganhou força na cadeia produtiva de carne bovina, incrementando a produtividade do rebanho e a qualidade da carne. Segundo a Associação Brasileira de Inseminação Artificial – ASBIA (2016), em 2015, as raças Nelore e Angus foram responsáveis por 82,14% do total de doses de sêmen vendidas no país (38,14% e 44,0%, respectivamente), totalizando mais de 6,2 milhões de unidades, e segundo estudo de Oliveira e Millen (2014), 55,2% dos animais terminados são oriundos de cruzamentos, mostrando a importância das raças taurinas para a bovinocultura de corte brasileira.

O Angus um representante das raças britânicas, comparativamente com as raças continentais, caracteriza-se por terem menor tamanho quando chegam à idade de maturidade e são mais precoces entrando na puberdade mais cedo. A consequência desta precocidade demonstrada é a maior quantidade de gordura intramuscular e de cobertura depositada até à

idade de abate. Por sua vez, as raças continentais, têm uma maior taxa de crescimento, originando animais de maior porte e estatura muscular com peso vivo mais elevado. Isso também se reflete no maior tamanho à maturidade, apesar de alcançarem a puberdade mais tardiamente. Produzem carcaças e carnes mais magras, com menor grau de acabamento e de gordura intramuscular, mas com maiores pesos e melhores rendimentos dos cortes (SILVA, 2017).

Como em vários outros países produtores de carne, no Brasil, a utilização dos cruzamentos é devido ao aumento da eficiência de produção que pode ser promovido pela heterose e pela complementaridade entre as raças utilizadas no cruzamento.

O cruzamento simples ou “industrial” é o cruzamento de primeira geração, que envolve o acasalamento de duas raças puras com produção, na primeira geração de mestiços ou F1 (ARTMANN et al., 2014). O nível mais alto de heterose individual é sempre visto na geração F1, mas infelizmente o nível sempre diminui nas gerações subsequentes (WAKCHAURE et al., 2015). Geralmente, machos e fêmeas resultantes deste sistema são destinados ao abate, havendo assim, necessidade de se reservar uma parcela do rebanho puro de fêmeas para a produção de fêmeas de reposição. Existe um consenso de que a composição genética obtida na geração F1 é aquela que oferece resultados econômicos mais vantajosos em função da expressão máxima da heterose (ROSO e FRIES, 2000).

A superioridade dos animais cruzados em relação à média da contribuição paternal de raças puras (heterose) decorre da heterozigose e da possibilidade de complementaridade entre as raças. Sendo que, características menos herdáveis, como aquelas relacionadas a reprodução, respondem melhor ao cruzamento devido a ação gênica não-aditiva (ROSO & FRIES, 2000).

Existem três tipos principais de heterose: a heterose individual é a melhoria no desempenho individual pelo animal mestiço, acima da média de seus pais. Já a heterose materna é a vantagem da mãe mestiça sobre a média das mães de raça pura. E a heterose paterna é a vantagem de um touro mestiço sobre a média de touros puros (WAKCHAURE et al., 2015).

Segundo Sheridan (1981), as teorias formuladas para explicar as bases genéticas da heterose são a teoria da dominância, sobredominância e epistasia. Na teoria da dominância, a maioria das mutações são recessivas e os genes recessivos têm mais efeitos desvantajosos do que vantajosos, notadamente para as características favorecidas pela heterose: viabilidade, sobrevivência, fertilidade etc. Por outro lado, os genes dominantes, em geral, têm efeitos favoráveis, gerando vigor, enquanto que os recessivos tendem a reduzi-lo. Devido ao fato do

vigor ser influenciado por muitos genes, é pouco provável que um animal seja portador de todos estes genes dominantes em homozigose. Pais pouco relacionados têm maior possibilidade de contribuírem diferentemente com genes dominantes para a sua progênie, aumentando assim o vigor híbrido, caso da geração F1.

A teoria da sobredominância sugere que o heterozigoto é superior a qualquer um dos homozigotos. Pode ser facilmente visualizada na aceitação de que, no heterozigoto, ambos os genes podem competir, um com o outro, para a determinação do fenótipo. Na maioria dos casos, o alelo dominante manifesta o fenótipo a qual ele expressa. Outra versão desta teoria é de que o híbrido é mais adaptável e produtivo, porque tem maior versatilidade bioquímica, com maior número de genes e diferentes tipos de sistemas enzimáticos. Haveria assim uma complementaridade fisiológica (SHERIDAN, 1981).

Em geral, as teorias de dominância e sobredominância têm as mesmas expectativas teóricas que resultam em decréscimo do vigor com a endogamia e ganho nos cruzamentos. Por outro lado, na teoria da epistasia supõe-se que haja interação entre genes alélicos. A interação entre genes de loci diferentes resultaria em um efeito mais favorável do que aqueles situados no mesmo *locus*. A heterose, neste caso, pode ser o resultado da interação de diferentes genes de qualquer uma das duas raças paternas (SHERIDAN, 1981).

2.2. Desempenho e características de carcaça

A cadeia produtiva da carne busca hoje, principalmente para alguns mercados, um produto de maior qualidade, já que grupos de consumidores estão cada dia mais informados. Dessa forma, a redução de idade de abate dos animais, a uniformidade das carcaças, a cobertura de gordura, o marmoreio e a padronização de cortes são importantes para assegurar a qualidade do produto final (BRUNO et al., 2013).

O rebanho bovino brasileiro é constituído principalmente da raça Nelore, que possui boa adaptação ao ambiente tropical. Porém, em alguns casos, apresentam menores índices de produtividade, enquanto melhores resultados de desempenho podem ser obtidos com cruzamento e nutrição adequada (LEME et al., 2003). Nos cruzamentos industriais, normalmente, tem-se recomendado o uso de touros *Bos taurus*, que apresentam excelente ganho de peso e boa qualidade de carcaça. Quanto maior a distância genética entre as raças trabalhadas no cruzamento, maior será a complementariedade racial produzida (ARTMANN et al., 2014).

Animais *Bos taurus* apresentaram maior consumo de matéria seca (CMS) em relação aos seus requerimentos de manutenção, do que *Bos indicus*, podendo assim, ter maior ganho de peso e serem eficientes (KREHBIEL et al., 2000). Isso geralmente ocorre em condições de alimentação *ad libitum*, como em confinamentos ou em pastagens de boa qualidade. Utley e McCormick (1975) observaram que os animais europeus, na mesma faixa de peso do Nelore, recebendo apenas milho grão inteiro apresentaram maior eficiência alimentar (135 e 116 g ganho/kg MS, respectivamente). Carvalho et al. (2016) também encontraram que tourinhos Angus foram mais eficientes que o Nelore. Neste estudo as dietas continham 70% de concentrado, chegando até 100%.

A eficiência alimentar só pode ser monitorada durante o período de confinamento, quando é mensurado o CMS e GMD (JANCEWICZ, 2017). Sendo que, melhorar a eficiência alimentar tem um impacto maior na redução dos custos de insumos e no aumento da lucratividade em geral, do que simplesmente aumentar o GMD. Estudos com confinamentos demonstraram que uma melhoria de 10% na eficiência alimentar retornou um aumento de 43% nos lucros, enquanto uma melhoria de 10% no GMD aumentou os lucros em apenas 18% (FOX et al. 2001).

As variáveis de desempenho e CMS são as que mais chamam atenção, em dietas com alta concentração energética. Como relatado por Oliveira e Millen (2014) o CMS em relação ao peso vivo está na ordem de 2,0 e 2,8% para bovinos Nelore e cruzados, respectivamente. Porém em estudo com tourinhos Nelore e Nelore x Angus, Watanabe (2016) concluiu que, o CMS em relação ao peso vivo foi maior para ambos os grupos genéticos (2,53 vs. 3,07%), respectivamente. Sendo que, o maior consumo apresentado pelos animais Angus x Nelore se dá pelo fato de que animais com algum grau do genótipo *Bos taurus* tem maior exigência de energia líquida de manutenção (ELm) e, sendo assim, possuem a necessidade de maior consumo de energia via dieta para supri-la. Portanto, devido ao maior CMS, era esperado e também foi encontrado maior GMD para tourinhos Nelore x Angus, neste trabalho. Porém, Marcondes et al. (2016), não encontraram diferenças na estimativa da ELm entre animais Nelore e cruzados, diferença está encontrada apenas na sua eficiência de utilização.

Dentro das características de carcaça, a deposição de gordura subcutânea ou gordura de cobertura está entre as características mais importantes (MENEZES et al., 2005). Para o grau de acabamento das carcaças, os principais frigoríficos exigem carcaças com determinado padrão de espessura de gordura subcutânea. O valor mínimo de 3 mm é exigência dos frigoríficos no Brasil, pois a gordura de cobertura da carcaça atua como isolante térmico, evitando a perda de líquidos durante o resfriamento e encurtamento pelo frio

(MAGNABOSCO et al., 2009). Oliveira et al. (2009), avaliando as características de carcaça de tourinhos terminados em confinamento dos grupos genéticos Nelore e Canchim, verificaram maior espessura de gordura para os animais da raça Nelore em comparação a raça Canchim (5,50 mm contra 3,20 mm), demonstrando superioridade dos animais do grupo genético Nelore para essa característica. Contudo, no estudo de Lopes et al. (2012), comparando novilhos das raças Red Norte e Nelore, os valores de espessura de gordura foram similares entre os grupos genéticos estudados. Carvalho et al. (2016), trabalhando com tourinhos Nelore e Angus e com dietas energéticas, encontrou que a espessura de gordura nos animais Angus foi superior aos Nelore, concluindo que isso ocorreu porque os animais da raça Angus são mais precoces e apresentaram maior CMS em relação aos animais Nelore.

Silva et al. (2015), estudando as características de carcaça de tourinhos com predominância genotípica Angus e Nelore, terminados em confinamento, verificaram que os animais com predominância genética Nelore apresentaram maior rendimento de carcaça do que os animais com predominância genética Angus. Por outro lado, Pereira et al. (2009) encontraram maior peso de carcaça quente (7,73%) para animais Angus x Nelore em relação aos animais do genótipo Nelore, porém, não houve diferença no rendimento de carcaça entre os grupos sanguíneos. Mesquita et al. 2016, trabalhando com grupos genéticos de bovinos mestiços, observou que o grupo $\frac{1}{4}$ Nelore $\frac{1}{4}$ Angus $\frac{1}{2}$ Guzará atingiu um maior peso na época do abate (8,7% maior), provavelmente devido ao maior GMD no confinamento. Contudo, houve maior rendimento de carcaça para o grupo $\frac{1}{2}$ Nelore $\frac{1}{2}$ Angus.

A característica de área de olho de lombo (AOL) apresenta relação com a musculabilidade e é usada como indicadora de rendimento dos cortes de alto valor comercial, apresentando correlação positiva com a porção comestível da carcaça (LUCHIARI FILHO, 2000). Pereira et al. (2009) afirmaram que animais do cruzamento entre europeus e zebuínos apresentam maiores valores de AOL e que esse fato comprova a eficiência do cruzamento sobre o aumento da musculabilidade.

Menezes et al. (2005) estudaram as características de carcaça de novilhos Charolês e Nelore, $\frac{3}{4}$ Charolês, $\frac{3}{4}$ Nelore, $\frac{5}{8}$ Charolês, $\frac{5}{8}$ Nelore, $\frac{11}{16}$ Charolês e $\frac{11}{16}$ Nelore, terminados em sistema de confinamento e abatidos aos dois anos de idade e observaram efeito genético aditivo da raça Charolês para deposição de músculo e maior potencial dos novilhos com predomínio Nelore na deposição de gordura na carcaça. No mesmo estudo, os autores encontraram heterose positiva para o rendimento de carcaça indicando que os mestiços eram superiores aos animais da raça Nelore. Arrigoni et al. 2004, trabalhando com três grupos genéticos, Angus x Nelore, Canchim x Nelore e Simental x Nelore encontraram

que o GMD, o rendimento de carcaça e a AOL não apresentaram diferença entre os grupos genéticos, porém os mestiços Angus apresentaram maior EGS (ARRIGONI et al., 2004).

2.3. Dietas

2.3.1. Dietas de milho grão inteiro

A alimentação é responsável pela maior parte dos custos de produção em sistemas de confinamento e entre as variáveis que influenciam mais o custo com alimentação, está a fonte de energia, que normalmente é milho (TURGEON et al., 2010). Em sistemas intensivos de produção de gado de corte, o milho representa importante fonte de energia, sendo esse o grão de cereal mais utilizado em dietas de terminação nos confinamentos brasileiros (OLIVEIRA e MILLEN, 2014).

O uso de dietas com milho grão inteiro é relativamente recente no Brasil, porém é conhecida nos EUA desde a década de 70 (OWENS e ZINN, 2005). No Brasil, essa técnica começou a ser mais explorada na região Centro-Oeste e Norte, onde houve grande expansão da cultura a um baixo custo de produção. A proposta da dieta com milho grão inteiro é eliminar os custos com o processamento, baixar os custos operacionais do confinamento, com diminuição da mão de obra, desperdício de alimentos, investimento em máquinas e instalações e tempo de terminação dos animais (MAIA FILHO et al, 2016). O milho grão inteiro pode ser utilizado para aplicações específicas, tais como rações de terminação, situações com limitação de alimentos, e quando a forragem é inferior a 5% da dieta (MARTINS, 2013). Neste caso, a disponibilidade de milho a um preço baixo, de preferência próximo aos centros produtores viabiliza a prática desta dieta que chega a apresentar 85% deste insumo em sua formulação.

Como não é processado, o milho inteiro tem taxa mais lenta e menor extensão da digestão do amido ruminal, quando comparado com o milho processado por flocculação ou moído (BRITTON e STOCK, 1987). A mastigação é importante para a digestão da matéria seca e amido, pois a fermentação ruminal não se inicia enquanto a camada que protege o grão não é rompida (GOROCICA-BUENFIL e LOERCH, 2005). Essa camada protetora pode ser rompida pela mastigação durante o fornecimento da dieta ou pelo processo de ruminção. Uma vez que a mastigação reduz o tamanho das partículas, libera nutrientes solúveis para a fermentação, expõe o interior do alimento para a colonização bacteriana e hidrata a ingesta

durante a salivacão, resultando em maior facilidade para a digestão (BERCHIELLI et al., 2011).

Beauchemin et al. (2001), ao coletarem amostras de extrusão de milho fornecido inteiro, observaram que um número limitado de grãos é deglutido inteiro, sendo detectado danos físicos substanciais aos grãos. Contudo, mesmo que alguns grãos sejam deglutidos inteiros, durante a ruminação terão grande chance de sofrerem alteração física, permitindo que ocorra a digestão microbiana no rúmen. Consta também, que o tempo de mastigação foi maior para o milho grão inteiro do que para a cevada ou trigo, e todos os grãos de milho foram danificados após a mastigação, sendo que a maioria dos grãos foram quebrados em pedaços pequenos, reduzindo assim a necessidade do processamento físico.

Segundo Stock et al. (1990), as taxas de fermentação são menores quando se utiliza o grão de milho inteiro, devido ao maior tamanho de partículas. De acordo com Murphy et al. (1994), o grão inteiro pode desempenhar um papel em substituição ao volumoso nas dietas de terminação, controlando a taxa de fermentação ruminal. Esse papel desempenhado pelo milho grão inteiro é muito importante para evitar desordens metabólicas.

Dietas com grão de milho inteiro apresentam maior energia metabolizável e maior eficiência alimentar quando comparado a dietas com milho laminado ou pouco processado (OWENS et al., 1997). Essa maior eficiência energética das dietas de grão de milho inteiro pode ser atribuída pela baixa porcentagem de volumoso ou pela ausência de volumoso utilizado. Quando se utiliza maior inclusão de volumoso na dieta, sua qualidade pode interferir na disponibilidade de energia metabolizável o que poderia diminuir a eficiência energética das dietas de alto concentrado (TURGEON et al., 2010).

Numa compilação de 12 trabalhos, Krehbiel et al. (2006) observaram que os menores níveis de energia metabolizável foram encontrados em dietas com 52 a 68% de grãos e uma média de 21,6% de volumoso. E em 43 trabalhos, os melhores resultados foram encontrados em dietas com 79 a 91% de grãos e média de 7,4% de volumoso, sendo que destes 43 trabalhos, 10 trabalharam sem volumoso na dieta.

Mandarino et al. (2013), em estudo desenvolvido com animais zebuínos (Nelore e Nelore x Brahman) recebendo três dietas, sendo duas exclusivas de concentrado (concentrado peletizado e milho grão inteiro e pellet-proteico) e uma convencional com silagem de milho como volumoso, constataram que o tratamento com dieta exclusiva de concentrado peletizado apresentou o menor ganho de peso (0,95 kg/dia), seguido pela dieta de milho grão inteiro e pellet (1,25 kg/dia) e a dieta convencional (1,55 kg/dia). Já em relação a eficiência alimentar, consumo de matéria seca e rendimento de carcaça não houve diferença entre os tratamentos.

Porém, avaliando a economicidade das mesmas dietas, estes autores demonstraram que a dieta grão de milho inteiro e *pellet* teve viabilidade técnica e principalmente econômica para bovinos de corte em terminação. Nesse estudo, o indicador econômico margem líquida foi semelhante entre as dietas convencional e grão de milho inteiro e *pellet*, fato explicado pela semelhança da eficiência alimentar de ambas, apesar do menor ganho médio diário desta.

