**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Avaliação da inclusão de silagem de milho grão reconstituído no concentrado
inicial de bezerros leiteiros em aleitamento**

Sophia Cattleya Dondé

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra
em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens

**Piracicaba
2022**

Sophia Cattleya Dondé
Zootecnista

**Avaliação da inclusão de silagem de milho grão reconstituído no concentrado inicial de
bezerros leiteiros em aleitamento**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profa. Dra. **CARLA MARIS MACHADO BITTAR**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra
em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens

Piracicaba
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Dondé, Sophia Cattleya

Avaliação da inclusão de silagem de milho grão reconstituído no concentrado inicial de bezerros leiteiros em aleitamento / Sophia Cattleya Dondé. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2022.

59 p.

Dissertação (Mestrado) - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Silagem de milho grão reconstituído 2. Acidose ruminal 3. Desenvolvimento ruminal
3. Morfologia ruminal I. Título

DEDICATÓRIA

A meus pais, Fred e Maria Cecília, que sempre me deram forças para chegar até aqui.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Aos meus avós, José e Maria, que me deram minha primeira bezerra quando eu tinha uns 13 anos e, sem saber, alimentaram um amor pelos bezerros. Aos meus pais, que sempre me deram muito amor, forças e inspiração para melhorar a cada dia e seguir meu caminho com dedicação e sabedoria. À minha “pequena” família em formação, Enzo e Jade Maria, os quais se tornaram meu alicerce, sempre relembrando do meu valor e me enchendo de amor incondicional. A todos os meus familiares que sempre torceram por mim.

À professora Carla Maris Machado Bittar, que acreditou no meu potencial apesar das minhas condições pessoais, sempre exigindo o meu melhor e me impulsionando a ser uma profissional de excelência.

Ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ao programa de “Ciência Animal e Pastagens” e a todos os professores que contribuíram com seus ensinamentos.

Às minhas grandes amigas, Paulinha e Ari, que acreditaram em mim quando nem eu mesma acreditava, sempre me guiando e caminhando ao meu lado nessa jornada. Às estagiárias, Galega e Gaúcha, que mesmo antes do meu experimento começar me ajudaram nos bastidores e se tornaram amigas para a vida toda.

À minha terapeuta, Paola, que me acompanhou o durante todo esse percurso, ajudando-me a encontrar o “meu” lugar.

A todos os integrantes do Clube de Criação de Bezerros (CCB) e meus colegas do Grupo de Pesquisa em Metabolismo Animal da ESALQ, ajudaram no campo e tornaram os dias de trabalho mais leves. Ao Gercino que me auxiliou na escrita desse trabalho e artigo. Aos meninos e funcionários do CT/CPZ, Kfú, Dirrubado, Tuki, Leiteira, Trambiqueiro, Niltu, Xico, Neco, Wagner e Elvis, que estavam sempre dispostos a ajudar da melhor forma e compartilhar momentos de descontração.

Ao professor Daniel Montanher Polizel e ao grupo do ESALQLab pelo auxílio com as análises bromatológicas.

Aos funcionários do Setor de Não Ruminantes, que mesmo em início à pandemia não hesitaram em nos ajudar na rotina do trabalho.

Muitíssimo obrigada!!

EPÍGRAFE

“Happiness can be found even in the darkest of time when one only remembers to turn on the light.”

Albus Dumbledore - Harry Potter and the Prisoner of Azkaban

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
Desenvolvimento ruminal	11
Composição de dieta sólida para bezerros	13
Silagem de milho grão reconstituído.....	15
Acidose ruminal.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
Animais, instalações e manejo alimentar	21
Desempenho, parâmetros sanguíneos e morfologia	24
Análise estatística	26
4. RESULTADOS	29
Consumo, desempenho, crescimento corporal e escore fecal.....	29
Parâmetros sanguíneos	32
Parâmetros de fermentação ruminal e N-NH ₃	35
Peso dos órgãos	36
Parâmetros morfométrico do epitélio ruminal	37
5. DISCUSSÃO	39
6. CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS	49

RESUMO

Avaliação da inclusão de silagem de milho grão reconstituído no concentrado inicial de bezerros leiteiros em aleitamento

A substituição de milho grão moído por silagem de milho grão reconstituído pode auxiliar no melhor e mais precoce desenvolvimento ruminal, entretanto, por se tratar de uma fonte de amido altamente fermentável, pode causar distúrbios metabólicos, como a acidose, impactando no consumo e desempenho animal. Foram utilizados trinta e seis bezerros recém-nascidos da raça Holandesa, distribuídos em delineamento de blocos casualizados, considerando o sexo, o peso ao nascer ($34,844 \pm 1,32$ kg) e a data de nascimento. Os animais foram distribuídos em dois tratamentos: 1. CON: concentrado a base de milho grão moído, farelo de soja, casquinha de soja e premix de minerais e vitaminas e 2. SMGR: concentrado com a mesma composição, mas com substituição de milho grão moído por silagem de milho grão reconstituído. O experimento teve duração de 70d, os animais foram alimentados com 6L/d de leite integral e concentrado. Foi considerado um período de transição referente à oitava semana, na qual iniciou-se desaleitamento e o fornecimento de feno *ad libitum* para ambos os tratamentos. O consumo de ração foi medido diariamente. O ganho de peso e os indicadores metabólicos do metabolismo intermediário foram avaliados semanalmente. O líquido ruminal foi coletado nas semanas 8 e 10 de idade. Ao completarem 70 dias de vida, animais dos últimos blocos (5 animais por tratamento) foram abatidos e realizadas análises morfológicas do rúmen. A substituição pela silagem de grão promoveu uma maior eficiência alimentar durante o período de aleitamento. O consumo de matéria seca (g) de concentrado foi maior para os animais alimentados com a dieta controle no período de transição. A dieta controle promoveu maiores concentrações dos ácidos isovalérico e isobutírico e nitrogênio amoniacal. Animais consumindo a dieta controle apresentaram maior escore fecal durante todo o período experimental. Em relação aos parâmetros sanguíneos, a dieta controle promoveu maior concentração de proteína total, enquanto a dieta silagem de milho grão reconstituído promoveu maior concentração de glicose plasmática. A substituição do grão de milho moído por silagem de milho grão reconstituído se mostrou vantajosa durante o período de aleitamento, entretanto, no período de transição, ela se mostrou capaz de promover distúrbios metabólicos, como a acidose, e diminuir o consumo dos animais.