Carvalho et al. (2016), trabalhando com 2 dietas (30% volumoso:70% concentrado ou 85% grão de milho inteiro e 15% pellet-proteico) encontraram que a dieta com grão de milho inteiro apresentou menor CMS e GMD. Porém, esta dieta promoveu maior eficiência alimentar. Corroborando com resultados encontrados por Turgeon et al (2010), que constataram que o uso de dietas contendo milho inteiro sem volumoso tende a diminuir o ganho médio diário e o consumo de matéria seca (kg/bovino/dia) em novilhos em terminação, mas melhorando a eficiência alimentar e aumentando a energia líquida para ganho de peso.

É imprescindível colocar que a dieta grão de milho inteiro só alcançará seus objetivos se alguns fatores forem respeitados, como seu período de adaptação, sanidade e genética dos animais, qualidade da matéria prima utilizada para produção dos pellets, bem como do milho utilizado. Segundo Carvalho et al. (2016), deve-se ter especial cuidado na gestão da alimentação durante a adaptação e ao longo do confinamento para evitar distúrbios digestivos e flutuações no CMS.

2.3.2. Inclusão de volumoso em dietas de milho grão inteiro

Os alimentos volumosos são aqueles de baixo teor energético, com menos de 60% dos nutrientes digestíveis totais (NDT) e com teores de fibra bruta maiores de 18%, podendo serem divididos em secos e úmidos. A fibra é um elemento essencial na dieta para as espécies herbívoras, sendo importante para a função ruminal normal de ruminantes (VAN SOEST et al., 1994). Para se ter uma fibra de qualidade na dieta de ruminantes, esta tem que possuir características que variam de acordo com o seu tamanho de partícula, capacidade de ser fermentada e de estabilizar o pH ruminal. Sendo que na formulação para ruminantes, a medida de referência utilizada é a fibra em detergente neutro (FDN) (VAN SOEST et al., 1991b).

Para se manter um adequado pH ruminal, possibilitando uma maior digestão da fibra e crescimento microbiano, propiciando uma melhor ruminação e fermentação dos grãos. Sendo que, o maior crescimento microbiano propicia um maior fluxo de proteína metabolizável para

o intestino, aumentando o aporte de energia para o animal, contribuindo para um melhor desempenho.

O uso de FDN como medida única de fibra apresenta um problema para forragens processadas de formas diferentes (forragem moída finamente) e para subprodutos fibrosos (ARMENTANO e PEREIRA, 1997). Segundo estes autores, os dois tipos de alimentos contribuem para o teor de fibra da dieta, mas a contribuição deles para o fluxo de saliva e para o pH ruminal é menor do que a contribuição de uma quantidade igual de fibra proveniente de forragens com partículas grosseiras ou longas. A FDN é digerida mais lentamente que o amido, com isso a inclusão de forragem em dietas de alto amido diminui a taxa de digestão de carboidratos no rúmen. A diminuição da taxa de digestão de carboidratos diminui a taxa de produção de AGV, prevenindo grandes quedas no pH ruminal. A inclusão de fibra também pode alterar o local de digestão do amido, do rúmen para o intestino, o que diminui o potencial de acidose ruminal (NASEM, 2016).

Para incluir informações sobre tamanho de partícula em formulações de dietas, o conceito de FDN fisicamente efetivo (FDNfe) tem sido utilizado. Sendo este correspondente às propriedades físicas da FDN (principalmente tamanho de partículas) de um alimento, que estimulam a mastigação e estabelecem uma estratificação bifásica do conteúdo ruminal, contribuindo para a formação de uma camada flutuante de partículas grandes, denominadas de *mat ruminal*, sobre um pool de líquido e de partículas pequenas (MERTENS, 1997). Assim sendo, o valor de FDNfe dos alimentos está relacionado à concentração de FDN e à variação no tamanho de partícula, sendo estes fatores críticos para estimular a ruminação e a motilidade do rúmen. Fox e Tedeschi (2002) recomendam de 7 a 10% de FDNfe na dieta de bovinos em confinamento para manter o pH ruminal médio acima de 5,7, mas as dietas comerciais de confinamentos são formuladas frequentemente abaixo dessa recomendação para o FDNfe (NASEM, 2016).

Em confinamentos americanos, volumosos são incluídos entre 0 a 13,5% na matéria seca (MS) da dieta total (OWENS e ZINN, 2005) para manter um ambiente ruminal saudável e diminuir incidência de desordens digestíveis como acidose, abscessos hepáticos e laminites. Segundo pesquisa de Oliveira e Millen. (2014), os confinadores brasileiros estão utilizando dietas com nível médio 79% de concentrado. Porém, diversos produtores têm realizado alterações no sistema de produção de bovinos em confinamento, utilizando dietas com maiores proporções de concentrado, em detrimento a altos níveis de volumoso, em busca de redução do tempo necessário para terminação dos animais para abate. Além disso, a logística

de produção e distribuição de forragem é uma restrição complicadora (MAIA FILHO et al., 2016).

De fato, níveis mais baixos de forragem na dieta geralmente resultam em melhor eficiência alimentar (EA), maior rendimento de carcaça e menor custo de alimentação em confinamentos (BROWN et al., 2006). A inclusão de forragem em dietas contendo milho grão inteiro aumenta CMS com impacto limitado no ganho médio diário (GMD), conseqüentemente, a adição de forragem diminui a EA dos animais em confinamento (LOERCH e FLUHARTY, 1998; MARQUES et al., 2016).

Marques et al. (2016), trabalhando com 96 tourinhos da raça Nelore em dietas contendo grão de milho inteiro com diferentes níveis de volumoso (0, 3, 6% de bagaço de cana), observaram aumento do CMS, com o aumento de 3% e 6% de volumoso na dieta (8,42 para 10,51 kg MS e 10,16 kg MS, respectivamente). Trabalhando também com dieta de grão de milho inteiro com inclusão de níveis de volumoso peletizados (0, 5 e 12% da MS), Contadini et al. (2017) encontraram que o GMD, CMS e a EA das dietas com 5 e 12% de volumosos foi maior quando comparado à dieta 0%. Portanto, quando se utiliza maior inclusão de volumoso na dieta, a qualidade desta pode interferir na disponibilidade de energia metabolizável o que poderia diminuir a eficiência energética das dietas de alto concentrado. Dependendo do tipo de grão, processamento e nível de inclusão de volumoso na dieta, aumenta-se ou diminui a digestibilidade do amido e o aproveitamento da energia metabolizável disponível (GOROCICA-BUENFIL e LOERCH, 2005).

2.4. Comportamento ingestivo

Na produção e nutrição de ruminantes, os estudos de comportamento alimentar são de fundamental importância, tendo em vista que existem interações entre animal e o meio onde vivem (RÊGO et al., 2014). É essencial para a obtenção de condições ótimas de criação que o comportamento alimentar seja adequado para se obter o máximo de eficiência da produção (SWENSON e DUKES, 1988). Segundo Dado e Allen (1995), o comportamento ingestivo do animal é constituído pelos tempos de alimentação, ruminação, ócio e eficiência de alimentação e ruminação.

Além disso, o controle do consumo de alimentos está diretamente relacionado ao comportamento ingestivo (CHASE et al., 1976). O consumo diário de alimentos é influenciado pelo número de refeições consumidas por dia, pela duração das refeições e pela taxa de alimentação, ou seja, a velocidade em que cada refeição é feita. Sendo que, cada um

deses processos é resultado de uma complexa interação do metabolismo do animal com as propriedades físicas e químicas da dieta (GENTRY et al., 2016).

A atividade de mastigação está associada à taxa de secreção salivar, à solubilização de componentes do alimento e à quebra de partículas, facilitando os processos de colonização dessas partículas pelos microrganismos ruminais e de digestão, o que influencia a taxa de passagem, o tempo de retenção e, conseqüentemente, a digestibilidade dos alimentos (DADO e ALLEN, 1995). Os períodos gastos com a ingestão de alimentos são intercalados com um ou mais períodos de ruminação ou de ócio. O tempo gasto em ruminação é mais prolongado à noite, mas os períodos de ruminação são ritmados também pelo fornecimento de alimento. O tempo total de ruminação pode variar de quatro até nove horas, sendo dividido em períodos de poucos minutos a mais de uma hora. A atividade de ruminação pode ocorrer com o animal em pé ou deitado, sendo que esta última posição demonstra uma condição de conforto e bem-estar (DADO e ALLEN, 1995). No entanto, existem diferenças entre indivíduos quanto à duração e à repartição das atividades de ingestão e ruminação, que parecem estar relacionadas ao apetite dos animais, a diferenças anatômicas e ao suprimento das exigências energéticas ou repleção ruminal, influenciadas pela relação volumoso:concentrado (FISCHER et al., 1998).

As propriedades físicas e químicas da dieta influenciam o tempo gasto pelo animal na atividade de ruminação, sendo proporcional ao teor de fibra das dietas (VAN SOEST, 1994). O tempo de ruminação difere entre alimentos concentrados e volumosos, sendo menor para concentrados e alimentos finamente triturados ou peletizados quando comparado ao mesmo alimento *in natura*.

O aumento da eficiência alimentar com a inclusão de 5% de feno na dieta, comparado aos tratamentos com 0 e 12% de forragem, pode ser atribuído a um maior estímulo da mastigação e também da ruminação, aumentando a ação física sobre os grãos de milho inteiro melhorando o ambiente ruminal e aumentando a eficiência energética da dieta, conforme foi descrito na revisão de vários estudos realizado por Owens et al. (1997). Por outro lado, rações contendo elevados teores de concentrado e menores níveis de fibra também podem resultar em menor consumo de MS, uma vez que as exigências energéticas dos ruminantes poderão ser atingidas com menores níveis de consumo (GONÇALVES et al., 2001).

O CMS pode ser controlado por vários fatores que variam de acordo com a situação, o que pode estar ligado ao animal, ao alimento e a fatores ambientais e de manejo, como tempo de acesso ao alimento, frequência de alimentação e comportamento ingestivo (VAN SOEST, 1994). Desta forma, com alimentação mais frequente, o CMS seria mais uniforme com as

atividades de ingestão e ruminação mais distribuídas ao longo do dia, o que aliviaria as flutuações de pH e minimizaria o surgimento de distúrbios digestivos (BEVANS et al., 2005).

Silva et al. (2018), avaliando as frequências de alimentação no desempenho de animais em confinamento, encontraram que, à medida que houve aumento na frequência de alimentação, aumentou o CMS, o tempo gasto ruminando e o tempo gasto em ócio, afetando também o consumo de FDN e a relação de ingestão de FDN:CMS. Sendo as taxas de alimentação de MS e FDN úteis para avaliar o quão rápido os animais consomem a alimentação oferecida.

Sarti et al. (2007) estudaram bovinos confinados com diferentes graus de sangue Zebu e relataram que à medida que o nível de concentrado na dieta aumentou e o teor de FDN diminuiu, animais com maior proporção de sangue europeu se mostraram mais eficientes tanto na ruminação da matéria seca quanto da FDN. Segundo Owens et al. (1997), volumosos em dietas de alto grão devem ter partículas grandes para estimular a mastigação e o fluxo de saliva para o tamponamento ruminal.

2.5. Digestão do amido

O amido é o principal componente energético dos grãos. Sendo que o milho e sorgo contém 72% da MS como amido (HUNTINGTON, 1997). O local e a dimensão da digestão do amido no trato gastrointestinal podem ser influenciados pelo tipo de grão, tamanho da partícula do grão (NOCEK e TAMMINGA, 1991) e nível de forragem (GALYEAN e DEFOOR, 2003; MARQUES et al., 2016). A digestão ruminal do amido é alta para muitos tipos de grãos (ALLEN, 2015), sendo os grãos de milho e sorgo os mais utilizados nos sistemas de confinamentos no Brasil. Muitos fatores podem alterar a taxa de digestão do amido como, área de superfície exposta, vitreosidade dos grãos e o tempo de digestão ruminal (HOOPER E WELCH, 1985). A digestibilidade aparente do amido no trato total geralmente varia de 90 a 100% da ingestão de amido. A digestão ruminal do amido varia de 75 a 80% da ingestão de amido e não é muito afetada pela ingestão em uma faixa de 1 a 5 kg de amido/dia (HUNTINGTON et al., 2006). Owens e Basalan (2013), apresentaram valores de 78,1, 57,8 e 90,8% para digestibilidade ruminal, pós-ruminal e total, respectivamente, para o grão de milho tipo dentado fornecido inteiro para o animal. Carvalho (2015), trabalhando com milho do tipo duro também fornecido inteiro encontrou valor de 92,8% para a digestibilidade total do amido.

Os grãos de milho dentado/farináceo são mais degradados no rúmen, do que grãos de milho de textura dura e alta vitreosidade (CORRÊA et al., 2002). A maioria dos híbridos brasileiros são de textura dura, caracterizado com endosperma *flint*. O aumento da vitreosidade está associado à diminuição da degradação ruminal do amido (PHILIPPEAU, LANDRY e MICHALET-DOUREAU, 2000). Corrêa et al. (2002), compararam híbridos de milhos cultivados no Brasil e nos Estados Unidos e os híbridos brasileiros apresentaram maior vitreosidade que o mais vítreo dos EUA. Foi observada correlação negativa alta entre vitreosidade e degradabilidade ruminal do amido.

O amido é formado por dois polímeros de glicose, a amilose, um polímero longo e linear, com cerca de 99% das ligações α -1-4, e a amilopectina, uma molécula maior que a amilose, mais insolúvel, com ligações α -1-4, e ramificações α -1-6 (TESTER et al., 2014). Desta forma fontes de amido com maiores teores de amilopectina, podem apresentar maior digestibilidade (JOBIM et al., 2003). A digestibilidade do amido do milho é limitada, também, pela matriz proteica, formada principalmente pelas prolaminas-zeína que compreendem de 50 a 60% do total da proteína e aumentam com o avanço da maturidade do grão encapsulando o amido dentro de uma matriz de proteínas hidrofóbicas e impedindo o acesso de enzimas (BUCHANAN et al., 2000). Philippeau et al. (2000) quantificaram a relação entre vitreosidade e concentração de prolaminas-zeína no milho e concluíram que milhos mais vítreos contêm mais prolaminas-zeína do que milhos menos vítreos.

Grandes concentrações de amido nas fezes podem indicar uma provável alteração no local de digestão, passando do rúmen para o TGI posterior. Segundo Huntington et al. (2006), aproximadamente 70% do amido digerido no intestino delgado aparece como glicose na corrente sanguínea. Entretanto, há divergência entre os pesquisadores sobre o local de digestão mais eficiente para o amido. Durante a fermentação ruminal ocorrem perdas por calor e metano (OWENS e ZINN, 2005), enquanto que a digestão no duodeno e jejuno pode não ser plenamente eficiente devido à alta taxa de passagem da digesta, adaptação enzimática na digestão do amido e utilização da glicose pelas vísceras, dentre outros (CHANNON et al., 2004).

Segundo Owens et al. (2016), a eficiência energética com a qual o amido digerido é usado pelos ruminantes varia com o local de digestão do amido, sendo menor para o amido fermentado em AGV no rúmen do que para o amido digerido em glicose, que presumivelmente poderia ser absorvido pelo intestino delgado. A capacidade de digerir o amido no intestino varia de 45 a 85% do amido que entra no duodeno, com essa capacidade aparentemente limitada pela secreção de α -amilase pancreática. A capacidade de transporte

ativo de glicose através da parede intestinal não parece limitar a quantidade de amido digerido que é absorvida como glicose. Para ruminantes que consomem dietas de médio a alto concentrado, cerca de 30% de sua necessidade total de glicose vem da absorção de glicose, 50% da absorção de AGV (substratos para a gliconeogênese hepática) e 20% de outras fontes. Quando a absorção de glicose pelo intestino aumenta, os ruminantes geralmente ajustam (diminuem) a gliconeogênese para satisfazer sua necessidade; essa necessidade está diretamente ligada ao consumo de energia. Em termos de rendimento total de energia metabolizável, o amido de grão é melhor utilizado quando é fermentado no rúmen (HUNTINGTON, 1997). No entanto, como claramente ilustrado por Huntington et al. (2006), o amido que chega ao intestino delgado não é totalmente digerido e qualquer amido residual não digerido alcança o intestino grosso, onde pode novamente ser parcialmente fermentado, mas com uma eficiência energética ainda mais baixa do que para o amido fermentado no rúmen. Sendo que, o amido aparentemente digerido no intestino grosso varia de 44 a 46% do amido que entra no intestino grosso.

Huntington et al. (2006) concluíram que, aumentar a eficiência de uso do amido para suportar maiores ganhos de peso ou maior marmoreio pode resultar do aumento da digestão de amido em um rúmen saudável ou no intestino delgado. Portanto, o principal limitante para o uso de amido dietético para um maior ganho de peso é a digestão e absorção no intestino delgado. Aumento da oxidação da glicose, com maiores consumos de amido pode alterar a eficiência energética, poupando outros substratos oxidáveis, como aminoácidos.

Moharrery et al. (2014) em uma meta-análise sobre a digestão de amido, encontraram que a digestibilidade do amido no intestino delgado foi positivamente, mas não significativamente, correlacionada com digestibilidade do amido no rúmen. No entanto, a fonte de amido afetou a digestibilidade no intestino delgado. Isso indica que fontes de amido de alta digestibilidade possuem alta digestibilidade em todos os compartimentos digestivos, e que há limitada digestão compensatória de amido no trato inferior por fontes de amido com baixa digestibilidade ruminal do amido.