Palavras-chave: Silagem de milho grão reconstituído, Acidose ruminal, Desenvolvimento ruminal, Morfologia ruminal

ABSTRACT

Evaluation of the inclusion of reconstituted grain corn silage in the initial concentrate of dairy calves

The replacement of ground corn grain by reconstituted corn grain silage can help in better and earlier rumen development. However, as it is a highly fermentable starch source, it can cause metabolic disorders, such as acidosis, negatively impacting intake and animal performance. Thirty-six newborn Holstein calves were used, distributed in a randomized block design, considering sex, birth weight ($34,844 \pm 1.32$ kg) and birth data. The animals were distributed in two treatments: 1. CON: concentrate based on corn ground grain, soybean meal, soy husk and premix of minerals and vitamins; and 2. RCGS: concentrate with the same composition but with replacement of ground corn by reconstituted corn silage. The experiment lasted 70d, and the animals were fed 6L/d of whole milk and starter. A transition period to the eighth week was considered, in which weaning and ad libitum hay supply for both treatments began. Weight gain and metabolic indicators of intermediate metabolism were collected weekly. Rumenal fluid was collected at 8 and 10 weeks of age. After completing 70 days of life, animals from the last blocks (5 animals per treatment) were slaughtered for morphological analysis of the rumen. Feed intake was measured daily. The replacement by grain silage promoted greater feed efficiency during the pre-weaning period. The dry matter intake (g) of concentrate was higher for animals fed the control diet in the transition period. The control diet promoted higher isovaleric and isobutyric acids and ammonia nitrogen concentrations. Animals at the control diet had higher fecal scores throughout the experimental period. Regarding blood parameters, the control diet promoted the highest concentration of total protein, while the silage diet promoted the highest plasma glucose concentration. The replacement of ground grain corn by reconstituted grain corn silage was efficient during the preweaning period; however, its use in the transition period proved to be capable of general metabolic disorders, such as acidosis and decreased intake.

Keywords: Reconstituted corn silage, Rumenal acidosis, Rumenal development, Rumenal morphology

1. INTRODUÇÃO

Na produção pecuária leiteira, a criação de bezerras deve ser considerada o primeiro passo para a melhoria da genética do rebanho. Além de permitir o descarte anual de vacas velhas ou com problemas reprodutivos, a criação de fêmeas de reposição permite o aumento do potencial produtivo do rebanho (Santos e Damasceno, 1999).

Segundo Bittar (2009), a produção de animais em crescimento apresenta elevado custo, principalmente durante a fase de aleitamento, influenciando os produtores a buscar técnicas que possibilitem o desaleitamento precoce sem que haja prejuízos no desempenho animal. Nesta perspectiva, há a busca por práticas alimentares que auxiliem no desenvolvimento ruminal mais rapidamente, tornando o animal independente da dieta líquida sem afetar o seu desempenho ou resultar em distúrbios metabólicos. Um dos principais objetivos na fase de aleitamento é estimular o consumo de concentrado. Durante esta fase o animal desenvolverá o sistema de digestão próprio de ruminantes e, ao final, deverá estar apto a sobreviver e crescer apenas se alimentando de dieta sólida composta de concentrado e volumoso. Embora este processo seja de grande importância quando se adota programa de aleitamento convencional (4L/d) e se deseja desaleitar o animal em idades bem jovens, não é menos importante em sistemas de aleitamento intensivo. Animais que recebem maiores volumes de dieta líquida têm reduzido consumo de concentrado (Gelsinger et al., 2017), o que dificulta o processo de desaleitamento. Em muitas situações o produtor perde o investimento realizado com o fornecimento de maiores volumes de dieta líquida, pois animais desaleitados com o consumo de dieta sólida reduzido perdem peso ou diminuem bastante seu ritmo de crescimento.

Sabe-se que o consumo precoce de alimentos sólidos é o que determina o momento ideal para o desaleitamento de bezerras saudáveis e com capacidade metabólica de manter suas taxas de crescimento. Dietas que viabilizam a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), especialmente os ácidos butírico e propiônico, estimulam o desenvolvimento do epitélio ruminal, permitindo que a bezerra seja capaz de absorver produtos finais de fermentação e utilizá-los como fonte de energia. Por consequência, as bezerras se tornam aptas ao desaleitamento de forma eficiente, o que reduz o estresse durante a fase de transição.

A fase de transição de pré-ruminante para ruminante funcional está relacionada ao desenvolvimento do rúmen, onde se estabelecerão microrganismos que realizarão fermentação da dieta consumida. Na fase pré-ruminante, a dieta é basicamente líquida, o principal órgão digestivo é o abomaso, a fonte de energia é principalmente glicose e a proteica, totalmente proveniente da dieta. Já no ruminante funcional, a dieta está na forma sólida, as fontes de energia

utilizadas pelo animal são os AGCC e glicose proveniente de digestão intestinal, e a fonte proteica é composta de proteína microbiana e proteína sobrepassante (Bittar e Ferreira, 2016).

Portanto, a fermentação ruminal do concentrado inicial em bezerros é responsável por promover o desenvolvimento de papilas (Stobo et al., 1966) devido ao aumento da produção de butirato e propionato (Sanderet al., 1959). Considerando este aspecto, a adição de alimentos processados e de fácil fermentação auxiliariam mais no desenvolvimento do rúmen. Assim sendo, o objetivo desse trabalho na substituição do milho grão moído por silagem de milho grão reconstituído no concentrado foi o de avaliar os parâmetros de desempenho, metabolismo e desenvolvimento ruminal de bezerros da raça Holandês recebendo concentrado com 30% de FDN durante o período de aleitamento. Acredita-se que a silagem de milho grão reconstituído seja capaz de melhorar o desempenho animal e desenvolvimento ruminal sem que haja prejuízos no consumo, ganho de peso ou desenvolvimento do epitélio ruminal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Desenvolvimento ruminal

A dieta líquida representa mais da metade do custo de produção na criação de bezerras, sendo a principal fonte de nutrientes para os animais nessa fase (Bittar et al., 2018). No entanto, o volume oferecido de dieta líquida é inversamente proporcional ao consumo de dieta sólida (Bittar et al., 2018). Assim, ao diminuir a quantidade de dieta líquida fornecida ao animal, o suprimento de suas exigências nutricionais não é atendido, induzindo o animal a consumir o concentrado disponível para o complemento da nutrição. No entanto, o fornecimento de volumes restritos de dieta líquida pode resultar em menor desempenho animal, mesmo com o aumento no consumo de concentrado. Assim, programas alimentares com maior fornecimento de dieta líquida, mas preocupação com o consumo de dieta sólida ao final do período de aleitamento são as mais adequadas. Além disso, a colonização microbiana no rúmen e o estímulo ao consumo de concentrado nesse período são fatores importantes para o desenvolvimento ruminal e, consequentemente, para o desaleitamento sem prejuízos ao desempenho animal.

Os ruminantes nascem com o abomaso desenvolvido, em contrapartida, o retículo-rúmen é imaturo e não funcional, correspondendo a cerca de 30% do total dos quatro compartimentos. Entretanto, com 3 a 4 semanas, à medida que o animal consome alimento concentrado, essa mesma porção passa a corresponder a 60% do total dos compartimentos e o abomaso apenas a 27% (Huber et al., 1969). O processo de desenvolvimento ruminal em animais jovens está relacionado a uma série de mudanças anatômicas e fisiológicas do aparelho digestivo (Beharka et al., 1998). Além dessas mudanças, gradualmente a principal fonte de energia para o animal muda de glicose para os AGCC, principalmente, o ácido propiônico, convertido a glicose no fígado através da gliconeogênese.

Khan et al. (2008) afirmaram que o desenvolvimento ruminal relaciona-se com o aumento da musculatura e volume do rúmen, a capacidade de ruminação, a colonização de populações microbianas que degradam carboidratos liberando AGCC, e a capacidade absorviva do epitélio ruminal, pelo desenvolvimento de papilas saudáveis. A ingestão de dietas sólidas concentradas antes do desaleitamento em bezerros estimula a proliferação microbiana ruminal e a produção de AGCC, o que inicia o desenvolvimento ruminal (Harrison et al., 1960). Portanto, alterações no CMS devido às diferenças no processamento de grãos podem influenciar o desenvolvimento ruminal (Hongbing Gui e Zanming Shen, 2016). Os ácidos butírico e o propiônico são utilizados como fonte de energia pelo epitélio ruminal e assim influenciam o seu desenvolvimento (Tamate et al., 1962).

Este aspecto mostra a importância da adoção de um plano alimentar adequado ao crescimento e desenvolvimento dos animais após a colostragem. Este programa deve obrigatoriamente considerar que são animais pré-ruminantes, ou seja, animais que ainda não possuem o rúmen desenvolvido e, conseqüentemente, não apresentam capacidade total de utilizar alimentos sólidos e fibrosos (Drackley, 2008). Dessa forma, além destes animais dependerem fortemente dos nutrientes provenientes da dieta líquida, precisam receber concentrado formulado com ingredientes de alta digestibilidade. Fatores como a natureza do alimento sólido oferecido (Khan et al., 2011) podem afetar o desenvolvimento ruminal, induzindo o estabelecimento de um ecossistema microbiano precoce (Baldwin et al., 2004), o qual irá aumentar os produtos de fermentação ruminal e desencadear o desenvolvimento epitelial deste órgão.

O perfil de produtos finais da fermentação pelos microrganismos é determinado pelo tipo e qualidade da dieta sólida oferecida aos animais. A ingestão de alimentos concentrados é responsável pelo aumento da concentração ruminal dos ácidos butírico e propiônico, responsáveis pelo maior desenvolvimento das papilas (Costa et al., 2008), pois estes estimulam uma maior atividade metabólica no epitélio, acelerando a maturação deste órgão (Bittar e Ferreira, 2016). A dieta influencia a área de superfície da papila ruminal, ou seja, a capacidade de absorção ruminal (Gäbel et al., 1987; Bannink et al., 2008) e saúde animal. Como produtos de fermentação ruminal, AGCC induzem alterações morfofuncionais nas papilas ruminais (Gäbel et al., 1991; Krehbiel et al., 1992; Nozière et al., 2000).

De acordo com Davis & Drackley (1998) os concentrados para bezerros devem ser compostos de ingredientes com alta digestibilidade, uma vez que o rúmen está em desenvolvimento. As recomendações são de teores de proteína bruta (PB) em torno de 20-22%, 80% de nutrientes digestíveis totais (NDT), fibra em detergente neutro (FDN) entre 15 e 25% e fibra em detergente ácido (FDA) entre 6 e 20%. As amplas faixas de recomendação de teores de FDN e FDA revelam a importância da fibra no concentrado, pois os teores mínimos têm como objetivo garantir a saúde do epitélio ruminal, e os teores máximos garantem a inclusão de ingredientes de alta digestibilidade. A inclusão de maiores teores de FDN não deprime o consumo de concentrado, o desempenho animal ou o desenvolvimento ruminal quando a fonte de FDN é de alta qualidade, a exemplo da casquinha de soja (Poczyneck et al., 2020). Beiranvand et al. (2014) e Mirzaei et al. (2015) descreveram que o fornecimento de forragem para bezerros recém-nascidos estabiliza o ambiente ruminal e o pH, agindo como um estimulador da atividade de mastigação e o desenvolvimento muscular do rúmen, além de manter a funcionalidade das papilas ruminais, o que resulta em melhoria do consumo de ração e no

desempenho do crescimento (Castells et al., 2012; Montoro et al., 2013; Beiranvand et al., 2014; EbnAli et al., 2016). Todavia, bezerros tendem a substituir o consumo do concentrado pelas forragens de alta qualidade, como por exemplo o feno de alfafa. A fermentação de alimentos concentrados e não de volumosos é que garante maior produção dos ácidos butírico e propiônico, muito embora a presença de fibra na dieta tenha efeitos importantes na manutenção da saúde ruminal. Dirksen et al. (1984) e Gäbel et al. (1991) atrelaram o aumento da área de superfície de papilas ruminais com o aumento da absorção de AGCC em animais alimentados com dietas de alto concentrado. A baixa ingestão de concentrado por bezerros pode limitar o desenvolvimento ruminal e diminuir os ganhos durante o desaleitamento, por causa da baixa ingestão de nutrientes totais e menor digestibilidade ruminal (Terré et al., 2006, 2007; Hill et al., 2010).

Composição de dieta sólida para bezerros

A principal fonte de concentrado energético utilizado na alimentação de bezerros são os grãos de cereais, principalmente o milho. A energia proporcionada por este ingrediente é proveniente do amido fermentado no rúmen ou digerido nos intestinos. O amido pode representar de 60 a 70% da maioria dos grãos cereais (Rooney e Pflugfelder, 1986) e sua digestibilidade pode ser afetada por diversos fatores, os principais são as propriedades dos grãos e métodos de processamentos.