A digestão enzimática do amido no intestino delgado dos ruminantes é muito semelhante à de outras espécies. O pâncreas secreta α -amilase, que hidrolisa a amilose e amilopectina em dextrinas-limite (principalmente da hidrólise de amilopectina) e maltose (HARMON, 1993). No entanto, há hipótese de que a α -amilase pancreática é limitante para a digestão intestinal de amido pelos ruminantes, em função de uma falta de resposta adaptativa do pâncreas em dietas com alto amido (HARMON, 2009). O processo é completado por enzimas que são dissacaridases que estão localizadas na borda em escova das

microvilosidades intestinais e apresentam maior atividade no jejuno e íleo (HUNTINGTON, 1997). No entanto, ao contrário dos não-ruminantes, os ruminantes dependem da atividade da maltase, isomaltase e da glicoamilase para produzir unidades de glicose para absorção. Sendo que, a maltase hidrolisa as moléculas de maltose, enquanto que a isomaltase hidrolisa as moléculas com ligações α 1- 6 nos pontos de ramificações da amilopectina. (HARMON, 1992). Segundo Harmon (1993), a secreção e a produção de enzimas de digestão do amido no intestino respondem mais à quantidade de energia consumida pelo animal do que à quantidade de amido dietético.

Guimarães et al. (2007), avaliando a infusão pós-ruminal de amido e caseína, não observaram mudanças na atividade da maltase ao longo do intestino delgado dos animais, em função dos diferentes substratos. Isto demonstra que a regulação dessas enzimas no intestino apresenta pouca resposta à presença destes substratos no lúmen intestinal (CARVALHO, 2015). Sendo que, neste mesmo estudo encontrou-se maior atividade da maltase na porção central do intestino delgado (região do jejuno), quando comparado à atividade na região do duodeno.

Carvalho (2015) avaliando as atividades das enzimas α -amilase pancreática e maltase em dietas de alto amido, observaram que a atividade da α -amilase pancreática, não teve efeito de dietas. Porém, no duodeno, a atividade da enzima maltase foi maior nos animais alimentados com dieta de alto amido e forragem. O aumento da capacidade máxima para digerir o amido implicaria no aumento da secreção pancreática da α -amilase e (ou) aumento da atividade das dissacaridades intestinais em resposta ao aumento da infusão de amido. Sendo que, a correlação destas pode aumentar, mas não necessariamente em resposta direta, ao aumento do consumo de grãos (HARMON, 1993). O aumento da potência da amilase secretada exigiria algum tipo de interação positiva entre a enzima e seu substrato, ou a proteção da enzima contra a degradação por enzimas proteolíticas que também são secretadas pelo pâncreas (HUNTINGTON, 1997). De acordo com Swanson et al. (2002), pode haver uma relação inversa entre fluxo de amido e expressão do gene que codifica a α -amilase pancreática em ruminantes. Os autores avaliaram o efeito da infusão abomasal de amido parcialmente hidrolisado e caseína e observaram que os animais que receberam amido apresentaram menor expressão de RNAm para a α -amilase e menos síntese e atividade da α -amilase.

Além do que já foi discutido, existem questionamentos relacionados aos benefícios da inclusão de fibra em dietas ricas em concentrado. Na realidade, em dietas de alta energia, aumentos na concentração de fibra (intervalo de 7,5 a 35% de FDN na MS) tendem a

aumentar o consumo (GALYEAN e HUBBERT, 2012), o que resulta em maior taxa de passagem. No entanto quando o CMS é regulado por fatores quimiostáticos o aumento na disponibilidade de energia diminuirá o CMS. Conseqüentemente, o GMD não aumenta à medida que o conteúdo energético da dieta aumenta, embora a eficiência da produção por unidade de alimento deva aumentar (OWENS et al., 2016). Cole et al. (1976) avaliaram a digestibilidade de dietas de milho grão inteiro contendo 0, 7, 14 e 21% de volumoso e constataram os mesmos valores para digestibilidade total do amido nas dietas com 0, 7 e 21%, sendo o menor valor para a dieta contendo 14%. Já a digestão intestinal foi semelhante para as dietas com 0, 7 e 21% de volumoso, sendo menor para o nível de 14%. Essas diferenças são explicadas pela taxa de passagem da digesta pelo rúmen e intestino, que é influenciada pelo tamanho de partícula, causando alterações no tempo de ruminação.

Já Bartle e Preston (1992) alimentaram animais à base de milho grão inteiro com 3 níveis de volumoso: 10% de casca de algodão ao longo do período de terminação; 2% de casca de algodão nos últimos 30 dias; ou 10 % de casca de algodão nos primeiros 58 dias, seguido por 2% de casca de algodão até o abate. De maneira geral, os níveis de volumoso tiveram efeitos mínimos sobre o ganho de peso, o CMS e a eficiência alimentar. Marques et al. (2016) avaliaram a utilização de grão de milho inteiro e a inclusão de três níveis de bagaço de cana in natura (0, 3 e 6% na MS da ração total) e observaram efeito quadrático sobre o consumo de matéria seca, GMD e peso de carcaça quente. Sendo que a inclusão do bagaço, resultou em redução linear do teor de amido fecal e conseqüentemente, aumento na digestibilidade do amido. Porém, não houve efeito na eficiência alimentar. Além disso, a adição de 3% bagaço de cana a dieta de grão de milho inteiro otimizou o desempenho de novilhos da raça Nelore.

2.5.1. Efeito do grupo genético sobre a digestibilidade do amido

A má utilização do amido é uma preocupação no Brasil, uma vez que trabalhos têm demonstrado diferenças na digestão desse nutriente (LANNA et al., 1997; CAETANO, 2008), no consumo (CAETANO et al., 2015) e no desempenho (MILLEN et al., 2015; WATANABE, 2016) de animais Nelore em relação aos taurinos, puros ou cruzados.

Trabalhando com dietas de alto grão, Moore et al. (1975) e Olbrich Jr. (1996) mostraram que animais Brahman apresentaram menor digestibilidade da MS, energia digestível e maior concentração de amido fecal em relação aos europeus. Olbrich Jr. (1996) também mostraram que os animais Brahman alimentados com 40% de concentrado e 60% de

silagem de milho apresentaram desempenho semelhante àqueles alimentados com 15% de silagem e 85% de concentrado, ambos com média de ganho de 1,19 kg/dia.

A quantificação do amido fecal foi sugerida por Owens e Zinn (2005) como estimativa da digestibilidade do amido e do teor de energia líquida de manutenção. As equações descritas por estes autores e por Zinn et al. (2007) para a estimativa da digestibilidade do amido a partir do teor de amido fecal apresentaram R^2 de 0,90 a 0,96. Owens et al. (2016), relataram que a relação da digestão do amido total com a concentração de amido fecal teve tanto efeito linear, quanto quadrático, apresentando R^2 de 0,97. Em estudo realizado por Carvalho (2015), foi encontrada maior digestibilidade do amido em animais Angus (91,1%) em comparação a novilhos Nelore (87,5%), concluindo que os animais Nelore possuem menor capacidade de digestão do amido. Porém, nesse mesmo experimento os tourinhos Nelore apresentaram maior atividade da α -amilase pancreática. Concluindo que, a digestão reduzida de amido em *Bos indicus*, relatada na literatura (OLBRICH Jr., 1996), não ocorre devido a uma baixa atividade da α -amilase.

Caetano (2008) verificou que os teores de amido nas fezes de bovinos de corte confinados no Brasil são médios e consistentes com os níveis de inclusão de amido nas dietas. Todavia, o teor de amido nas fezes de animais de diferentes grupos genéticos, indicam que o Nelore perde 28% mais amido que animais oriundos do cruzamento de zebuínos e taurinos. Olbrich Jr. (1996) também demonstrou haver aumento de até 30% no teor de amido fecal de animais *Bos indicus*, em relação a *Bos taurus*.

Depenbusch et al. (2008) verificaram valores médios de amido fecal de 23% em novilhos cruzados, com uma variação mínima de 1,2% até um máximo de 59,6%. Zinn et al., (2007) fez uma extensa avaliação sobre o uso de amido fecal como indicador da digestibilidade do amido, compilando dados de concentração de amido de 32 ensaios de metabolismo e mostraram valores médios de amido fecal de 5,9% com variação de 0 a 44%. Entretanto, ainda são poucas as pesquisas que descrevem as influências do grupo genético, cruzamentos e a eficiência de absorção do amido.

2.6. Processos inflamatórios

2.6.1. Acidose ruminal

Os bovinos geralmente são capazes de manter o pH ruminal dentro dos limites fisiológicos por sua própria regulação da ingestão, produção de tampão endógeno, adaptação

microbiana e absorção de AGV. No entanto, se a quantidade de carboidrato fermentável consumida resultar em mais produção de ácido do que o sistema pode acomodar, o pH ruminal cai drasticamente (OETZEL, 2007). Quando o pH ruminal cai abaixo do limiar fisiológico de cerca de 5,8, o animal desenvolve acidose ruminal (COOPER E KLOPFENSTEIN, 1996), isso acontece principalmente devido ao acúmulo dos ácidos graxos voláteis (VFA) e lactato no rúmen (CALSAMIGLIA et al., 2012). Embora o pH ruminal seja comumente usado como indicador diagnóstico de acidose, por si só, as estimativas pontuais do pH ruminal são um indicador pobre de acidose (GOLDER et al., 2012).

Os valores de referência para as concentrações normais de lactato no sangue de ruminantes variam entre 0,5 e 2,0 mM (DUNLOP e HAMMOND, 1965). Sendo que, o ácido láctico é um ácido orgânico encontrado naturalmente nas formas enantioméricas, l (+) e d (-) lactato. Em condições fisiológicas no soro, o l (+) lactato predomina em comparação ao d (-) lactato devido ao metabolismo anaeróbico das células de mamíferos (EWASCHUK et al., 2005). Em bovinos, a acidose láctica, primeiramente relatada por Dunlop e Hammond (1965), é produzida por bactérias ruminais durante a ingestão de grandes quantidades de carboidratos altamente fermentáveis com baixa quantidade de fibras. Essa ingestão de carboidratos excessivos é seguida pela proliferação de bactérias produtoras de lactato, como o *Streptococcus bovis*, que metaboliza os carboidratos em lactato [l (+) lactato e d (-) lactato]. Isso leva à acidificação ruminal para um pH cinco ou menor. O baixo pH ruminal resulta em um desequilíbrio das bactérias consumidoras de lactato, favorecendo as bactérias produtoras (OWENS et al., 1998), diminuindo ainda mais o pH ruminal. Com isso, ocorre a acidose ruminal aguda, quando as concentrações de d (-) lactato na corrente sanguínea atingem níveis de 5 mM vs 1,6 mM de l (+) lactato (HARMON et al., 1985). Isso pode ser explicado porque o ácido d (-) lactato é rapidamente absorvido, porém, é metabolizado mais lentamente que o l (+) lactato pelos tecidos bovinos (HARMON et al., 1984). Assim, somente as concentrações sanguíneas de d (-) lactato são encontradas aumentadas em bovinos com acidose ruminal, enquanto o l (+) lactato permanece na faixa fisiológica (EWASCHUK et al., 2005; DUNLOP e HAMMOND, 1965; HARMON et al., 1985).

A inclusão de alimentos fibrosos nas dietas de ruminantes é indicada para atender as exigências mínimas de FDN para manutenção da saúde ruminal, viabilizando a elevação da concentração energética da dieta pelo uso de alta inclusão de amido (RABELO et al., 2008). Armentano e Pereira (1997) relataram que a inclusão de subprodutos fibrosos contribui para o atendimento da FDN total das dietas, porém não estimulam a mastigação quando comparados

a forragens processadas grosseiramente, diminuindo o volume de saliva produzido para tamponar o rúmen.

É bem estabelecido que dietas com alta inclusão de amido e as reduções prolongadas do pH ruminal inferior a 6,0 tem-se o crescimento de bactérias amilolíticas (MACKIE e GILCHRIST, 1979), enquanto as bactérias celulolíticas e a digestibilidade da FDN são simultaneamente reduzidas (RUSSELL e WILSON, 1996; KRAJCARSKI-HUNT et al., 2002). Além disso, a proliferação de bactérias que utilizam lactato ocorre a pH <5,5 (MACKIE e GILCHRIST, 1979). Esses eventos estão ligados a mudanças profundas no padrão de fermentação com proporções crescentes de propionato e, às vezes, butirato (BANNINK et al., 2008). Com base em mudanças na composição e atividade microbiana, um primeiro limite de pH em torno de 5,8 é justificado. Esse limiar coincide com o primeiro limiar de vulnerabilidade do epitélio ruminal porque as primeiras respostas inflamatórias podem ocorrer quando o pH ruminal é menor do que 5,6 por 1 hora (GOZHO et al., 2005).

A LPS é uma endotoxina, principal componente da membrana externa de bactérias gram-negativas (GOZHO et al., 2005). Vários estudos demonstraram que a indução de acidose ruminal através da realização de um desafio nutricional baseado na alimentação de dietas com alta inclusão de grãos aumenta a liberação de LPS no rúmen bovino (NAGARAJA et al., 1978). Nagaraja et al. (1978b) demonstraram que novilhos alimentados com dietas com alto teor de concentrado tinham significativamente maior concentração LPS no fluido ruminal do que novilhos alimentados apenas com feno. Em outro estudo, Andersen et al. (1994) não encontraram tal relação. Foi sugerido que no ambiente ruminal ácido, as mudanças na pressão osmótica podem tornar o epitélio ruminal suscetível a lesão (KLEEN et al., 2003). Estas alterações podem resultar na absorção de LPS ruminal para a corrente sanguínea.

A presença de LPS na corrente sanguínea resulta na produção de várias citocinas pró-inflamatórias, que afetam a resposta metabólica do hospedeiro à inflamação (BAUMANN e GAULDIE, 1994). Quando liberados em grandes quantidades, estes mediadores conduzem a uma resposta de fase aguda (BUSTAMANTE et al., 2015). Danos na parede ruminal causados por acidose aumentam ainda mais a translocação de LPS ruminais para a corrente sanguínea, resultando em respostas inflamatórias mais agudas (TOEFNER et al., 2005).

Sendo assim, a principal maneira pela qual o sistema imune lida com as infecções e lesões teciduais é estimulando a inflamação aguda, que é o acúmulo de leucócitos, proteínas plasmáticas e fluido derivado do sangue em tecido extra vascular no local de infecção ou

lesão. A inflamação aguda pode se desenvolver em minutos a horas e durar vários dias. A inflamação crônica é um processo que demora mais do que a inflamação aguda, caso a infecção não for eliminada ou se a lesão tecidual for prolongada. Os locais de inflamação crônica frequentemente também passam por remodelamento tecidual, com angiogênese e fibrose. Embora o estímulo imune inato possa contribuir para a inflamação crônica, o sistema imune adaptativo também pode estar envolvido porque as citocinas produzidas pelas células T são potentes indutores da inflamação (CARROLL e FORSBERG, 2007).

2.6.2. Resposta de Fase Aguda (RFA)

A RFA resume-se a um componente do mecanismo de defesa do sistema imune inato quando o animal é exposto a algum tipo de infecção, inflamação ou estresse (CARROLL e FORSBERG, 2007). O estímulo fisiológico inicial da RFA caracteriza-se principalmente pela liberação de algumas citocinas pró-inflamatórias (IL-1, IL-6, IL-7 e TNF) desencadeadas por macrófagos localizados no local da infecção ou inflamação. Esse aumento considerável de citocinas é um dos principais responsáveis pelo aumento da síntese e liberação das proteínas de fase aguda (PFA) (MURATA et al., 2004; CARROLL e FORSBERG, 2007).

Diferentemente dos hormônios clássicos, as citocinas não são armazenadas como moléculas pré-formadas e atuam especialmente por mecanismo parácrino (em células vizinhas) e autócrino (nas próprias células produtoras) (LIN et al., 2000; SOMMER e WHITE, 2010). Diferentes tipos de células podem secretar a mesma citocina, e uma única citocina pode agir em diversos tipos de células, fenômeno denominado pleiotropia. As citocinas influenciam a atividade, a diferenciação, a proliferação e a sobrevivência da célula imunológica, assim como regulam a produção e a atividade de outras citocinas, que podem aumentar (pro-inflamatórias) ou atenuar (anti-inflamatórias) a resposta inflamatória (SOMMER e WHITE, 2010). Dentre as consideradas pro-inflamatórias, temos as Interleucinas (IL) 1, 2, 6, 7, interferons (IFN) e fatores de necrose tumoral (TNF). As anti-inflamatórias são IL-4, IL-10 e IL-13 (CURFS et al., 1997). As citocinas são mediadores necessários para conduzir a resposta inflamatória aos locais de infecção e lesão, podendo favorecer a cicatrização apropriada da ferida. No entanto, a produção exagerada de citocinas pro-inflamatórias a partir da lesão pode manifestar-se sistemicamente com instabilidade hemodinâmica ou distúrbios metabólicos. Podendo estes efeitos serem minimizados por citocinas anti-inflamatórias (SOMMER e WHITE, 2010).

O TNF α , também conhecido como caquetina, é uma citocina pro-inflamatória produzida principalmente por monócitos ou macrófagos e linfócitos-T, que são abundantes no peritônio e no tecido esplâncnico. É uma citocina pleiotrópica envolvida na patogênese de uma série de processos fisiológicos que controlam a inflamação, as respostas antitumorais e a homeostase do sistema imune (CROFT, 2009; MEHTA et al., 2018). Também está presente nos neurônios e células da glia, desempenhando funções importantes tanto na hiperalgesia inflamatória quanto na neuropática. O nome desta citocina deriva de sua identificação original como uma substância sérica (fator) que causava necrose tumoral, agora conhecido como o resultado da inflamação e trombose de vasos sanguíneos tumorais (ABBAS, 2015). Em processos inflamatórios graves, o TNF- α passa a ser sintetizado em grande quantidade, deixando de ter ação parácrina para ter ação endócrina, causando febre, aumento da produção de PFA pelo fígado, perda de células musculares e adiposas do organismo, inibindo a contratilidade do miocárdio e da musculatura lisa dos vasos, promovendo trombose intravascular e diminuição nas concentrações de glicose sanguínea (CARROLL e FORSBERG, 2007; ABBAS), podendo levar o indivíduo ao choque.