Existe uma camada externa protetora, no entorno dos grãos, chamada de pericarpo, rica em fibra, porém de baixa digestibilidade. No interior dos grãos, tem-se o endosperma rico em amido e o gérmen rico em óleo (McAllister et al., 2006). O amido é um polissacarídeo utilizado como reserva de energia pelos vegetais, e sua molécula é composta principalmente por amilose, um polímero de cadeia linear, e amilopectina, polímero de cadeia ramificada, ambos são ligados por pontes de hidrogênio (Santos et al., 2016). Os grânulos de amido ricos em amilose são menos digestíveis em comparação aos grânulos ricos em amilopectina.

A digestão microbiana é dificultada pela presença do pericarpo, além das fortes ligações entre os grânulos de amido e a presença da matriz proteica que os circunda (Franzoni, 2012). As estruturas químicas dos grânulos de amido com as proteínas, afetam tanto a taxa quanto a extensão da fermentação ruminal (Streeter et al., 1990; Philippeau et al., 2000). Os grânulos de amido presentes no endosperma farináceo, estão mais fracamente ligados às proteínas, tornando-os mais fermentáveis do que os grânulos embutidos na matriz proteica do endosperma vítreo (Huntington et al., 2006).

No ambiente ruminal, a fermentação do amido se inicia com a hidrólise do amido pela ação de enzimas secretadas por microrganismos ruminais. Dentre esses microrganismos, temos as bactérias realizando a maior parte da fermentação dos carboidratos, protozoários ciliados que também fermentam carboidratos e os fungos, que possuem enzimas capazes de realizar a fermentação de certos carboidratos. Após o amido ser degradado em maltose e glicose, as bactérias sacarolíticas utilizaram esses açúcares como fonte de energia produzindo o piruvato, um intermediário da fermentação de todos os carboidratos, o qual será convertido em AGCC, CO_2 e CH_4 (Yokohama e Johnson, 1988).

Em geral, com aumento do fornecimento de amido na dieta dos animais, ocorre aumento na produção de ácidos orgânicos, principalmente dos AGCC, e proteína microbiana, mas com redução na digestão de fibras, concentrações de amônia e a proporção de acetato:propionato (Poore et al., 1993; Martin et al., 1999; Philippeau et al., 1999; Oba e Allen, 2003). Muitos dos efeitos negativos observados com o fornecimento de concentrados inadequados em fibra estão relacionados a alta fermentação do amido resultando em ácido lático e consequente redução no pH ruminal. Nestas situações são comuns as grandes variações no consumo de concentrado, provavelmente como resposta a acidose ruminal. Assim, a substituição do milho (amido), por fontes alternativas como polpa cítrica e casquinha de soja, que possam auxiliar na adequação do teor de fibra do concentrado, estabilizando o consumo, o desenvolvimento ruminal e consequentemente o desempenho dos animais.

Em trabalho de Oltramari et al (2016), substituindo o milho por polpa cítrica, observou-se que essa substituição não afetou o consumo de concentrado, assim como o consumo, o peso vivo e ganho de peso médio diário. Já em outro trabalho, realizado por Poczynek et al. (2020), substituindo parte do milho por casca de soja e analisando diferentes teores de FDN na dieta sólida de bezerros leiteiros, observou-se que a dieta com maior teor de FDN (31%) não alterou o consumo de concentrado dos animais. Neste mesmo trabalho, não houve influência das dietas em relação ganho de peso, eficiência alimentar e peso vivo.

A proporção de amido digerido no rúmen ou no intestino pode ser manipulada pelo método de processamento do milho (aquecimento, adição de vapor e pressão) que rompe as estruturas dos grânulos de amido, melhorando a sua fermentação ruminal (Theurer et al., 1999). O processamento de grãos pode ser uma alternativa para aumentar a disponibilidade de ácido propiônico no rúmen, estimulando seu desenvolvimento. Alterações mecânicas e químicas durante o processamento aumentam a exposição da área de superfície e melhoram a digestibilidade do amido do trato ruminal, intestinal e total dos grãos (Huntington, 1997; Owens et al., 1997). Lesmeister e Heinrichs (2004), afirmam que métodos de processamento como a

laminação a vapor ou a seco e a moagem são normalmente aplicadas para melhorar a digestibilidade no período de desmame dos animais.

A disponibilidade de amido e sua digestibilidade é, normalmente, mais alta em grãos floculados a vapor, seguido por grãos finamente moídos e laminados a seco, e é menor em grãos inteiros (Theurer, 1986; Huntington, 1997; Crocker et al., 1998). No entanto, alguns autores relataram diferenças na digestibilidade do amido entre milho processado a vapor e laminado a seco (Joy et al., 1997; Reis e Combs, 2000). O processamento térmico de grãos tem mostrado uma maior produção de propionato ruminal (Joy et al., 1997; Crocker et al., 1998), enquanto a produção de butirato no rúmen, parece ser aumentada pelo processamento físico (Murphy et al., 1994). No entanto, Schuh et al., (1970) e Owens et al. (1997), relataram que o GMD juntamente com diminuição do CMS, indicaram aumento na EA quando os grãos são processados termicamente.

Outra opção interessante de processamento seria a ensilagem de grãos de milho moído e reidratado. Não existem dados na literatura acerca do fornecimento de silagens de grãos de milho reidratados para bezerros em aleitamento.

Silagem de milho grão reconstituído

A silagem de milho grão reconstituído é um tipo de conservação e processamento de grãos que pode aumentar a digestibilidade do amido em patamares semelhantes a floculação (Owens et al., 2012). Usando estruturas de armazenamento adequadas, os grãos podem ser fermentados anaerobicamente com um alto teor de umidade, ou usando a umidade presente no grão antes de seu amadurecimento no campo ou pela adição de água a grãos secos ou moídos para formar grão reconstituído (Owens, 2005). Defoor, Brown e Owens (2006) definiram a reidratação ou reconstituição como a devolução da umidade adequada ao grão já seco para que ele seja fermentado na ensilagem. Essa reidratação é necessária para se obter teores de umidade superiores a 30% na matéria natural (Andrade Filho et al., 2010), assegurando a qualidade do produto para o fornecimento na alimentação animal (Defoor, Brown e Owens, 2006).

Durante a ensilagem, ocorre um processo de proteólise da matriz proteica envolvendo os grânulos de amido, por enzimas microbianas, o que afeta positivamente a digestibilidade do amido em grãos de alta vitreosidade (Hoffman et al., 2011; Baron, Stevenson e Buchanan-Smith, 1986). Correa et al. (2002) afirmaram que quanto maior for a vitreosidade do grão, menor seria a digestibilidade ruminal do amido. Este processamento do grão aumenta a disponibilidade do

amido presente no milho seco, o que resulta em maior desempenho produtivo dos animais, a partir do aumento da energia líquida por quilo de matéria seca (Reis, 2014).

Sendo assim, a ensilagem de grãos pode melhorar a digestibilidade ruminal do milho maduro finamente moído (Andrade Filho et al., 2010). A máxima digestão ruminal do amido e eficiência alimentar dos animais estão atrelados ao teor de umidade (26% a 31%) e o tempo de fermentação (Owens e Zinn, 2005). Em revisão realizada, Owens et al. (1997) sugerem que alimentar sorgo reconstituído para gado confinado melhorou a eficiência alimentar e o teor de energia metabolizável (EM) do grão em 5,2 e 4,0%, respectivamente, quando comparado com o sorgo de grão úmido.

White et al. (1973) estudaram a influência do processamento na digestibilidade *in vitro* e *in vivo* de milho (milho seco, milho úmido e milho reconstituído). A digestibilidade *in vitro* de milho úmido e reconstituído foi significativamente maior do que no milho seco quando inoculado em líquido ruminal de animais alimentados com feno de alfafa. A digestibilidade *in vivo* de energia, MS, amido e proteína bruta em cordeiros não sofreu influência pelo processamento do milho, embora as digestibilidades apresentaram resultados numericamente maiores para milho úmido e reconstituído do que para milho seco.

Danley e Vetter (1973 a, b) determinaram o efeito da alteração nos teores de umidade de grãos de milho na utilização de carboidratos e nitrogênio *in vitro*. As digestibilidades *in vitro* de MS e carboidratos totais e a solubilização de nitrogênio *in vitro* total não diferiram estatisticamente entre os tratamentos de milho, porém, as digestibilidades e a solubilização de nitrogênio foram numericamente maiores para o milho ensilado (tanto milho úmido quanto reconstituído) em comparação com o milho seco em todos os teores de umidade colhidos (16, 18 e 22% de umidade). A quantidade de N solúvel foi altamente correlacionada com o nível de umidade e o aumento do tempo de armazenamento. Este aumento na proteína solúvel após a ensilagem indica que a matriz proteica em torno os grânulos de amido continuam a se degradar conforme o grão envelhece (Owens et al, 1986). Por tanto, a proteína solúvel é útil como um indicador de digestibilidade em milho úmido e provavelmente para milho reconstituído (Richards e Hicks, 2007).

Em experimentos realizados por Luebbe et al. (2009), determinaram os efeitos do híbrido de milho e método de processamento de milho (milho seco e reconstituído) para a extensão da digestibilidade e fermentação ruminal. Os consumos de matérias seca e orgânica e de amido foram maiores para animais consumindo milho reconstituído em comparação para os animais que consumiram milho seco. Em contraste, Owens et al. (1997) concluíram que a ingestão de MS geralmente foi 6% menor para animais que consumiam milho úmido do que para os animais

alimentados com milho seco. Luebbe et al. (2009) atribuíram a diminuição no CMS com grãos rapidamente fermentados à rápida taxa de produção de ácido no rúmen que pode levar à acidose subaguda ou à ingestão de energia homeostática devido à maior disponibilidade de energia de grãos fermentados. A ingestão de nutrientes não foi reduzida com milho reconstituído neste estudo, pois as dietas incluíam ração com glúten de milho úmido que pode reduzir a incidência de acidose subaguda (Krehbiel et al., 1995). As digestibilidades da MO e do amido foram significativamente maiores para animais alimentados com milho reconstituído do que para o milho seco (80 vs. 76,9% e 96,3 vs. 95,5%, respectivamente). A digestibilidade ruminal da MS foi 33% maior para o milho reconstituído em comparação com milho seco (64,4 vs. 48,5%). E as digestibilidades da proteína bruta do trato total e da proteína não degradável no rúmen foram 6,6% e 5,4%, respectivamente, maiores para milho reconstituído em comparação com milho seco.

A silagem de milho grão reidratado é uma excelente opção para o produtor, uma vez que essa técnica permite a compra ou colheita do milho maduro, diminuindo os custos com transporte, armazenamento em silos graneleiros e de mão-de-obra para a moagem do grão no momento do fornecimento, somadas às vantagens econômicas do ganho potencial em digestibilidade (Bitencourt, 2012). Segundo Richards e Hicks (2007), a reconstituição do milho pode adicionar flexibilidade ao manejo alimentar devido ao estoque reduzido de grãos que é necessário a qualquer momento em comparação com o estoque de grãos úmidos, pois a janela de colheita na qual a umidade do grão permanece dentro da faixa ideal para a produção de milho úmido dura de 7 a 14 dias e para o grão de sorgo esse período dura apenas 2 a 5 dias devido a sua maior exposição ao ambiente (Defoor et al., 2006). Além de ser excelente opção para produtores geograficamente distantes de locais de produção de milho. Esse método tem a vantagem de ser mais barato e fácil, e mesmo que existam perdas na ensilagem, estas são pequenas, frente as perdas que podem ocorrer devido a estocagem de grãos secos.

Acidose ruminal

Zebeli e Metzler-Zebeli (2012) definiram a acidose ruminal subaguda como pH ruminal abaixo de 5,8 ou 6 por mais horas por dia com base em meta-análises, indicando que este limite resulta em uma diminuição em digestibilidade das fibras e aumento dos níveis plasmáticos de proteínas de fase aguda. Em bovinos leiteiros afetados por esse tipo de acidose, não há o acúmulo consistente de ácido lático no fluido ruminal (Oetzel et al., 1999). Entretanto, picos transitórios de lactato ruminal até 20 mM podem ser observados quando mensurações são

realizadas de forma mais frequente (Kennelly et al., 1999). Oetzel et al. (1999), observaram que a depressão do pH ruminal em bovinos leiteiros com acidose subclínica se deve ao acúmulo total de AGCC isoladamente e não o acúmulo de ácido láctico.