Basicamente, dois mecanismos fisiológicos de resposta são ativados pelo processo de inflamação aguda: aumento da temperatura corporal (estado febril) e alterações no metabolismo hepático. Ambas são ocasionadas em resposta ao aumento nas concentrações de citocinas. O aumento na temperatura auxilia no controle e eliminação da infecção, pois vários patógenos não sobrevivem em temperaturas mais elevadas (COOKE e BOHNERT, 2011). O segundo mecanismo está relacionado com alterações no metabolismo hepático do animal. Em condições normais, as células hepáticas sintetizam em níveis basais as PFA. Porém, quando há uma resposta inflamatória, o aumento das citocinas pró-inflamatórias estimula maior produção e liberação de PFA pelos hepatócitos, deixando grande parte da função hepática voltada para a síntese destas proteínas. Com o aumento destas proteínas nas concentrações plasmáticas, devido a algum tipo de infecção, inflamação, ou situação estressante, várias delas tornam-se importantes mediadores para caracterizar uma resposta inflamatória (CARROLL e FORSBERG, 2007; ARTHINGTON et al., 2008). Em bovinos, concentrações circulantes de PFA foram negativamente associadas com GMD de novilhos e novilhas (QIU et al., 2007; COOKE et al., 2009a) e com desempenho reprodutivo de vacas de corte (COOKE et al., 2009b).

Existem cerca de 30 PFA, mas a amiloide sérica A (SAA) e a haptoglobina (Hp) são as mais reativas em bovinos (ALSEMGEEST et al., 1994). Gozho et al. (2007), Khafipour et al. (2009), Zebeli e Ametaj (2009) observaram que os desafios da acidose subaguda

ocasionada pela alimentação excessiva de grãos foram associados com aumentos nas proteínas da fase aguda no sangue periférico de bovinos. Considerando que todos esses autores encontraram aumentos no SAA, apenas Khafipour et al. (2009) encontraram aumento da Hp. Mesmo quando a SARA não causa absorção de LPS, pode causar um aumento nas PFA (PLAIZIER et al., 2012).

Em geral, a ativação do sistema imune inato e suas consequências tais como aumento da lipólise, degradação da proteína muscular, aumento dos processos de catabolismo de tecidos, entre outros, podem ser um dos principais responsáveis por impactar negativamente a utilização dos nutrientes dietéticos, comprometendo o desenvolvimento tecidual (JOHNSON, 1997). Sendo que, a degradação tecidual pode ser reconhecida pelo sistema imune inato como uma ruptura na homeostase (ABBAS, 2015). Logo, a ativação deste sistema de defesa pode torna-se contrário aos benefícios alimentares que os sistemas de produção de bovinos visam priorizar. As respostas geradas pela ativação deste mecanismo, como o aumento da síntese de PFA e ativação do sistema neuroendócrino, são negativamente correlacionadas com o desempenho animal, como por exemplo, ganho de peso diário, eficiência alimentar e aumento na taxa de morbidade em confinamentos (COOKE e BOHNERT, 2011).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H.; PILLAI, S. **Imunologia celular e molecular**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

ALLEN, M. S. Starch availability. Measurement and implications for ration formulation. **eCommons**: Cornell's digital repository, New York, 2015. Disponível em: <<https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/39199>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

ALSEMGEEST, S. P. et al. Concentrations of serum amyloid-A (SAA) and haptoglobin (HP) as parameters of inflammatory diseases in cattle. **The Veterinary Quarterly**, [S.I.], v. 16, n. 1, p. 21–23, Mar. 1994.

ANDERSEN, P. H.; BERGELIN, B.; CHRISTENSEN, K. A. Effect of feeding regimen on concentration of free endotoxin in ruminal fluid of cattle. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 2, p. 487-491, Feb. 1994.

ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1416-1425, Jul. 1997.

ARRIGONI, M. D. B. et al. Desempenho, fibras musculares e carne de bovinos de três grupos genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 1033-1039, Out. 2004.

ARRIGONI, M. D. B. et al. Níveis elevados de concentrado na dieta de bovinos em confinamento. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 539-551, 2013.

ARTHINGTON, J. D. et al. Effects of preshipping management on measures of stress and performance of beef steers during feedlot receiving. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 8, p. 2016-2023, Aug. 2008.

ARTMANN, T. A. et al. Melhoramento genético de bovinos ½ sangue taurino x ½ sangue zebuíno no Brasil. **Revista Científica eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 12, n. 22, Jan. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. **Perfil da Pecuária no Brasil: Relatório Anual 2017**. São Paulo: ABIEC, 2017. Disponível em: <<http://abiec.com.br/Sumario.aspx>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL. **ASBIA confirma crescimento de 15.4% da venda de sêmen da Raça Aberdeen Angus**. Porto Alegre: ASBIA, 2015. Disponível em: <<http://angus.org.br/asbia-confirma-crescimento-de-154-da-venda-de-semen-da-raca-aberdeen-angus/>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

BANNINK, A., J. et al. Modelling the implications of feeding strategy on rumen fermentation and functioning of the rumen wall. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 143, n. 1-4, p. 3–26, May 2008.

BARTLE, S. J.; PRESTON, R. L. Roughage level and limited maximum intake regimens for feedlot steers. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 11, n. 3293-3303, Nov. 1992.

BAUMANN, H., GAULDIE, J. 1994. The acute phase response. **Immunology Today**, Cambridge, v. 15, n. 2, p. 74–80, Feb. 1994.

BEAUCHEMIN, K. A.; YANG, W. Z.; RODE, L. M. Effects of barley grain processing on the site and extent of digestion of beef feedlot finishing diets. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 7, p. 1925–1936, Jul. 2001.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011.

BEVANS, D. W.; et al. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 5, p. 1116–1132, May 2005.

BRITTON, R. A.; STOCK, R. A. Acidosis, rate of starch digestion and intake. In: FEED INTAKE SYMPOSIUM, 1986, Stillwater. **Proceedings...** Stillwater: Oklahoma State University, 1986. p. 125-137.

BROWN, M. S.; PONCE, C. H.; PULIKANTI; R. Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets: performance and ruminal metabolism. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 84, n. Suppl., p.:E25–E33, Apr. 2006.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. 2. ed. San Francisco: Wiley, 2000.

BUSTAMANTE, H. A. et al. Stress and pain response afer oligofructose induced-lameness in dairy heifers. **Journal of Veterinary Science**, Suwon, v. 16, n. 4, p. 405-411, 2015.

CAETANO, M. **Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados**. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CAETANO, M. et al. Effect of flint corn processing method and roughage level on finishing performance of Nellore based cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 93, n. 8, p. 4023–4033, Aug. 2015.

CALSAMIGLIA, S. et al. Is subacute ruminal acidosis a pH related problem? Causes and tools for its control. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 172, n. 1-2, p. 42-50, Feb. 2012.

CARROLL, J. A.; FORSBERG, N. E. Influence of stress and nutrition on cattle immunity. **The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 23, n. 1, p. 105-149, Mar. 2007.

CARVALHO, J. R. R. **Desempenho e aproveitamento pós-ruminal do amido de tourinhos Nelore e Angus alimentados com dietas com grãos de milho inteiro e sem volumoso**. 2015. 125 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

CARVALHO, J. R. R. et al. Performance, carcass characteristics, and ruminal pH of Nelore and Angus young bulls fed a whole shelled corn diet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, n. 6, p. 2451-2459, Jun. 2016.

CHANNON, A.F.; ROWE, J.B.; HERD, R.M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 44, n. 5, p. 469-474, Jun. 2004.

CHASE, L. J.; WANGSNESS, P. J.; BAUMGARDT, B. R. Feeding behavior of stress fed a complete mixed ration. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 59, n.11, p.1923-1928, 1976.

COLE, N. A.; JOHNSON, R. R.; OWENS, F. N. Influence of roughage level on the site and extent of digestion of whole shelled corn by beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 43, p. 483–489, 1976.

CONTADINI A. M. et al. Roughage levels impact on performance and carcass traits of finishing Nelore cattle fed whole corn grain diets. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 49, n.8, p. 1709-1713, Dec. 2017.

COOKE, R. F. et al. Effects of acclimation to handling on performance, reproductive, and physiological responses of Brahman-crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 10, p. 3403–3412, Oct. 2009a.

COOKE, R. F. et al. Effects of acclimation to human interaction on performance, temperament, physiological responses, and pregnancy rates of Brahman-crossbred cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 12, p. 4125–4132, Dec. 2009b.

COOKE, R. F.; BOHNERT, D. W. Technical note: bovine acute-phase response after corticotrophin-release hormone challenge. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 1, p. 252–257, Jan. 2011.

COOPER, R.; KLOPFENSTEIN, T. **Effects of Rumensin® and feed intake variation on ruminal pH**. Greenfield: Elanco Animal Health, 1996.

CORRÊA, C. E. et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal *in situ* starch degradability. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 11, p.3008-3012, Nov. 2002.

CROFT, M. The role of TNF superfamily members in T-cell function and diseases. **Nature Reviews: Immunology**, London, v. 9, n. 4, p. 271-285, Apr. 2009.

CURFS, J. H.; MEIS, J. F.; HOOGKAMP-KORSTANJE, J. A. A primer on cytokines: sources, receptors, effects, and inducers. **Clinical Microbiology Reviews**, Washington, v. 10, n. 4, p. 742-780, Oct. 1997.

DADO, R. G.; ALLEN, M. S. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, n. 1, p. 118-133, Jan. 1995.

DEPENBUSCH, B. E. et al. Influence of processed grains on fecal pH, starch concentration, and shedding of *Escherichia coli* O157 in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 3, p. 632–639, Mar. 2008.

DUNLOP, R. H.; HAMMOND, P. B. D-lactic acidosis of ruminant. **Annals of the New York Academic of Sciences**, New York, v. 119, n. 3, p. 1109, Jul. 1965.

EWASCHUK, J. B.; NAYLOR, J. M.; ZELLO, G. A. D-lactate in human and ruminant metabolism. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 135, n. 7, p. 1619-1625, Jul. 2005.

FISCHER, V. et al. Padrões nectemerais do comportamento ingestivo de ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 2, p.362-369, Mar./Abr. 1998.

FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. In: PLAINS NUTRITION COUNCIL SPRING CONFERENCE, 2002, San Antonio. **Proceedings...** San Antonio: Texas A&M, 2002. p. 25-26.

FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O.; GUIROY, P. J. Determining feed intake and feed efficiency of individual cattle fed in groups. In: Proc Beef Impr Fed 33rd Ann Res Symp Annu Meet., 2001. p. 80-98.

GALYEAN, M. L.; DEFOOR., P. J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 14-suppl. 2, p. E8-E16, Feb. 2003.

GENTRY, W. W. et al. Effects of roughage inclusion and particle size on performance and rumination behavior of finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, n. 11, p. 4759-4770, Nov. 2016.

GOLDER, H. M. et al. Ruminal bacterial community shifts in grain-, sugar-, and histidine-challenged dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 97, n. 8, p. 5131-5150, 2014.

GONÇALVES, A. L. et al. Padrão nictemeral do pH ruminal e comportamento alimentar de cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo diferentes relações volumoso:concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1886-1892, Nov./Dec. 2001.

GOROCICA-BUENFIL, M. A.; LOERCH, S. C. Effect on cattle age, forage level, and corn processing on diet digestibility and feedlot performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 3, p. 705-714, Mar. 2005.

GOZHO, G. N. et al. Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 4, p. 1399-1403, Apr. 2005.

GOZHO, G. N., KRAUSE, D. O., PLAIZIER, J. C. Ruminal lipopolysaccharide concentration and inflammatory response during grain-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 2, p. 856–86, Feb. 2007.

GUIMARÃES, K. C. et al. Influence of starch and casein administered postruminally on small intestinal sodium-glucose cotransport activity and expression. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 50, n. 6, p. 963-970, Nov. 2007.

HARMON, D. L. et al. Net portal absorption of lactate and volatile fatty acids in steers experiencing glucose-induced acidosis or fed a 70% concentrate diet *ad libitum*. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 60, n. 2, p. 560–569, Feb. 1985.

HARMON, D. L. Impact of nutrition on pancreatic exocrine and endocrine secretion in ruminants: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 4, p. 1290-1301, Apr. 1992.

HARMON, D. L. Nutritional regulation of postruminal digestive enzymes in ruminants. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 7, p. 2102-2111, Jul. 1993.

HARMON, D. L. Understanding starch utilization in the small intestine of cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 22, 915-922, Jul. 2009.

HARMON, D. L.; BRITTON, R. A.; PRIOR, R. L. *In vitro* rates of oxidation and gluconeogenesis from L(+) and D(-) lactate in bovine tissues. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 77, n. 2, p. 365-368, 1984.

HOOOPER, A. P.; WELCH, J. G. Effects of particle size and forage composition on functional specific gravity. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 5, p.1181–1188, May 1985.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 3, p. 852-867, Mar. 1997.

HUNTINGTON, G. B.; HARMON, D. L.; RICHARDS, C. J. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. Suppl., p. E14–E24, Apr. 2006.

JANCEWICZ, L. J. **Using near infrared spectroscopy of feces to predict growth performance in finishing feedlot cattle**. 2016. 206 p. Thesis (Doctoral of Philosophy) – University of Saskatchewan, Saskatoon, 2016.

JOBIM, C. C.; BRANCO, A. B.; SANTOS, G. T. Silagem de grãos úmidos na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE, 5., 2003, Goiania. **Anais...** Goiania: CBNA, 2003. p.357-376.

JOHNSON, R. W. Inhibition of growth by pro-inflammatory cytokines: an integrated view. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 5, p. 1244-1255, May 1997.

KHAFIPOUR, E.; KRAUSE, D. O.; PLAIZIER, J. C. A grain-based subacute ruminal acidosis challenge causes translocation of lipopolysaccharide and triggers inflammation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 3, p. 1060–1070, Mar. 2009.

KLEEN, J. L. et al. Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. **Journal of Veterinary Medicine Series A: Physiology, Pathology, Clinical Medicine**, Berlin, v. 50, n. 8, p. 406-414, Oct. 2003.

KRAJCARSKI-HUNT, H. et al. Short communication: effect of subacute ruminal acidosis on in situ fiber digestion in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 3, p. 570–573, Mar. 2002.

KREHBIEL, C. R.; CRANSTON, J. J.; McCURDY, M. P. An upper limit for caloric density of finishing diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. Suppl., p. E34-E49, Apr. 2006.

KREHBIEL, C. R.; KREIKEMEIER, K. K.; FERRELL, C. L. Influence of *Bos indicus* crossbreeding and cattle age on apparent utilization of a high-grain diet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 6, p. 1641-1647, Jun. 2000.

KREIKEMEIER, K. K. et al. Small intestinal starch digestion in steers: effect of various levels of abomasal glucose, corn starch and corn dextrin infusion on small intestinal disappearance and net glucose absorption. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 1, p. 328-338, Jan. 1991.

LALA, B. et al. Carne bovina com qualidade: uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 7, n. 2, p. 105-111, 2013.

LANNA, D. P. D. et al. Substitution of starch for pectin crossbred zebu bulls: metabolizable and net energy requirements and efficiency of energy utilization. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 274, 1997.

LEME, P. R. et al. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar em dietas com elevada proporção de concentrados para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1786-1791, 2003.

LIN, E.; CALVANO, S. E.; LOWRY, S. F. Inflammatory cytokines and cell response in surgery. **Surgery**, Oxford, v. 127, n. 2, 117-126, Feb. 2000.

LOERCH, S. C.; FLUHARTY, F. L. Effects of corn processing, dietary roughage level, and timing of roughage inclusion on performance of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 3, p. 681-685, Mar. 1998.

LOFTUS, R. T. et al. Evidence for two independent domestications of cattle. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 91, n. 7, p. 2757-2761, Mar. 1994.

LOPES, L. S. et al. Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 4, p. 970-977, 2012.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da Carne Bovina**. 1 ed. São Paulo, 2000.

MACKIE, R. I.; GILCHRIST, F. M. C. Changes in lactate-producing and lactate-utilizing bacteria in relation to pH in the rumen of sheep during stepwise adaptation to a high-concentrate diet. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 38, n. 3, p. 422-430, Sep. 1979.

MAGNABOSCO, C. U. et al. Estratégias genéticas para melhoria da qualidade da carne bovina no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PECUÁRIA DE CORTE, 1., 2009, Lavras. **Anais...** Lavras: SIMPEC, 2009. p.27-49.

MAIA FILHO, G. H. B. et al. Carcass and meat traits of feedlot Nelore bulls fed different dietary energy sources. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 45, n.5, 265–272, May 2016.

MANDARINO R. A. et al. Economic performance of zebu cattle under feedlot fed with three high concentrate diets. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 65, n. 5, p. 1463–1471, Oct. 2013.

MARCONDES, M. I. et al. Exigências de energia para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S. C (Org.). **Exigência Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR CORTE**. 3 ed. 2016.

MARQUES, R. S. et al. Effects of various roughage levels with whole flint corn grain on performance of finishing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, n. 1, p. 339–348, Jan. 2016.

MARTINS, C. G. **Níveis de inclusão de bagaço de cana de açúcar in natura associados a milho grão inteiro ou floculado em dietas de terminação de bovinos Nelore**. 2013. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

MEHTA, A. K.; GRACIAS, D. T.; CROFT, M. TNF activity and T cells. **Cytokine**, [S.I.], v. 101, p. 14-18, Jan. 2018.

MENEZES, L. F. G.; RESTLE, J. Desempenho de novilhos de gerações avançadas do cruzamento alternado entre as raças Charolês e Nelore, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1927-1937, 2005.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, Jul. 1997.

MESQUITA, E. E. et al. Growth performance and carcass characteristics of Nelore Angus and Nelore Angus Guzera crossbreed cows fed with supplemented pasture during the yearling and feedlot stages. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 4-Supl.1, 2701-2710, 2016.

MILLEN, D. D. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 10, p. 3427-3439, Oct. 2009.

MILLEN, D. D. et al. Effects of feeding a spray-dried multivalent polyclonal antibody preparation on feedlot performance, feeding behavior, carcass characteristics, rumenitis, and blood gas profile of Brangus and Nelore yearling bulls. **Journal of animal Science**, Champaign, v. 93, n. 9, p. 4387-4400, Sep. 2015.

MOHARRERY, A.; LARSEN, M.; WEISBJERG, M. R. Starch digestion in the rumen, small intestine, and hind gut of dairy cows—A meta analysis. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 192, p. 1-14, Jun. 2014.

MOORE, R. L.; ESSIG, H. W.; SMITHSON, L. J. Influence of breeds of beef cattle on ration utilization. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 41, n. 1, p. 203-207, Jul. 1975.

MURATA, H.; SHIMADA, N.; YOSHIOKA, M. Current research on acute phase proteins in veterinary diagnose: an overview. **Veterinary Journal**, London, v. 168, n. 1, p. 28-40, Jul. 2004.

MURPHY, T. A.; FLUHARTY, F. L.; LOERCH, S. C. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all – concentrate diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 6, p. 1608-1615, Jun. 1994.

NAGARAJA, T. G. et al. Relationship of rumen gram-negative bacteria and free endotoxin to lactic acidosis in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 47, n. 6, p. 1329-1337, Dec. 1978a.

NAGARAJA, T. G. et al. Evidence of endotoxins in the rumen bacteria of cattle fed hay or grain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 47, n. 1, p. 226-234, Jul. 1978b.

NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3598-3629, Oct. 1991.

OETZEL, G. R. 2007. Subacute ruminal acidosis in dairy herds: physiology, pathophysiology, milk fat responses, and nutritional management. In: ANNUAL CONFERENCE, AMERICAN ASSOCIATION OF BOVINE PRACTITIONERS, 40., 2007, Vancouver. **Proceedings...** Vancouver, 2007, p. 89-119.

OLBRICH JR, J. F. **The effect of corn particle size and corn silage level on the performance of Angus (*Bos taurus*) and Brahman (*Bos indicus*) steers.** 1996. 181 p. Thesis (PhD – Animal Science) - University of Florida, Gainesville, 1996.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 64-75, Nov. 2014.

OLIVEIRA, E. A. et al. Desempenho e características de carcaça de tourinhos Nelore e Canchim terminados em confinamento recebendo dietas com cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 12, p. 2465-2472, 2009.

OWENS, C. E. et al. Mathematical linkage of total-tract digestion of starch and neutral detergent fiber to their fecal concentrations and the effect of site of starch digestion on extent of digestion and energetic efficiency of cattle. **The Professional Animal Scientist**, [S.I.], v. 32, n. 5, p. 549, Oct. 2016.

OWENS, F. N. et al. Acidosis in cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 275–286, Jan. 1998.

OWENS, F. N. et al. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 3, p. 868–879, Mar. 1997.

OWENS, F. N.; BASALAN, M. Grain processing: gain and efficiency responses by feedlot cattle. In: PLAINS NUTRITION COUNCIL SPRING CONFERENCE, 2013. San Antonio. **Proceedings...** San Antonio: Texas A&M, 2013.

OWENS, F.; ZINN, R.A. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: **SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE**, Proceedings... p. 86-112. 2005.

PEREIRA, P. M. R. C. et al. Características de carcaça e qualidade de carne de novilhos superprecoces de três grupos genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1520-1527, Nov. 2009.

PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, n. 3, p. 404-408, Jul. 2000.

PLAIZIER, J. C., et al. Subacute ruminal acidosis (SARA), endotoxins and health consequences. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 172, n. 1-2, p. 9-21, Feb. 2012.

QIU, X. et al. Genetic effects on acute phase protein response to the stresses of weaning and transportation in beef calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 10, p. 2367–2374, Oct. 2007.

RABELO, M. M. A. et al. Avaliação do efeito do bagaço de cana de-açúcar in natura obtido por dois métodos sobre o desempenho e o comportamento ingestivo de bovinos de corte. **Arquivo de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v. 60, n. 3, p. 698-704, 2008.

RÊGO, A. C. et al. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milheto ou milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 1149-1157, Jul.-Aug. 2014.

ROSO, V. M.; FRIES, L. B. Avaliação das heteroses materna e individual sobre o ganho de peso do nascimento ao desmame em bovinos Angus x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 732-737, 2000.

RUSSELL, J. B.; WILSON, D. B. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 79, n. 8, p. 1503-1509. Aug. 1996.

SARTI, L. M. N. et al. Evaluation of feeding behavior of young cattle from different genetic groups fed with high concentrate diets with different NDF levels. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 85, Suppl.1, p.552-553, Jan. 2007.

SHERIDAN, A. K. Crossbreeding and heterosis. **Animal Breeding Abstracts**, Edinburgh, v. 49, p. 131-144. 1981.

SILVA, J. et al. Feedlot performance, feeding behavior and rumen morphometrics of Nelore cattle submitted to different feeding frequencies. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 75, n. 2, p. 121-128, Mar.-Apr. 2018.

SILVA, L. F. M. 2017. **Efeito do grupo genético e suplementação com óleo no metaboloma da carne de bovinos**. 2017. 47 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Zootécnica) – Instituto Superior de Agronomia, Faculdade de Medicina Veterinária, 2017.

SILVA, R. M. et al. Características de carcaça e carne de novilhos de diferentes predominâncias genéticas alimentados com dietas contendo níveis de substituição do grão de milho pelo grão de milheto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 943-960, Mar.-Abr. 2015.

SOMMER, C.; WHITE, F. Cytokines, chemokines, and pain. In: BEAULIEU, P. et al. **Pharmacology of Pain**. 1. ed. Seattle: IASP Press, 2010, p. 279-302.

STOCK, J. B.; STOCK, A. M.; MOTTONEN, J. M. Signal transduction in bacteria. **Nature**, London, v. 344, n. 6265, p. 395-400, Mar. 1990.

SWANSON, K. C.; RICHARDS, C. J.; HARMON, D. L. Influence of abomasal infusion of glucose or partially hydrolyzed starch on pancreatic exocrine in beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 4, p. 1112-1116, Apr. 2002.

SWENSON, M. J. **Dukes: Fisiologia dos Animais Domésticos**. 10. ed. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch—composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, n. 2, p. 151-165, Mar. 2004.

THE NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, MEDICINE. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**: 8 th ed. Washington, DC: NASEM, 2016.

TOEFNER, M. B. et al. Histopathology of oligofructose-induced acute laminitis in heifers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 8, p. 2774–2782, Aug. 2005.

TURGEON, O. A. et al. Manipulating grain processing method and roughage level to improve feed efficiency in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 1, p. 284–295, Jan. 2010.

TURNER, J. W. Genetic and biological aspects of Zebu adaptability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 50, n. 6, p. 1201-1205, Jun. 1980.

UTLEY, P. R.; MCCORMICK, W. C. Comparison of cattle finishing diets containing various physical forms of corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 40, p. 952- 956, 1975.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell, 476p, 1994.

WAKCHAURE, R. et al. Importance of heterosis in animals: a review. **International Journal of Advanced Engineering Technology and Innovative Science**, Jaipur, v. 1, n. 1, p.01-05, Dec. 2015.

WATANABE, D. H. M. **Desempenho de bovinos Nelore e ½ Angus/Nelore adaptados em confinamento por 9 ou 14 dias**. 2016. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista, Dracena, 2016.

ZEBELI, Q.; AMETAJ, B. N. Relationships between rumen lipopolysaccharide and mediators of inflammatory response with milk fat production and efficiency in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 8, p. 3800–3809, Aug. 2009.

ZINN, R.A.; BARRERAS, A.; CORONA, L.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 1727-1730, 2007.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

**DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE EM NOVILHOS NELORE E NELORE X
ANGUS ALIMENTADOS COM DIETAS DE GRÃOS DE MILHO INTEIRO E
BAGAÇO DE CANA**

Artigo formatado de acordo com as diretrizes da revista Journal of Animal Science (Versão preliminar em português)

**DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE EM NOVILHOS NELORE E NELORE X
ANGUS ALIMENTADOS COM DIETAS DE GRÃOS DE MILHO INTEIRO E
BAGAÇO DE CANA**

RESUMO

O objetivo nesse trabalho foi avaliar o desempenho, características de carcaça, comportamento ingestivo e digestibilidade em novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de milho inteiro, sem ou com a inclusão de bagaço de cana-de-açúcar. Utilizaram 32 novilhos, 16 Nelore e 16 Nelore x Angus, com peso corporal médio de $353 \pm 25,3$ kg, que foram alojados em baias individuais. Em um delineamento experimental inteiramente casualizado com arranjo fatorial 2 x 2 (sendo 2 raças e 2 dietas). As dietas continham 80% grão de milho inteiro e 20% *pellet* (GMI) ou 74% grão de milho inteiro, 20% *pellet* comercial proteico-mineral e 6% de bagaço de cana (GMIB). O confinamento teve duração de 116 dias, sendo 20 dias de período de adaptação a dieta e instalações e 96 dias de período experimental. Após 65 dias de experimento, foi iniciado o ensaio de digestibilidade, com coleta total de fezes por três dias consecutivos. O consumo foi medido diariamente com pesagem de fornecido e sobras. Ao final do confinamento, os animais foram abatidos em frigorífico comercial e depois mensuração das características de carcaça. Os novilhos Nelore x Angus apresentaram maior peso final, CMS, GMD e EGS ($P < 0,05$). No entanto, os animais da raça Nelore tiveram maior rendimento de carcaça ($P < 0,01$). A dieta GMIB resultou em maior CMS e menor variação ($P < 0,01$) dessa mesma característica. Na dieta GMI os animais permaneceram menos tempo ruminando e maior tempo em ócio ($P < 0,01$) e ingerindo água ($P = 0,03$) do que os animais que receberam a dieta de GMIB. A taxa de ruminação/CMS, consumo de FDN (kg) e a relação CFDN:CMS ($P < 0,01$) foi maior nos animais alimentados com GMIB. Os animais Nelore passaram maior tempo em ruminação,

maior taxa de rinação/CMS ($P < 0,01$) e taxa de rinação/FDN ($P = 0,01$). Porém, animais Nelore x Angus apresentaram maior consumo de FDN ($P = 0,01$). Animais alimentados com a dieta GMI apresentaram maior coeficiente de digestibilidade da MS, MO, FDN, NDT ($P < 0,01$), PB, EE e CNF ($P < 0,05$). Os novilhos Nelore x Angus apresentaram maior coeficiente de digestibilidade da FDN ($P = 0,04$), e tendência para a digestibilidade de MS, MO, PB e NDT ($P < 0,10$). A digestibilidade do amido não apresentou efeito para raça ($P = 0,29$) e dieta ($P = 0,21$). A atividade específica da α -amilase tendeu a ser maior nos novilhos Nelore ($P = 0,07$). O uso de fonte de fibras em baixas quantidades, como o bagaço de cana de açúcar é indicado em dietas de grão de milho inteiro, pois aumenta o CMS e GMD sem influenciar a eficiência alimentar ou características de carcaça. Novilhos Nelore x Angus têm maior desempenho em dietas com GMI do que novilhos Nelore, pois estes têm maior capacidade de digestão desta dieta e de seus nutrientes.

Palavras-chave: amido, *Bos taurus*, *Bos indicus*, confinamento, cruzados

INTRODUÇÃO

As dietas utilizadas nos confinamentos brasileiros e em outros países sul americanos têm sofrido mudanças na relação volumoso:concentrado com o aumento na proporção de concentrado. Como exemplo, no ano de 2008 a relação média foi 29:71 (V:C) (Millen et al., 2009) e em 2013 a proporção média de concentrado havia aumentado para 79% (Oliveira e Millen et al., 2014). Dessa maneira, o uso de dietas com alta proporção de concentrado ou até mesmo sem a inclusão de volumosos e com grão de milho inteiro, se tornou mais comum, principalmente a partir do início dessa década. Em outra análise realizada por Oliveira e Millen (2014), verificou-se que 9,4% dos grandes confinamentos brasileiros utilizavam grão de milho inteiro em suas dietas. Diversos fatores têm conduzido para essa adoção, dentre

estes destacam-se: a menor necessidade de área para plantio de forragens, a maior densidade energética, maior eficiência alimentar e a facilidade de transporte e estocagem de grãos (Arrigoni et al., 2014).

Dos nutrientes existentes na dieta de animais alimentados em confinamento, o amido é o maior componente e o que fornece a maior quantidade de energia para bovinos em terminação, sendo que a principal fonte utilizada é o grão de milho. Em dietas ricas em concentrado, animais *Bos taurus* consomem mais alimentos em relação às suas exigências de manutenção do que os *Bos indicus*, e assim conseguem obter maior ganho de peso e de maneira mais eficiente (Krehbiel et al., 2000). No entanto, não se sabe ao certo se esta vantagem do taurino sobre o zebuino, quando submetido a dietas com alto teor de concentrado, ocorre devido às diferenças no tamanho do trato gastrointestinal, produção enzimática, tipo de microbiota no trato gastrointestinal, ou se há outras diferenças no metabolismo quanto ao aproveitamento do amido (Caetano et al., 2015). Dessa forma, pesquisas que avaliem a capacidade de aproveitamento do amido em dietas com alta inclusão de concentrados em novilhos *Bos indicus* e seus cruzamentos são importantes para os confinamentos em regiões de clima quente, pois grande parte dos animais confinados nessas regiões são *Bos indicus* ou oriundos do cruzamento destes com raças taurinas.

Segundo estudo de Harmon (2009), a utilização da energia dietética proveniente do amido é potencialmente limitada no trato gastrointestinal de bovinos e, se faz necessário um melhor entendimento de seu aproveitamento no intestino delgado dos animais. Kreikemeier et al. (1991) sugeriram que a α -amilase pancreática é a fase limitante do aproveitamento intestinal de amido, em função da falta de resposta adaptativa do pâncreas de ruminantes a dietas com alto amido. No entanto, Carvalho (2015) verificou maior atividade α -amilase em tourinhos Nelore que em tourinhos Angus.

Outro importante ponto a ser considerado quando se utiliza dietas com alto nível de concentrado é a possibilidade de diminuição do pH ruminal. Isso pode levar o animal a um estresse fisiológico (Gozho et al., 2005), o que pode acarretar em acidose ruminal subaguda, um distúrbio metabólico caracterizado por episódios de pH ruminal entre 5,2 e 5,6 (Cooper e Klopfenstein, 1996). Além disso, bovinos com acidose subaguda podem absorver lipopolissacarídeos livres (LPS), uma endotoxina bacteriana do rúmen que pode afetar o desempenho dos animais (Nagaraja et al., 1978; Khafipour et al., 2009). A presença de LPS na corrente sanguínea resulta na produção de citocinas pró-inflamatórias como o fator de necrose tumoral α (TNF- α) (Murata et al., 2004; Carroll e Forsberg, 2007; Abbas, 2015), que afetam a resposta metabólica e o desempenho dos animais (Baumann e Gauldie, 1994). Quando liberados em grandes quantidades, estes mediadores conduzem a uma resposta de fase aguda (Murata et al., 2004; Cooke e Bohnert, 2011). Portanto, a inclusão de fonte fibra com dietas com alto concentrado pode melhorar o ambiente e reduzir a produção de LPS (Rabelo et al., 2008).

Diante do que foi descrito acima, esta pesquisa apresenta a hipótese que novilhos alimentados com dieta de grãos de milho inteiro, com inclusão de bagaço de cana, apresentam maior CMS e ganho médio diário, comparado a uma dieta sem inclusão de bagaço, sem afetar as características de carcaça e eficiência alimentar. Além disso, novilhos Nelore x Angus apresentam melhor eficiência alimentar, características de carcaça e maior digestão total do amido, do que novilhos Nelore. Para comprovar esta hipótese, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho, as características de carcaça, a digestibilidade total dos nutrientes e a atividade da α -amilase pancreática em novilhos Nelore e Angus x Nelore terminados em confinamento e alimentados com dietas com grãos de milho inteiro, sem ou com a inclusão de bagaço de cana.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG, Brasil. Todos os procedimentos experimentais foram autorizados pelo Comitê de Ética de Uso de Animais (CEUA) em experimentação da Universidade Federal de Lavras, sob o número de protocolo: 056/15.

Animais, dietas e delineamento experimental

Foram utilizados 16 novilhos da raça Nelore (30 meses) e 16 Angus x Nelore (21 meses) e peso corporal médio de $353 \text{ kg} \pm 25,3 \text{ kg}$. Os animais foram confinados em baias individuais cobertas, dispostas de bebedouros automáticos. Metade dos animais de cada grupo genético recebeu a dieta contendo grão de milho inteiro (**MGI**) e a outra metade o grão de milho inteiro com adição de bagaço de cana de açúcar (**MGIB**) em substituição ao grão de milho (Tabela 1). Portanto, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2, com quatro tratamentos e oito repetições por tratamento:

- **NMGI**: novilhos Nelore alimentados com a dieta contendo grão de milho inteiro.
- **NMGIB**: novilhos Nelore alimentados com a dieta contendo grão de milho inteiro e bagaço de cana de açúcar.
- **NAMGI**: novilhos Nelore x Angus alimentados com a dieta contendo grão de milho inteiro.
- **NAMGIB**: novilhos Nelore x Angus alimentados com a dieta contendo grão de milho inteiro e bagaço de cana de açúcar.