As causas da acidose ruminal subaguda podem ser amplamente classificadas como fatores de manejo, ambientais e animais, que reduzem o tamponamento ruminal ou aumentam o acúmulo de AGCC no rúmen (Gressley, 2014). As consequências dessa acidose incluem depressão ou flutuação na ingestão de alimentos, redução da digestibilidade da dieta, redução da produção de leite, redução da porcentagem de gordura do leite, danos gastrointestinais, abscessos hepáticos e claudicação (Krause e Oetzel, 2006; Radostits et al., 2007; Plaizier et al., 2008).

Durante a acidose subaguda, o acúmulo ruminal de AGCC reduz o pH ruminal e causa uma mudança na população microbiana ruminal (Zebeli e Metzler-Zebeli, 2012). A digestão total de fibra e carboidrato é reduzida como consequência, resultando em perda de energia e a redução da condição corporal pode ser observada sem uma redução simultânea na ingestão de alimentos (Hall, 2002; Kleen et al., 2003; Dijkstra et al., 2012).

No entanto, quando se aumenta a oferta de carboidratos não fibrosos na dieta, a taxa de fermentação é elevada, aumentando a produção de AGCC e a proporção de ácido láctico. Geralmente, o lactato não está presente no rúmen em altas concentrações, entretanto, quando há o suprimento repentino de altas quantidades de carboidratos não fibrosos, ocorre o acúmulo de ácido láctico (Owens et al., 1998). De acordo com Dawson et al. (1997), o lactato apresenta menor constante de dissociação (pK_a), sendo assim, mais forte que os AGCC comumente produzidos no rúmen, promovendo maior efeito na redução de pH ruminal.

O acúmulo de lactato é subsequente à proliferação de microrganismos que fermentam a glicose em ácido láctico e estes são insensíveis ao pH baixo. Todavia, as bactérias utilizadoras de lactato são sensíveis ao pH mais ácido (Owens et al., 1998), resultando no acúmulo desse produto no rúmen quando o pH ruminal atinge valores menores que 5,6 (DiLorenzo, 2004).

A remoção de ácidos não ionizados, a absorção de AGCC e a troca de ácidos graxos ionizados por bicarbonato durante o processo de absorção podem garantir a neutralidade do pH ruminal (Stevens, 1970). Consequentemente, quando há diminuição da taxa de absorção de AGCC, há uma queda no pH do rúmen pelo acúmulo desses ácidos no ambiente ruminal e pela redução da entrada de bicarbonato proveniente do sangue para dentro do rúmen (Millen et al., 2013).

Quando os bezerros são alimentados com dietas contendo 40 a 100% de concentrado, o pH médio do rúmen varia de 5,09 a 5,31 (Suárez et al., 2007) e o pH do rúmen parece aumentar com a idade entre 35 e 70 d (Khan et al., 2008). Laarman, Sugino e Oba (2012), com o objetivo

de avaliar os efeitos da substituição de subprodutos de alta fibra por milho moído no concentrado inicial de bezerros sobre o crescimento e o pH ruminal durante o período de desaleitamento, observaram que tanto a duração do pH abaixo de 5,2 quanto a área do pH abaixo de 5,2 foram maiores em bezerros alimentados com concentrado inicial em que o milho moído foi substituído por destilados de triticales. No mesmo trabalho, durante o período de medição do pH ruminal, a ingestão média diária de feno foi correlacionada positivamente com o pH ruminal médio para o conjunto de dados contendo todos os tratamentos, no entanto, a ingestão de água não esteve relacionada à média do pH ruminal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Animais, instalações e manejo alimentar

O experimento foi realizado nas instalações do Bezerreiro Experimental “Evilásio de Camargo” do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, localizado na cidade de Piracicaba – SP. A Comissão de Ética no Uso de Animais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / Universidade de São Paulo aprovou todos os procedimentos envolvendo animais neste estudo (Protocolo nº. 4279180620).

Foram utilizados 36 bezerros recém-nascidos da raça Holandesa provenientes do rebanho leiteiro do Sistema de Produção de Leite do Depto. de Zootecnia da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, SP. Ao nascer, os animais foram separados imediatamente de suas mães, foram secados com toalhas limpas, pesados, identificados, alojados e seus umbigos higienizados com iodo 10%. Foi fornecido colostro de alta qualidade (>60 mg/mL) no volume 10% do peso ao nascer, nas primeiras 6h após o nascimento (Godden, 2009), e somente animais com leitura > 8,4% de brix, 48 horas após ao nascimento, foram utilizados no experimento.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, sendo utilizados o sexo, o peso ao nascer ($34,844 \pm 1,32$ kg) e a data de nascimento dos bezerros como fator de blocagem. Os animais foram distribuídos nos seguintes tratamentos, de acordo com a composição do concentrado formulado para atender as exigências de animais em aleitamento (NRC, 2001; Tabela 1):

- a) CON: Concentrado a base de milho grão moído, farelo de soja, farelo de trigo e premix de minerais e vitaminas;
- b) SMGR: Concentrado com a mesma composição, mas com substituição de milho grão moído por silagem de milho grão reconstituído.

Tabela 1. Formulação das dietas controle e silagem de grão de milho moído.

Dietas	% MS, kg
Milho grão moído ou Silagem milho grão reconstituído	56
Farelo de soja	27
Farelo de trigo	13
Mineral e vitaminas*	4

*Composição da suplementação mineral e vitamínica: 20% Ca; 6.5% P; 650 mg/kg F; 4% In; 1% K; 7% Mg; 0.7% S; 25 mg/kg Co; 800 mg/kg Cu; 20 mg/kg Cr; 40 mg/kg I; 1,400 mg/kg Fe; 1,500 mg/kg Mn; 18 mg/kg Si; 3,200 mg/kg Zn; 140,000 IU/kg vitamina A; 50,000 IU/kg vitamina D3; 1,500 IU/kg vitamina E; 250 mg/kg vitamina B1, 250,000 mg/kg vitamina B2; 250 mg/kg vitamina B6; 250 mg/kg vitamina B12; 400 mg/kg niacina; 500 mg/kg ácido pantotênico; 20 mg/kg ácido fólico; 10 mg/kg biotina; 800 mg/kg hidroxitolueno butilado, e 900 mg/kg monensina sódica.

Os bezerros foram alojados individualmente em baias suspensas em galpão coberto, com tapete de borracha e cama de serragem, até os 10 dias de vida (berçário). A partir do 11º dia os animais foram transferidos para abrigos individuais do tipo “casinha tropical”, os quais foram trocados de lugar diariamente para evitar acúmulo de fezes e manter os bezerros em ambiente limpo e seco. Nos dois tipos de alojamento os animais tiveram acesso *ad libitum* ao concentrado e balde de água desde o primeiro dia de vida.