As dietas experimentais foram fornecidas *ad libitum*, três vezes ao dia, às 08h00, 13h00 e 16h00.

Tabela 1- Composição percentual de ingredientes e bromatológica das dietas

Ingredientes	Composição (% MS)	
	MGI	MGIB
Milho grão inteiro	80,0	74,0
Bagaço de cana	-	6,00
Premix min. proteico ¹	20,0	20,0
	Nutrientes	
MS ²	89,0	88,0
PB ³	15,0	14,7
FDN ³	15,2	19,0
CNF ³	60,0	56,7
Amido	57,2	52,9
EE ³	3,17	3,03
EM ⁴	3,00	2,65

¹ Níveis de garantia por quilograma do produto: PB: 32,5%, FDN: 21,6%, Ca: 45 g/kg, Mg: 7,5 g/kg, P: 11 g/kg, Cu 104 mg/kg, Zn: 344 mg/kg, Se: 0,83 mg/kg, Virginiamicina: 140 mg/kg, 30,500 UI/kg de Vitamina A, 3,800 UI/kg de Vitamina D, 134 UI/kg de Vitamina E.

² Base da matéria natural.

³ Base da matéria seca.

⁴ Mcal/kg MS.

Desempenho, comportamento ingestivo e análise químicas das dietas

O período experimental foi composto por 96 dias e foi precedido de um período de adaptação de 20 dias, no qual os animais receberam quantidades decrescentes de silagem de milho, até receberem as dietas experimentais. As pesagens ocorreram, no início e fim do período experimental, após jejum sólido de 16 horas.

A cada 7 dias foram coletadas amostras dos ingredientes da dieta, da dieta total e das sobras. Estas amostras deram origem a uma amostra composta que, após sofrerem pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, foram moídas em moinhos com peneira de malha de 1 mm. A análise química das dietas foi realizada de acordo com a Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) para PB (método 920.87), Cinzas (método 924.05), EE (método 920.85) e Umidade (método 934.01). Os carboidratos não fibrosos foram determinados pela expressão $CNF = [100 - (\%PB + \%FDN + \%EE + \%Cinzas)]$, a fibra em detergente neutro (FDN) de acordo com Van Soest et al. (1991) e a energia metabolizável (EM) foi determinada no estudo de digestibilidade convertendo o valor de NDT para EM, segundo NASEM (2016).

A atividade mastigatória foi determinada por técnica de observação visual no dia 50 do período experimental, durante 24 horas contínuas, registrando a cada 5 minutos os comportamentos observados: alimentação, ruminação. O tempo gasto alimentando e ruminando foi utilizado para calcular o tempo gasto em mastigação, tempo gasto alimentando/CMS e FDN, tempo gasto ruminando/CMS e FDN e tempo gasto mastigando/CMS e FDN, ambos expressos em min por kg de MS e em min por kg de FDN (Silva et al., 2018).

A variação no consumo de matéria seca foi calculada utilizando-se a diferença no consumo de matéria seca entre dois dias consecutivos, de acordo com Bevans et al. (2005) e seguindo a equação:

$$\text{Variação no CMS (\%)} = \{(\text{CMSD} - \text{CMSDA}) / \text{CMSDA}\} \times 100,$$

Onde, CMSD = ingestão de matéria seca do dia atual (kg), e CMSDA = ingestão de matéria seca do dia anterior (kg). Quando o valor for negativo, multiplica-se por -1. Os valores diários foram obtidos pela variação do consumo de MS para cada animal, que foram utilizados para calcular a variação média por tratamento, por todo o período experimental.

Ensaio de digestibilidade e taxa de passagem

A coleta total de fezes foi realizada por 8 horas ininterruptas nos dias 66, 67 e 68 do período experimental. As coletas realizadas no segundo e terceiro dia tiveram início 8 horas depois das realizadas nos dias anteriores. Portanto, buscou-se obter uma amostragem representativa das 24 horas do dia, sem afetar negativamente o consumo de alimento devido a um manejo mais intenso dos animais. Estas amostras foram pré-secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas e moídas em moinho com peneira de malha de 1 mm, sendo então elaborada uma amostra composta por animal. As análises químicas das fezes e sobras foram realizadas seguindo as mesmas metodologias para os ingredientes da dieta.

A taxa fracional de passagem (k_p) da digesta foi estimada pela queda na concentração fecal de cromo, após administração oral em dose única de 25 g de óxido crômico. A amostragem fecal ocorreu em 12, 24, 36, 48 e 84 horas após a administração do marcador. O k_p foi estimado pela inclinação da regressão linear ao longo do tempo do logaritmo natural da concentração fecal de cromo ($R^2 = 0,954$; $P < 0,001$). Para determinação do teor de cromo nas fezes, 1 g de amostra pré-seca foi incinerada a 550°C por 8 horas, e submetida a digestão com solução combinada de 1.000 mL de ácido fosfórico (85%), 30 mL de sulfato de manganês (10%) e 4 mL de bromato de potássio (4,5%), em banho de areia, até terminar efervescência. A esta solução foi adicionada 25 mL de cloreto de cálcio (4000 ppm) e o volume foi completado para 100 mL com água destilada, para posterior filtragem em papel de filtro (Whatman nº40) e análise da solução por espectrofotometria de absorção atômica (Souza, 2012).

Análises de sangue

Amostras de sangue foram coletadas na veia coccígea para mensurar os níveis de D-Lactato, 45 dias após o início do período experimental e o fator de necrose tumoral alfa (TNF- α), no primeiro dia e aos 45 dias do período experimental, utilizando tubos comerciais (Vacutainer, 10 mL; Becton Dickinson, Franklin Lakes, EUA) com ou sem heparina sódica, para plasma ou soro sanguíneo, respectivamente. Aguardou-se um período de 30 a 180 minutos para a formação do coágulo e a completa obtenção do soro. Para obtenção do plasma, as amostras foram centrifugadas ($2.500 \times g$ por 30 min a 4°C), todas as amostras foram armazenadas à -80°C no mesmo dia da coleta, após a centrifugação. A dosagem do TNF- α foi feita utilizando-se kit comercial (CSB-E12020B para Bovine TNF- α ELISA kit - CSB-E12020B para TNF- α , Cusabio Technology LLC, Houston, USA). A mensuração dos níveis de D-Lactato foi analisada pelo kit comercial (MAK058 para D-Lactato Colorimetric Assay Kit - MAK058 para D-Lactato, Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA). As leituras foram realizadas em leitor de espectrofotômetro Multiskan GO® (Thermo Scientific, Waltham, EUA).

Abate dos Animais, características de carcaça e coleta de amostras de tecido

Os animais foram abatidos utilizando a técnica de concussão cerebral e secção da veia jugular, seguido de remoção do couro e evisceração em frigorífico comercial. No final da linha de abate, as carcaças foram divididas em duas metades e pesadas para obtenção do peso de carcaça quente, sendo identificadas e levadas à câmara de resfriamento por 24 horas, em temperatura próxima a 2°C . Com esta pesagem foi calculado o rendimento de carcaça quente, baseado no peso de abate. A espessura de gordura subcutânea (EGS) foi medida no músculo *longissimus thoracis*, com auxílio de um paquímetro graduado entre a 12^a e 13^a costelas, a $\frac{3}{4}$ da borda medial no lado esquerdo da carcaça fria. A área de olho de lombo (AOL), também, medida entre a 12^a e 13^a costelas, foi delineada em papel transparência e determinada após

leitura realizada em planímetro. O escore de marmoreio foi calculado através do teor de EE no músculo, utilizando a equação $EE (\%) = -3,08 + 0,017 \times \text{escore de marmoreio}$ (Dow et al., 2011).

Amostras de pâncreas foram coletadas, identificadas, armazenadas em tubos criogênico, congeladas e transportadas em nitrogênio líquido, até serem armazenadas em ultra freezer (-80°C) para posterior análise da atividade da α -amilase pancreática. Amostra do tecido pancreático (100 mg) foi homogeneizado em 0,5 mL de tampão de ensaio da amilase. A análise da atividade enzimática foi realizada utilizando kit comercial (MAK009 para amilase, Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) num espectrofotômetro Multiskan GO® (Thermo Scientific, Waltham, EUA). Os dados da atividade enzimática foram expressos como unidades por grama de proteína, onde as concentrações de proteína foram determinadas de acordo com Lowry et al. (1951).

Analises estatísticas

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado, sendo o animal a unidade experimental e o peso vivo inicial foi utilizado como covariável para as características de desempenho e comportamento ingestivo. As características de consumo, GMD, eficiência alimentar, digestibilidade aparente e características de carcaça foram analisadas utilizando o procedimento MIXED do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), com dieta, raça e interação raça x dieta como efeitos fixos. O TNF- α foi analisado como medida repetida no tempo usando também o procedimento MIXED do SAS com dieta, raça, dieta \times raça e tempo e sua interação com dieta, raça e dieta \times raça como efeitos fixos. A estrutura de covariância foi escolhida de acordo com o critério de informação bayesiano, comparando 4 estruturas de covariância para cada variável (simetria composta, ordem auto regressiva, ordem auto regressiva heterogênea e não estruturada) e a estrutura que gerou o menor critério

de informação bayesiano foi utilizada. A razão de quadrados (LSMEANS) foi usada para calcular as médias ajustadas para tratamentos. As diferenças foram consideradas estatisticamente significantes quando $P \leq 0,05$ e tendências foram discutidas quando $0,05 < P \leq 0,10$.

RESULTADOS

Os novilhos Nelore x Angus apresentaram maior CMS e variação no CMS (kg) em relação aos novilhos Nelore (Tabela 2). No entanto, quando se analisou a variação no CMS em porcentagem, os animais Nelore x Angus apresentaram apenas tendência para esta variável. Os novilhos alimentados com a dieta de GMI apresentaram menor CMS e esta dieta fez com que houvesse maior variação no CMS desses animais. Além disso, novilhos alimentados com dieta a GMI apresentaram menor taxa de passagem (Tabela 3). Os novilhos Nelore x Angus tiveram maior GMD e, conseqüentemente, maior peso final. Todavia, o PCQ não foi influenciado pela raça ou dieta. Houve tendência de maior peso final e GMD dos animais alimentados com a dieta GMIB. Novilhos Nelore apresentaram maior rendimento de carcaça, quando comparados aos novilhos Nelore x Angus. Maior rendimento de carcaça também foi observado nos animais que receberam a dieta GMI. A característica de carcaça EGS apresentou efeito e a AOL tendência para raça, sendo que os novilhos Nelore x Angus tiveram maior EGS e AOL.

Quando os animais foram alimentados com a dieta GMIB houve maior tempo gasto ruminando e tendência de maior tempo gasto ingerindo o alimento (Tabela 3). A taxa de ruminação/MS, consumo de FDN (kg) e a relação CFDN:CMS foi maior nos animais alimentados com GMIB. Novilhos Nelore passaram maior tempo ruminando e tiveram maior taxa de ruminação/MS, e taxa de ruminação/FDN, comparado aos novilhos Nelore x Angus. A taxa de ruminação/MS apresentou interação raça x dieta, sendo que novilhos Nelore

tiveram maior taxa de ruminação/MS na dieta de GMIB, comparado aos animais Nelore ingerindo a dieta GMI e aos novilhos Nelore x Angus ingerindo as dietas GMIB e GMI. Porém, animais Nelore x Angus apresentaram maior consumo de FDN (Tabela 3).

Tabela 2- Desempenho e características carcaça de novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de grãos de milho inteiro

Item	Nelore		Nelore x Angus		EPM	Valor P		
	GMI ¹	GMIB ²	GMI	GMIB		Raça	Dieta	R*D
PV Inicial, kg	344	350	358	359	9,10	0,21	0,71	0,75
PV Final, kg	435	440	444	467	7,57	0,02	0,07	0,23
CMS, kg/d	6,95	7,94	7,46	8,73	0,26	0,01	<0,01	0,59
CMS, % PV/d	1,60	1,83	1,69	1,89	0,04	0,07	<0,01	0,70
Var. CMS, %	16,88	11,31	17,92	11,99	1,10	0,44	<0,01	0,86
Var. CMS, kg	1,15	0,87	1,31	0,99	0,067	0,04	<0,01	0,83
GMD, kg/d	0,855	0,905	0,950	1,186	0,078	0,02	0,07	0,23
EA	0,121	0,114	0,127	0,136	0,008	0,10	0,86	0,32
PCQ, kg	251	247	244	250	4,48	0,59	0,73	0,29
AOL, cm ²	72,9	68,3	75,4	77,6	3,12	0,09	0,58	0,34
EGS, mm	3,41	3,16	4,87	4,68	0,21	<0,01	0,28	0,89
Marmoreio ³	348	379	361	355	21,5	0,80	0,56	0,38
RC, %	57,8	56,4	54,9	53,7	0,54	<0,01	0,01	0,87

¹ GMI = 80% milho grão inteiro, 20% pellet comercial proteico-mineral.

² GMIB = 74% milho grão inteiro, 20% pellet comercial proteico-mineral e 6% de inclusão de bagaço de cana de açúcar.

³ Escore de marmoreio: 300 = leve, 400 = pequeno, 500 = modesto, 600 = moderado, 700 = ligeiramente abundante.

Tabela 3- Atividade mastigatória e comportamento ingestivo de novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de grãos de milho inteiro

Item	Nelore		Nelore x Angus		EPM	Valor <i>P</i>		
	MGI ¹	MGIB ²	MGI	MGIB		Raça	Dieta	R*D
Tempo gasto ingerindo, min	119	136	130	173	16,9	0,16	0,07	0,45
Tempo gasto ruminando, min	139	287	125	199	20	0,01	<0,01	0,07
Tempo gasto mastigando, min	258	423	255	372	20,6	0,32	<0,01	0,36
CMS, kg ³	6,95	7,94	7,46	8,73	0,26	0,01	<0,01	0,59
Taxa Passagem, %/h	4,44	4,75	3,14	4,89	0,52	0,25	0,05	0,16
Ingestão/MS, min kg ⁻¹	17,64	17,26	17,34	20,21	2,22	0,57	0,59	0,43
Ruminação/MS, min kg ⁻¹	20,28	36,78	17,35	22,91	2,39	<0,01	<0,01	0,03
Mastigação/MS, min kg ⁻¹	38	54	34,7	43,1	3,43	0,01	<0,01	0,43
CFDN, kg ³	1,06	1,58	1,13	1,73	0,052	0,04	<0,01	0,39
Ingestão/FDN, min kg ⁻¹	117	87	114	103	12,8	0,64	0,11	0,43
Ruminação/FDN, min kg ⁻¹	135	185	114	116	16,4	<0,01	0,09	0,11
Mastigação/FDN, min kg ⁻¹	252	272	228	219	20,3	0,06	0,77	0,47

¹ GMI = 80% milho grão inteiro, 20% pellet comercial proteico-mineral.

² GMIB = 74% milho grão inteiro, 20% pellet comercial proteico-mineral e 6% de inclusão de bagaço de cana de açúcar.

³ Consumo durante período de observação.

A concentração plasmática de D-Lactato apresentou interação entre raça x dieta, sendo que novilhos Nelore ingerindo a dieta GMI tiveram uma menor concentração, comparado aos animais Nelore ingerindo a dieta GMIB (Figura 1).

A concentração da citocina pro-inflamatória TNF- α não foi afetada pela dieta ou raça, assim como não houve interação raça x dieta, raça x dieta x tempo ($P > 0,21$). No entanto, houve efeito significativo do tempo de confinamento sobre a concentração de TNF- α , que foram menores no tempo inicial (T1), quando comparada com 45 dias de confinamento (Figura 2).

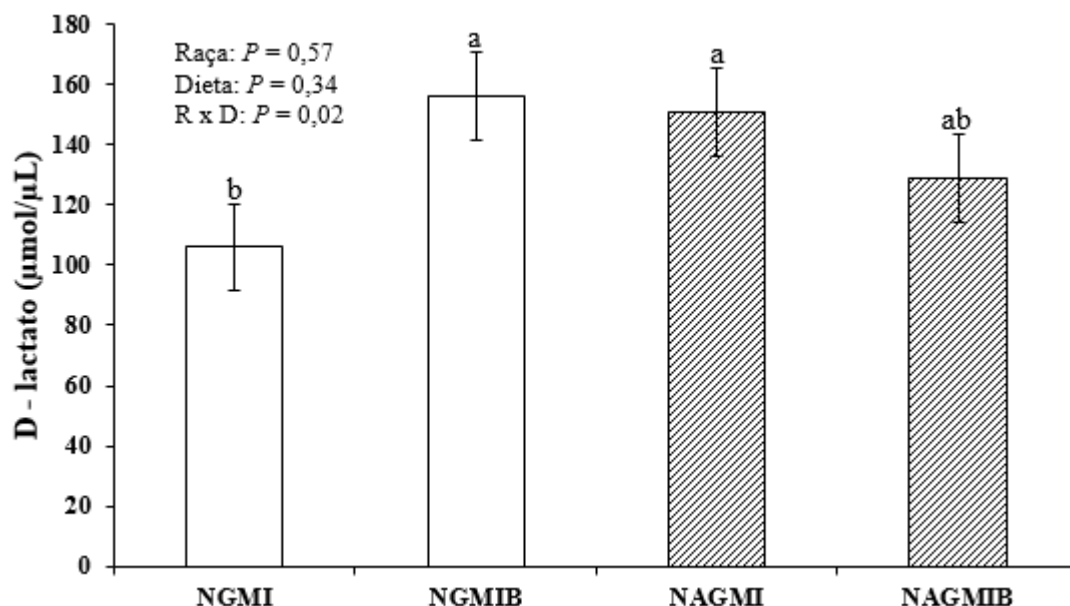


Figura 1- Concentração de D-lactato de novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de grão de milho inteiro (GMI) e grãos de milho inteiro e bagaço de cana (GMIB). EPM = 0,0145

O consumo de MS, MO, PB, FDN, NDT, EE, CNF e amido durante o ensaio de digestibilidade foi maior na dieta GMIB em comparação à dieta GMI (Tabela 4). Novilhos alimentados com a dieta GMI apresentaram maior coeficiente de digestibilidade da MS, MO,

FDN, NDT, PB, EE e CNF. Todavia as dietas não influenciaram a digestibilidade do amido. Os novilhos Nelore x Angus apresentaram maior coeficiente de digestibilidade da FDN e tendência de maior digestibilidade de MS, MO, PB e teor de NDT, comparado aos novilhos Nelore. Durante o ensaio de digestibilidade, o CMS e nutrientes não foram afetados pelos grupos genéticos, diferente do que ocorreu durante o período experimental como um todo.

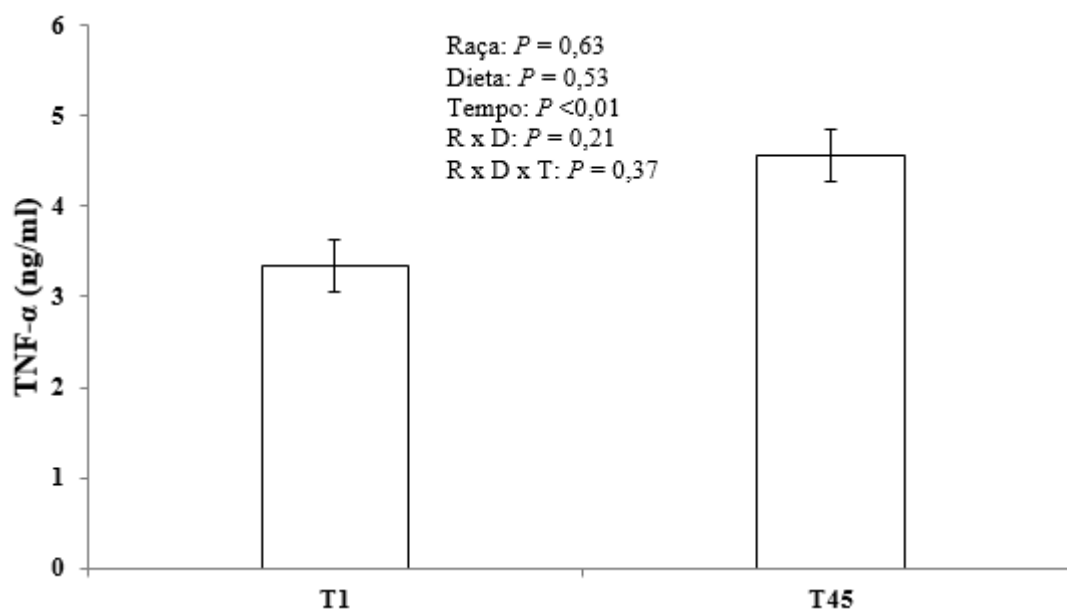


Figura 2- Concentração de TNF- α em novilhos alimentados com dietas de grão de milho inteiro (GMI) e grãos de milho inteiro e bagaço de cana (GMIB) nos tempos 1 e 45. EPM = 0,280

A produção fecal e a excreção de amido nas fezes foram maiores nos novilhos alimentados com a dieta GMIB (Tabela 5). Todavia, a concentração de amido fecal foi maior na dieta GMI. Não houve efeito do grupo genético sobre a produção fecal, excreção e concentração de amido nas fezes. A atividade específica da α -amilase pancreática apresentou tendência de ser maior nos novilhos Nelore, quando comparado aos novilhos Nelore x Angus (Figura 3). Além disso, não houve efeito das dietas sobre a atividade da α -amilase.

Tabela 4 – Digestibilidade dos nutrientes da dieta de novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de grãos de milho inteiro

	Nelore		Nelore x Angus		EPM	Valor <i>P</i>		
	GMI ¹	GMIB ²	GMI	GMIB		Raça	Dieta	R*D
Consumo, kg/dia								
MS	6,54	8,73	6,91	9,58	0,50	0,22	<0,01	0,63
MO	6,16	8,18	6,50	8,97	0,47	0,23	<0,01	0,62
PB	0,94	1,27	1,00	1,39	0,074	0,20	<0,01	0,68
FDN	0,98	1,70	1,03	1,85	0,098	0,29	<0,01	0,62
EE	0,19	0,26	0,21	0,29	0,016	0,21	0,01	0,84
CNF	4,06	5,03	4,26	5,51	0,28	0,24	0,01	0,63
Amido	3,68	4,48	3,86	4,87	0,25	0,27	0,01	0,70
Consumo % PV/d								
MS	1,54	2,0	1,52	2,00	0,087	0,94	<0,01	0,90
FDN	0,23	0,39	0,23	0,39	0,017	0,86	<0,01	0,98
Amido	0,87	1,03	0,85	1,02	0,044	0,79	0,01	0,92
Coeficiente digestibilidade, %								
MS	79,6	70,7	84,2	73,9	0,022	0,08	<0,01	0,74
MO	81,2	71,7	85,6	75,4	0,021	0,06	<0,01	0,84
PB	78,6	72,0	83,9	74,6	0,020	0,06	0,01	0,50
FDN	65,4	47,9	71,1	55,4	0,031	0,04	<0,01	0,78
EE	72,4	63,8	79,4	69,5	0,044	0,18	0,04	0,73
CNF	86,0	80,4	89,7	83,9	0,020	0,14	0,01	0,72
Amido	90,6	88,0	91,0	90,2	0,016	0,29	0,21	0,66

¹ GMI = 80% milho grão inteiro, 20% pellet comercial proteico-mineral.

² GMIB = 74% milho grão inteiro, 20% pellet comercial proteico-mineral e 6% de inclusão de bagaço de cana de açúcar.

Tabela 5- Produção e amido fecal de novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de grãos de milho inteiro

Item	Nelore		Nelore x Angus		EPM	Valor <i>P</i>		
	GMI ¹	GMIB	GMI	GMIB		Raça	Dieta	R*D
Produção fecal, kg/dia	1,35	2,64	1,09	2,54	0,22	0,42	<0,01	0,71
Excreção amido fecal, kg	0,317	0,535	0,252	0,489	0,069	0,42	<0,01	0,89
Conc. amido fecal, %	23,84	19,60	23,30	16,11	2,36	0,37	<0,01	0,51

¹ GMI = 80% milho grão inteiro, 20% pellet comercial proteico-mineral.

² GMIB = 74% milho grão inteiro, 20% pellet comercial proteico-mineral e 6% de inclusão de bagaço de cana de açúcar.

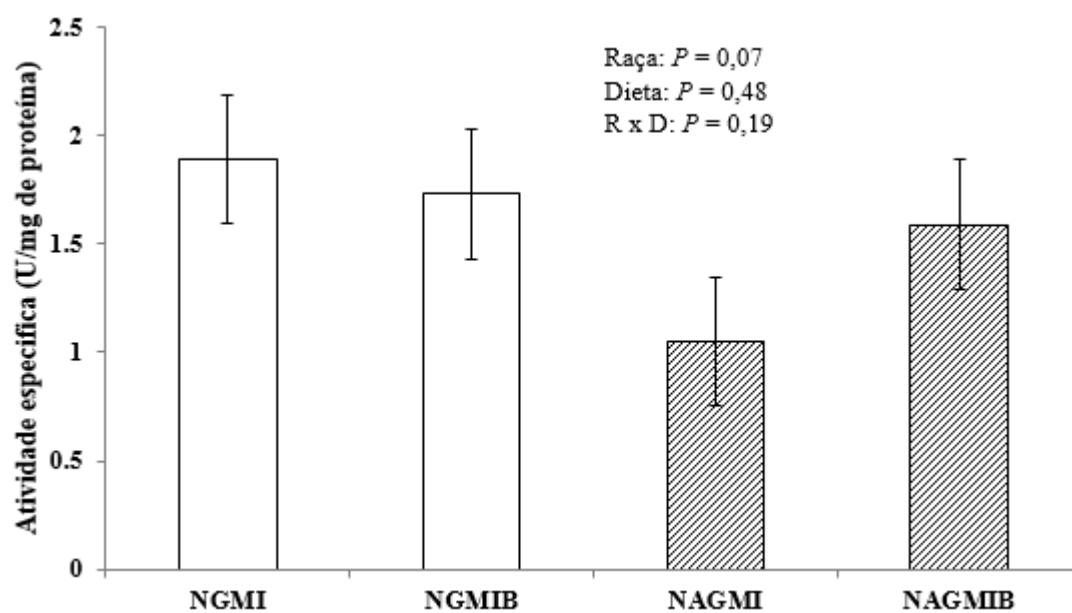


Figura 3 - Atividade específica (U/mg de proteína) da alfa-amilase pancreática em novilhos Nelore e Nelore x Angus alimentados com dietas de grãos de milho inteiro (GMI) e grão de milho inteiro e bagaço de cana (GMIB). EPM = 0,297

DISCUSSÃO

Novilhos Nelore x Angus apresentaram desempenho e características de carcaça superiores no confinamento, o que pode ser explicado, em parte, pelo maior CMS destes animais. Além disso, animais cruzados apresentam maior heterozigose que resulta em maior capacidade de ganho de peso. Segundo Roso e Fries (2000), a composição genética obtida na geração F1 é aquela que oferece resultados de desempenho mais vantajosos em função da expressão máxima da heterose. A causa da heterose é a ação gênica não aditiva (dominância, sobredominância e epistasia). Sendo que, a heterose pode ocorrer por uma ampla variedade de características de desempenho (Wakchaure et al., 2015). A maior digestibilidade da MS e dos nutrientes apresentada pelos novilhos Nelore x Angus também ajuda a explicar o maior GMD desses animais.

Pereira et al. (2009) relataram que animais oriundos do cruzamento entre taurinos e zebuínos apresentam maiores valores de AOL e que esse fato comprova a eficiência do cruzamento sobre o aumento da musculosidade. Os resultados deste estudo corroboram com a pesquisa de Pereira et al. (2009), já que os novilhos cruzados também apresentaram tendência para maior AOL. Além disso, estes novilhos tiveram maior espessura de gordura subcutânea, quando comparado aos novilhos Nelore. No marmoreio não observou diferença entre raça ou dieta, o que pode ser explicado pelo baixo peso de abate dos animais. Nesse caso, o baixo GMD, ocorrido em decorrência do baixo CMS e pelo fato dos animais serem castrados e não receberem implantes, além do fato de estarem em baias individuais, não permitiu que houvesse GMD elevado e deposição adequada de gordura de marmoreio, mesmo tendo as dietas 94 ou 100% de concentrado. Portanto, provavelmente não houve a possibilidade que os animais Nelore x Angus depositassem mais gordura intramuscular. A deposição de gordura intramuscular compreende uma sequência de eventos que se iniciam com a formação de pré-

adipócitos no músculo, com a diferenciação dos pré-adipócitos em adipócitos e com a maturação dos adipócitos intramusculares (Lee et al., 2010). Animais taurinos e britânicos são considerados precoces, apresentando maior deposição de gordura intramuscular, do que zebuínos, considerados mais tardios (Souza et al., 2012). Gentry et al. (2016), trabalhando com novilhos mestiço e abatidos acima dos 600 kg, encontraram que esses animais apresentaram 1 grau acima do escore de marmoreio encontrado neste experimento. Portanto, em sistemas que se preconiza a produção de carne com mais marmoreio, há a necessidade de se abater novilhos Nelore x Angus mais pesados. Caso contrário, o teor de gordura intramuscular é semelhante aos Nelore.

Segundo Murphy et al. (1994), as respostas de desempenho podem ser diferentes para animais alimentados individualmente do que aqueles alimentados em grupo. Quando alimentados individualmente, não se tem a competição pelo alimento com outros animais, por isso alimenta-se e mastiga-se mais devagar o alimento. Marques et al. (2016), trabalhando com dietas parecidas, mas com animais em baias coletivas, encontraram que tourinhos Nelore tiveram maior GMD nas dietas de GMI e GMIB, respectivamente (1,21 kg/d vs. 1,57 kg/d) quando comparado a este estudo. Já Carvalho et al. (2016), trabalhando com tourinhos Nelore alimentados com a dieta de GMI, em baias individuais, também encontraram GMD moderados (0,93 kg/d).

O menor CMS pelos novilhos alimentados com a dieta GMI também pode ser explicado pela presença de quimiorreceptores na parede muscular do rúmen-retículo, que detectam a produção de AGV (Furlan et al. 2006). Nesse caso, a redução do pH ruminal e, conseqüentemente, maior absorção de AGV nas suas formas protonadas, ativa esses receptores, diminuindo assim a motilidade do rúmen-retículo e, conseqüentemente, afetando o CMS. Contudo, a eficiência alimentar da dieta GMI foi igual à dieta GMIB. Todavia, Turgeon et al. (2010), encontraram que as dietas de GMI sem volumoso reduziram o CMS e

aumentaram a eficiência alimentar, em comparação com a dieta que incluía 7,8% do feno de alfafa como volumoso. Carvalho et al. (2016) também encontraram maior eficiência alimentar em animais alimentados com uma dieta GMI, em relação a uma dieta com 30% de silagem de milho e 70% de concentrado a base de milho moído. Outro fator que pode explicar o menor CMS na dieta GMI é a variação de CMS que foi maior com relação aos animais alimentados com a dieta GMIB. Schwartzkopf-Genswein et al. (2004) relataram que as flutuações de CMS acima de 10% podem afetar negativamente o desempenho dos animais em confinamento, sendo observada maior variação diária no pH ruminal. Além disso, a variação na ingestão diária pode ser usada como indicador da presença de acidose subclínica (Bevans et al., 2005).

O aumento da taxa de passagem na dieta GMIB também é outra explicação para o maior CMS, quando os animais receberam essa dieta. O efeito positivo sobre o CMS com a inclusão de pequena quantidade de volumoso em dietas com alta energia e contendo baixos teores de fibra em detergente neutro é amplamente relatado na literatura (Caetano et al., 2015; Marques et al., 2016; Neumann et al., 2016; Contadini et al., 2017). Neste caso, pode-se aumentar a taxa de passagem de grandes partículas de milho para o intestino delgado, e influenciar negativamente a digestão (Owens et al., 1986), o que explica a menor digestibilidade da dieta GMIB e seus componentes. Espera-se que a adição de volumoso estimule a ruminação (Shain et al., 1999) e aumente o fluxo de saliva e a motilidade ruminal (Nagaraja e Lechtenberg, 2007). No entanto, essa queda na digestibilidade dos nutrientes não é desejada.

A redução na concentração de amido fecal com a adição do bagaço reflete apenas o aumento da diluição de MS não digerida ou a maior produção fecal, além da menor concentração de amido dietético, e não uma maior digestibilidade do amido consumido, já que a digestibilidade do amido não foi influenciada pelas dietas. Portanto, deve-se ter cautela ao associar teores de amido fecal com a digestibilidade do amido (Gouvêa et al., 2016).

Porém, de acordo com Owens e Basalan (2013), vantagens adicionais podem ser derivadas de alterações na fermentação ruminal do amido, como maior produção de propionato e, conseqüentemente, menor produção de metano e aumentos na digestibilidade de outros componentes dietéticos, por exemplo, redução da interferência com a digestão de FDN pelo amido do grão que atinge o intestino grosso.

As taxas de consumo de MS e FDN são úteis para avaliar o quão rápido os animais consomem a alimentação oferecida (Silva et al., 2018) e, no presente estudo, os resultados demonstraram que as dietas não afetaram esta característica. Porém, novilhos Nelore tiveram maior taxa de ruminação/MS e taxa de ruminação/FDN, devido ao aumento no tempo ruminação, comparado aos Nelore x Angus. Isto pode demonstrar que zebuínos puros tentaram conter a queda do pH ruminal, independente da dieta utilizada, que nos dois casos eram pobres em FDN e propensas para causarem redução no pH. Contradizendo os dados deste estudo, Sarti et al. (2007), ao trabalharem com bovinos confinados e de diferentes graus de sangue Zebu, relataram que à medida que o nível de concentrado na dieta aumentou, animais com maior proporção de sangue europeu se mostraram mais eficientes tanto na ruminação da MS quanto da FDN, em comparação aos zebuínos puros. Provavelmente, esse maior tempo de ruminação nos animais Nelore e o menor CMS contribuiu para que esses animais apresentassem menor concentração de D-lactato, controlando de maneira mais eficiente a queda do pH ruminal e conseqüente de uma menor produção de AGV causada pela alta inclusão de amido da dieta. Embora o pH ruminal não tenha sido analisado neste estudo, Carvalho et al. (2016) observaram valores de pH ruminal médio para uma dieta com GMI e também sem volumoso de 5,74 em novilhos Nelore. De acordo com Murphy et al. (1994), o grão inteiro pode desempenhar papel em substituição ao volumoso nas dietas de terminação, controlando a taxa de fermentação ruminal, sendo de suma importância para evitar desordens

metabólicas. Sendo que o menor CMS pelos animais Nelore também explica a menor concentração de

Apesar da ausência de efeito de dieta e grupo genético sobre a digestibilidade do amido, a atividade da α -amilase pancreática apresentou-se maior nos novilhos Nelore, sendo está importante para a digestão do amido. Segundo Swanson et al. (2002), a infusão de amido diminui a atividade da α -amilase pancreática, e apesar dos novilhos Nelore x Angus não apresentarem maior CMS durante o ensaio de digestibilidade, estes apresentaram maior CMS durante todo o período experimental, e conseqüentemente maior ingestão de amido, explicando assim, a menor atividade da α -amilase pancreática para estes animais. Carvalho (2015) relatou que apesar da maior digestibilidade total do amido em tourinhos Angus, o pâncreas apresentou menor atividade da α -amilase quando comparado ao Nelore, sugerindo que o efeito de raça pode ser explicado pela maior ingestão de amido em touros Angus, que refletiu em maior fluxo de amido para o intestino delgado, ocasionando efeito negativo sobre a atividade da α -amilase. Dietas com alta inclusão de grãos são menos digeríveis em animais zebuínos, pois podem ter capacidade limitada para processar o amido (Tedeschi et al., 2012). Nuñez et al. (2013), trabalhando com animais Nelore em dietas de alto concentrado, com níveis de 73 e 91%, relataram que estes animais foram ineficientes em utilizar a dieta com maior teor de concentrado, reduzindo a digestibilidade do amido. Além disso, os animais zebuínos podem ter maior perda de amido fecal em dietas de baixo teor de FDN (Caetano et al., 2015). Portanto, apesar dos resultados da literatura relatarem menor aproveitamento do amido dietético por zebuínos, isso não ocorre por deficiência na atividade da α -amilase pancreática.