A dieta líquida fornecida foi leite integral, a partir da 2ª mamada, inicialmente em mamadeiras e posteriormente em baldes abertos, no volume de 6 L/d, divididos em duas refeições (7h e 17h).

O concentrado era pesado todos os dias pela manhã em balança digital e as sobras eram pesadas na manhã seguinte para cálculo do consumo individual. Quando o consumo ultrapassava 1kg/d, a dieta era disponibilizada três vezes ao dia: 1/3 junto ao fornecimento do leite, 1/3 após o fornecimento do leite e 1/3 no período da tarde. Esse manejo foi adotado para evitar o desperdício pelos bezerros, uma vez que percebemos esse comportamento pelo fato do concentrado ser farelado. O consumo de concentrado foi limitado em 2,5kg/d.

A silagem de milho grão reconstituído foi confeccionada antes do início do experimento utilizando-se baldes com capacidade de 18 litros. Parte do mesmo lote de milho grão seco e moído do concentrado controle foi reidratado a 35% de umidade, utilizando um misturador para garantir a homogeneidade. Os baldes foram tampados e lacrados para impedir a entrada de ar nos silos, permanecendo assim durante 60 dias para atingir a estabilidade da degradabilidade do milho (Fernandes et al., 2021). O concentrado inicial controle foi misturado em batidas de 100 kg e armazenado em baldes fechados. Para o tratamento SMGR foi preparada uma pré-mistura de todos os ingredientes, exceto a silagem de milho grão reconstituído, a qual foi armazenada em

balde fechados. A inclusão de silagem de milho reconstituído foi feita diariamente antes do fornecimento aos animais. Pesava-se a quantidade da pré-mistura e da silagem de milho separadamente e depois eram misturadas em baldes até a obtenção de uma mistura homogênea.

Durante o período experimental, amostras das dietas foram coletadas periodicamente para a determinação da composição química-bromatológica (Tabela 2). As amostras foram processadas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil) com peneiras com crivos de 1,0 mm e analisadas para determinação de matéria seca (MS) por meio de secagem das amostras em estufa a 105° C por 24 horas, matéria mineral (MM) por meio da incineração das amostras em mufla a 550°C por 4 horas (AOAC, 1990), nitrogênio total utilizando aparelho Leco FP528 (Leco Corporation, St. Joseph, MI), conforme a AOAC (1997), e fibra em detergente neutro (FDN) conforme Van Soest, Robertson e Lewis (1991), utilizando α -amilase temoestável e sulfato de sódio. A análise de fibra em detergente ácido (FDA) foi realizada conforme descrito por Goering e Van Soest (1970). A análise de extrato etéreo (EE) foi realizada de acordo com a AOAC (1990). Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados pela equação: **CNF (%MS) = 100 – (PB + EE + FDN + MM).**

Tabela 2. Composição química das dietas experimentais.

Composição	CON	SMGR
Matéria seca, % matéria natural	87,99	77,06
Matéria mineral, % MS	6,90	5,90
Proteína bruta, % MS	26,90	25,90
Fibra em detergente neutro, % MS	14,80	13,30
Fibra em detergente ácido, % MS	7,60	6,90
Extrato etéreo, % MS	3,50	3,20
Carboidratos não fibrosos, % MS	47,80	51,60

O período experimental foi de 70 dias, sendo 56 dias de aleitamento. Aos 57 dias de idade, iniciou-se o processo de desaleitamento dos animais, reduzindo-se 1L/d (57d = 5L, 58d = 4L, 59d = 3L, 60d = 2L, 61d = 1L, 62d = 0) do total fornecido, dividindo-se o volume total a ser fornecido em duas refeições nos dias posteriores até o completo desaleitamento. O período de desaleitamento (do 57º ao 61º dia de idade) e a semana subsequente foram considerados como período de transição. Durante o período de transição, foi ofertado feno *ad libitum* para os animais de ambos os tratamentos.

Desempenho, parâmetros sanguíneos e morfologia

Semanalmente os animais eram pesados em balança mecânica (ICS-300, Coimma Ltda, Dracena-SP, Brasil) pela manhã antes do fornecimento da dieta líquida. As medidas de altura e largura de garupa foram realizadas com auxílio de régua com escala em centímetros e a circunferência torácica foi medida com fita métrica também em centímetros a cada duas semanas. O escore fecal foi avaliado diariamente seguindo os parâmetros de Larson, et al. (1977).

A partir da primeira semana de vida foram realizadas semanalmente, colheitas de sangue 2 horas após a alimentação líquida da manhã, utilizando-se tubos providos de vácuo contendo fluoreto de sódio como antiglicolítico e oxalato de potássio como anticoagulante (Vacuette do Brasil, Campinas-SP, Brasil). Uma alíquota de sangue foi utilizada dos tubos com oxalato de potássio para a realização do hematócrito em capilar, o qual foi centrifugado em centrífuga de micro hematócrito Modelo SPIN 1000 (MICROSPIN, USA), a 12000 x g, durante 10 minutos. Após a centrifugação, a leitura dos capilares foi realizada em régua própria para hematócrito. As amostras de sangue dos tubos contendo ativador de coágulo e os tubos contendo fluoreto de sódio e oxalato de potássio foram centrifugadas a 2000 x g, durante 20 minutos, à temperatura de 4 °C, para obtenção do soro e plasma, respectivamente.

Os parâmetros metabólicos foram determinados em Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA-200 (CELM, Barueri, SP, Brasil), utilizando-se kits comerciais da Labtest Diagnóstica S.A. (Lagoa Santa, MG, Brasil) para determinação de glicose plasmática (Ref. 133-1/500), proteínas totais (Ref. 99), ureia (Ref. 104) e lactato (Ref. 116). A determinação das concentrações de BHBA foi realizada utilizando-se kit enzimático RANBUT – Ref.: RB1007 (RANDOX Laboratories – Life Sciences Ltd. Crumlin, UK; importado por RANDOX Brasil Ltda., São Paulo, SP, Brasil), utilizando-se também Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA-200 (CELM, Barueri, SP, Brasil).