A condição nutricional pode afetar muitos aspectos da resposta imunológica, incluindo a migração celular, alteração na produção de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio e na produção de citocinas pró-inflamatórias, como o TNF- α (Oliveira et al., 2014). Esta citocina é

produzida principalmente por fagócitos mononucleares e está associada a uma ampla gama de atividades biológicas, incluindo processos inflamatórios, crescimento, diferenciação e apoptose (Mehta et al., 2018). As concentrações de TNF- α , independente da dieta, aumentaram ao longo do período experimental, indicando que os animais receberam uma dieta de qualidade do ponto de vista de balanço imunológico. Contudo, como hipotetizado, o volumoso na dieta não foi suficiente para evitar a ativação da resposta imune inata nesses animais. Portanto, mesmo o período experimental sendo precedido de uma adaptação a essas dietas, as concentrações elevadas desta citocina pro-inflamatória no meio do período experimental mostrou que esses animais estavam passando por uma resposta inflamatória (Carroll e Forsberg, 2007; Arthington et al., 2008) causado pelo alto teor de amido nas dietas. A resposta imune é estimulada pelo reconhecimento de padrões moleculares e pela presença de proteínas de fase aguda no sistema imune do animal, que posteriormente estimulam a liberação de citocinas pró-inflamatórias de macrófagos no local da inflamação ou infecção (Turvey e Broide, 2010). Essas proteínas de fase aguda são estimuladas pela alta fermentação dos carboidratos rapidamente fermentáveis no rúmen, e posteriormente, ao acúmulo dos ácidos graxos voláteis e ao abaixamento do pH ruminal, caracterizando um quadro de acidose ruminal subaguda. Sendo que, quando o rúmen se encontra em acidose, ocorre a liberação de LPS, que representa um padrão molecular associado a patógenos, também potencializador do aumento de TNF- α , devido à alta inclusão de amido na dieta (Nagaraja et al., 1978b; Turvey e Broide, 2010).

CONCLUSÃO

O uso de fonte de fibras em baixas quantidades, como o bagaço de cana de açúcar é indicado em dietas de grão de milho inteiro, pois aumenta o CMS e GMD sem influenciar a eficiência alimentar ou características de carcaça. Novilhos Nelore x Angus têm maior

desempenho em dietas com grão de milho inteiro do que Novilhos Nelore, pois estes têm maior capacidade de digestão destas dietas e de seus nutrientes.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa (Projeto: 457779/2014-4), a Fapemig - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Projeto CVZ – PPM: 00441-14), a Cargill Nutrição Animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, A. K., A. H. Lichtman, and S. Pillai. 2015. *Imunologia celular e molecular*. Elsevier, Rio de Janeiro.
- Arrigoni, M. B., C. L. Martins, L. M. N. Sarti, R. S. Barducci, M. C. S. Franzói, L. C. Vieira Júnior, and M. A. Factori. 2013. Níveis elevados de concentrado na dieta de bovinos em confinamento. *Veterinária e Zootecnia*. 20(4):539-551.
- Arthington, J. D., X. Qiu, R. F. Cooke, J. M. B. Vendramini, D. B. Araujo, C. C. Chase Jr, and S. W. Coleman. 2008. Effects of preshipping management on measures of stress and performance of beef steers during feedlot receiving. *J Anim Sci*. 86(8):2016-2023. doi: 10.2527/jas.2008-0968.
- Baumann, H., and J. Gauldie. 1994. The acute phase response. *Immunol. Today*. 15:74–80.
- Bevans, D. W., K. A. Beauchemin, K. S. Schwartzkopf-Genswein, J. J. McKinnon, and T. A. McAllister. 2005. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. *J. Anim. Sci*. 83(5):1116–1132.
- Caetano, M., R.S. Goulart, S.L. Silva, J.S. Drouillard, P.R. Leme, D.P.D. Lanna. 2015. Effect of flint corn processing method and roughage level on finishing performance of Nelore based cattle. *J. Anim. Sci*. 93(8):4023–4033. doi: 10.2527/jas.2015-9051.

- Carroll, J. A., and N. E. Forsberg. 2007. Influence of stress and nutrition on cattle immunity. *Vet. Clin. North Am Food Anim. Practice*. 23(1):105-149.
- Carvalho, J. R. R. 2015. Performance and postruminal starch digestion of Nellore and Angus young bulls fed with whole shelled corn without forage. PhD Diss., Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brazil.
- Carvalho, J. R. R., M. L. Chizzotti, J. P. Schoonmaker, P. D. Teixeira, R. C. Lopes, C. V. R. Oliveira, and M. M. Ladeira. 2016. Performance, carcass characteristics, and ruminal pH of Nellore and Angus young bulls fed a whole shelled corn diet. *J. Anim. Sci.* 94(6):2451-2459. doi: 10.2527/jas.2015-0162.
- Contadini, A. M., F. A. Ferreira, R. R. S. Corte, D. S. Antonelo, J. F. M. Gómez, and S. L. Silva, 2017. Roughage levels impact on performance and carcass traits of finishing Nellore cattle fed whole corn grain diets. *Trop. Anim Health Prod.* 49(8):1709-1713. doi: 10.1007/s11250-017-1381-x.
- Cooke, R. F., and D. W. Bohnert. 2011. Technical note: bovine acute-phase response after corticotrophin-release hormone challenge. *J. Anim. Sci.* 89(1):252–257. doi: 10.2527/jas.2010-3131.
- Cooper, R., and T. Klopfenstein. 1996. Effects of Rumensin and feed intake variation on ruminal pH. Elanco Animal Health, Greenfield, IN.
- Dow, D. L., B. R. Wiegand, M. R. Ellersieck, and C. L. Lorenzen. 2011. Prediction of fat percentage within marbling score on beef longissimus muscle using 3 different fat determination methods. *J. Anim. Sci.* 89(4):1173-1179. doi: 10.2527/jas.2010-3382.
- Furlan, R. L., M. Macari, and D. E. Faria Filho. 2006. Anatomia e fisiologia do trato gastrintestinal. In: T. T. Berchielli, editor, *Nutrição de Ruminantes*. Ed. FUNEP, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. p. 1–21.

- Gentry, W. W., C. P. Weiss, C. M. Meredith, F. T. McCollum, N. A. Cole, and J. S. Jennings. 2016. Effects of roughage inclusion and particle size on performance and rumination behavior of finishing beef steers. *J. Anim. Sci.* 94(11):4759-4770. doi: 10.2527/jam2016-1406.
- Gouvêa, V. N., F. Batistel, J. Souza, L. J. Chagas, C. Sitta, P. R. Campanili, D. B. Galvani, A. V. Pires, F. N. Owens and F. A. Santos. 2016. Flint corn grain processing and citrus pulp level in finishing diets for feedlot cattle. *J. anim. Sci.* 94(2):665-677. doi: 10.2527/jas.2015-9459.
- Gozho, G. N., J. C. Plaizier, D. O. Krause, A. D. Kennedy, and K. M. Wittenberg. 2005. Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. *J. Dairy Sci.* 88(4):1399-1403.
- Harmon, D. L. Understanding starch utilization in the small intestine of cattle. 2009. *Asian-Aust J Anim Sci.* 22(22):915-922. doi: 10.5713/ajas.2009.r.08.
- Khafipour, E., D. O. Krause., and J. C. Plaizier 2009. A grain-based subacute ruminal acidosis challenge causes translocation of lipopolysaccharide and triggers inflammation. *J. Dairy Sci.* 92(3):1060–1070. doi: 10.3168/jds.2008-1389..
- Krehbiel, C.R., K. K. Kreikemeier, and C. L. Ferrell. 2000. Influence of *Bos indicus* crossbreeding and cattle age on apparent utilization of a high-grain diet. *J. Anim. Sci.* 78(6):1641-1647.
- Kreikemeier, K. K., D. L. Harmon, R. T. Brandt Jr, T. B. Avery and D. E. Johnson, D. E. 1991. Small intestinal starch digestion in steers: effect of various levels of abomasal glucose, corn starch and corn dextrin infusion on small intestinal disappearance and net glucose absorption. *J. Anim. Sci.*, 69(1):328-338.

- Lee, S., E. A. Decker, A., C. Faustman and R. A. Mancini. 2005. The effects of antioxidant combinations on color and lipid oxidation in n-3 oil fortified ground beef patties. *Meat Sci.* 70:683-689. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.02.017.
- Lowry, O. H., N. J. Rosenbrough, A. L. Farr, and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193:265–275.
- Marques, R.S., L. J. Chagas, F. N. Owens, and F. A. P. Santos. 2016. Effects of various roughage levels with whole flint corn grain on performance of finishing cattle. *J. Anim. Sci.*, 94(1):339–348. doi: 10.2527/jas.2015-9758.
- Mehta, A. K., D. T. Gracias, and M. Croft. 2018. TNF activity and T cells. *Cytokine* 101:14-18. doi: 10.1016/j.cyto.2016.08.003.
- Millen, D. D., R. D. L. Pacheco, M. D. B. Arrigoni, M. L. Galyean, and J. T. Vasconcelos. 2009. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *J. Anim. Sci.* 87(10):3427-3439. doi: 10.2527/jas.2009-1880.
- Murata, H.; N. Shimada and M. Yoshioka. 2004. Current research on acute phase proteins in veterinary diagnose: an overview. *Vet. J.* v. 168(1), p. 28-40.
- Murphy, T.A.; Fwharty, F.L.; Loerch, S.C. 1994. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all – concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 72(6):1608-1615.
- Nagaraja TG, E. E. Bartley, L. R. Fina, and H. D. Anthony. 1978. Relationship of rumen gram-negative bacteria and free endotoxin to lactic acidosis in cattle. *J Anim Sci.* 47(6):1329-1337.
- Nagaraja, T. G., and K. F. Lechtenberg. 2007. Acidosis in feedlot cattle. *Vet. Clin: North Am. Food Anim. Pract.* 23(2):333-350.

- NASEM. 2016. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine: Nutrient Requirements of Beef Cattle: 8th ed. The Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Neumann M., R. K. Ueno, L. F. Perussolo, L. F. M. Gheller, M. Poczynek, J. O. J. Barcellos, V. H. Bumbieris Junior. 2016. Introduction of sugar cane bagasse pellets in diets devoid of long fiber for feedlots finished steers. *Semina: Ciênc. Agrar.* 37(5):3305-3316.
- Nuñez A. J. C., M. Caetano, A. Berndt, J. J. A. D. A. Demarchi, P. R. Leme, and D. P. D. Lanna. 2013. Combined use of ionophore and virginiamycin for finishing Nellore steers fed high concentrate diets. *Sci. Agric.* 70(4), 229-236. doi: 10.1590/S0103-90162013000400002.
- Olbrich Jr, J. F. 1996. The effect of corn particle size and corn silage level on the performance of Angus (*Bos taurus*) and Brahman (*Bos indicus*) steers. PhD Thesis. Animal Science - University of Florida, Gainesville.
- Oliveira, C. A., and D. D. Millen. 2014. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197:64-75. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2014.08.010.
- Oliveira, D. C., A. A. Hastreiter, A. S. Mello, J. S. Oliveira Beltran, E. W. Oliveira Santos, P. Borelli, and R. A. Fock. 2014. The effects of protein malnutrition on the TNF-RI and NF-κB expression via the TNF-α signaling pathway. *Cytokine.* 69(2):218-225. doi: 10.1016/j.cyto.2014.06.004.
- Owens, F.N., and M. Basalan. 2013. Grain processing: gain and efficiency responses by feedlot cattle. In: Proc. Plains Nutrition Council Spring Conference, San Antonio, Texas.
- Owens, F.N., and S. Soderlund. 2007. Ruminant and postruminal starch digestion by cattle. In: Proc. Pioneer Hi-bred, a Dupont Business Conference, Johnston, Iowa. p.16–128.

- Pereira, P. M. R. C., M. F. Pinto, U. G. P. Abreu, and J. A. F. Lara. 2009. Características de carcaça e qualidade de carne de novilhos superprecoces de três grupos genéticos. *Pesq. Agropec. Bras.* 44(11):1520-1527.
- Rabelo, M. M. A., A. V. Pires, I. Susin, C. Q. Mendes, R. C. Oliveira Jr., R. S. Gentil, and E. M. Ferreira. 2008. Avaliação do efeito do bagaço de cana de-açúcar in natura obtido por dois métodos sobre o desempenho e o comportamento ingestivo de bovinos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 60(3):698-704. doi: 10.1590/S0102-09352008000300026.
- Roso, V. M., and L. B. Fries. 2000. Avaliação das heteroses materna e individual sobre o ganho de peso do nascimento ao desmame em bovinos Angus x Nelore. *Rev. Bras. Zootec.* 29(3):732-737. doi: 10.1590/S1516-35982000000300014.
- Sarti, L. M. N., R. D. L. Pacheco, D. D. Millen, M. B. Millen, M. V. Fossa, S. A. Matsuhara, M. Parrili, C. L. Martins, H. N. Oliveira, T. M. Mariam, J. P. S. T. Bastos, L. F. S. Niero. 2007. Evaluation of feeding behavior of young cattle from different genetic groups fed with high concentrate diets with different NDF levels. *J. Anim. Sci.* 85(Suppl.1):552-553.
- Schwartzkopf-Genswein, K. S., K. A. Beauchemin, T. A. McAllister, D. J. Gibb, M. Streeter, and A. D. Kennedy. 2004. Effect of feed delivery fluctuations and feeding time on ruminal acidosis, growth performance, and feeding behavior of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 82(11):3357-3365.
- Shain, D. H., R. A. Stock, T. J. Klopfenstein, and D. W. Herold. 1999. The effect of forage source and particle size on finishing yearling steer performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 77:1082-1092.
- Silva, J. D., T. V. B. Carrara, M. C. S. Pereira, C. A. Oliveira, I. C. Batista Júnior, D. H. M. Watanabe, A. L. N. Rigueiro, M. B. Arrigoni, and D. D. Millen. 2018. Feedlot

- performance, feeding behavior and rumen morphometrics of Nelore cattle submitted to different feeding frequencies. *Sci. Agric.* 75(2):121-128. doi: 10.1590/1678-992x-2016-0335.
- Souza, E. J. O., E. J. O. Valadares Filho, A. Guim, R. F. D. Valadares, P. V. R. Paulino, M. A. Ferreira, T. R. Torres, and J. F. Lage. 2012. Taxa de deposição de tecidos corporais de novilhas Nelore e suas cruzas com Angus e Simental. *Ver. Bras. Saúde Prod. Anim.* 13(2):344-359. doi: 10.1590/S1519-99402012000200005.
- Souza, V. L. 2011. Desempenho e utilização de nutrientes por vacas leiteiras suplementadas com *bacillus subtilis*. PhD Tesis. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Swanson, K. C., C. J. Richards, and D. L. Harmon. 2002. Influence of abomasal infusion of glucose or partially hydrolyzed starch on pancreatic exocrine in beef steers. *J. Anim. Sci.* 80(4):1112-1116.
- Tedeschi, L.O., F. N. Owens, D. P. Poppi, G. E. Carstens, and C. Boin. 2012. Grain processing interactions with cattle breed (*Bos indicus* and *Bos taurus*). *Proc. 7th Inter. Cong. Beef Cattle, Sao Pedro* p.1–19.
- Teixeira, P. D., D. M. Oliveira, M. L. Chizzotti, A. Chalfun-Junior, T. C. Coelho, M. Gionbelli, L. V. Paiva, J. R. R. Carvalho, and M. M. Ladeira. 2017. Subspecies and diet affect the expression of genes involved in lipid metabolism and chemical composition of muscle in beef cattle. *Meat Sci*, 133:110-118. doi: 10.1016/j.meatsci.2017.06.009.
- Turgeon, O. A., J. I. Szasz, W. C. Koers, M. S. Davis, and K. J. Vander Pol. 2010. Manipulating grain processing method and roughage level to improve feed efficiency in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 88(1):284-295. doi: 10.2527/jas.2009-1859.
- Turvey, S. E., and D. H. Broide. 2010. Innate immunity. *J. Allergy Clinical Immunol.* 125(2):S24-S32.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74(10):3583-3597.

Wakchaure, R., Ganguly, S., Praveen, P. K., Sharma, S., Kumar, A., Mahajan, T., and Qadri, K. 2015. Importance of heterosis in animals: a review. *International Journal of Adv. Eng. Techn. Innov. Sci.* 1(1):01-05.