Nas semanas 8 e 10, foram coletadas amostras de fluído ruminal, também 2 horas após a alimentação da manhã. As colheitas foram realizadas por via sonda oro-esofágica, utilizando-se uma sonda flexível de 150 cm de comprimento, 1,3cm de diâmetro interno e 0,2cm de espessura de parede, a qual era conectada a uma bomba de vácuo (Modelo TE-0581, Tecnal Ltda., Piracicaba, SP, Brasil). As amostras foram colhidas, descartando-se a porção inicial de forma a se evitar a contaminação com saliva. Após filtragem em tecido de algodão, uma alíquota foi utilizada para aferição do pH em pHmetro digital (Modelo tec-5, tecnal Ltda, Piracicaba-SP, Brasil) e outras duas alíquotas foram armazenadas em tubetes de plásticos, armazenada em freezer -20°C para determinação de AGCC e nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

Para a determinação de AGCC foi utilizado 2,0 mL do fluido ruminal, o qual foi centrifugado a 15.000 x g, durante 15 minutos, a 4°C. Posteriormente, 0,8 mL do sobrenadante foi transferido para o tubo cromatográfico com adição de 0,4 mL de solução 3:1 de metafosfórico (25%) com ácido fórmico (98-100%) e 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno). A quantificação de AGCC foi realizada utilizando-se o cromatógrafo a gás Agilent 7890^a equipado com detector de ionização de chama (7683B) e uma coluna capilar de sílica fundida (J & W19091F-112, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA), com 25 m de comprimento e 320 m de diâmetro interno, contendo 0,20 M de cianopropil polisiloxano. A aquisição de dados foi realizada utilizando o software ChemStation (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA). O tempo total de corrida cromatográfica foi de 16,5 min, dividido em três ciclos de aquecimento, como segue: 80 °C (1 min), 120 °C (20 °C / min por 3 min) e 205 °C (10 °C / min por 2 min). O hidrogênio foi utilizado como gás carreador a uma vazão de 1,0 mL / min, e a temperatura do injetor e do detector foi de 260 °C. O gás nitrogênio foi usado como o gás “make-up” a uma taxa de 30 mL / min. O hidrogênio foi usado como gás de transporte a uma taxa de fluxo de 1,35 mL / min, e a temperatura do injetor e do detector foi 260 °C. Gás de nitrogênio foi usado como o gás “make-up” a uma taxa de 40 mL/min. A opção de divisão na proporção de 20:1 foi usada. A concentração de AGCC (mM) foi calculada com base em uma curva de calibração externa elaborada a partir de padrões (Chem Service, West Chester, PA, EUA) de ácido acético (995 mL / L, CAS 64-19-97); ácido propiônico (990 mL / L, CAS 9,4.79); ácido isobutírico (990 mL / L, CAS 79-31-2) Ácido butírico (987 mL / L, CAS 107-92-6), isovalérico (990 mL / L, CAS 503-74-2) e valérico (990 mL / L, CAS 109-52-4).

Foi mensurada a concentração de AGCC total (mM/100mM), a concentração de ácido acético, propiônico e butírico (mM/100mM). A variável C2:C3 foi obtida a razão entre ácido acético e ácido propiônico. A variável C2:(C3+C4) obtida através da razão entre ácido acético e a soma de ácido propiônico e butírico (Poczynek et al., 2019)

As amostras de fluido ruminal destinadas para determinação de N-NH₃ foram centrifugadas a 15.000 x g a 4°C durante 60 minutos para obtenção do sobrenadante. As amostras foram analisadas segundo o método de Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitura em Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA-200 (CELM, Barueri, SP, Brasil) com filtro de absorbância de 540 nm. Para a obtenção da curva de calibração foram utilizadas soluções de 0, 1, 2, 4, 8, 16 e 32 mg/dL de N-amoniacal. Uma alíquota de 4 µL foi transferida para um tubo de ensaio, adicionada de 2,5 mL de reagente fenol e 2,0 mL de

reagente hipoclorito e incubada em banho-maria a 37°C, por 10 minutos. Em seguida, alíquotas foram pipetadas em cubetas para leitura no referido equipamento. Os dados de absorbância da curva de calibração foram utilizados para construção de curva regressão, permitindo a determinação das concentrações de N-amoniaco das amostras.

Na 10ª semana de vida, os animais dos 5 últimos blocos foram abatidos, totalizando 5 animais por tratamento. Os animais foram insensibilizados com pistola de dardo não-penetrativo e depois foram sangrados por corte da veia jugular. Após o abate, os animais foram eviscerados e os compartimentos rúmen-retículo foram separados e limpos em água corrente. O excesso de tecido conjuntivo circundante foi removido e os compartimentos foram pesados cheios e vazios, após serem abertos, esvaziados e lavados em água corrente. Uma amostra de aproximadamente 1 cm² das regiões dos sacos ventral, cego ventral, dorsal e cego dorsal foram coletadas e armazenada em álcool 70%.

Para a variável morfológica ruminal foi avaliada o número médio de papilas por cm² (NMP) pela contagem das papilas de cada fragmento ruminal por três avaliadores e retirada a média dos três valores.

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (2002). Foi adotado como efeito significativo o valor de $P \leq 0,05$ para a interpretação e discussão dos resultados. Todos os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk, homogeneidade das variâncias através do teste de Levene e retirada dos outliers com base no valor do r de Student.

Para as variáveis analisadas como medidas repetidas no tempo (CMS, GMD, EA, crescimento corporal, parâmetros de fermentação e parâmetros bioquímicos), empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + b_j + e_{ij} + I_k + (bI)_{jk} + (TI)_{ik} + e_{ijk}$$

Onde, μ = média geral; D_i = efeito fixo da dieta; b_j = efeito aleatório de bloco; e_{ij} = erro residual A; I_k = efeito fixo de idade; $(bI)_{jk}$ = efeito aleatório da interação tratamento x idade; $(TI)_{ik}$ = efeito fixo da interação tratamento x idade, e e_{ijk} = erro residual B.

As matrizes de covariância “compound symmetry, heterogeneous compound symmetry, autoregressive, heterogeneous autoregressive, unstructured, banded, variance components, toeplitz, antidependence e heterogeneous toeplitz” foram testadas e definidas de acordo com o menor valor obtido para “Akaike’s Information Criterion corrected” (AICC).

As variáveis fixas (peso inicial, peso ao desaleitamento, peso final, peso dos compartimentos gástricos), foram avaliadas utilizando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ji} = \mu + Di + bj + e_{ij}$$

Onde μ = média geral; Di = efeito da dieta; bj = efeito de bloco; e e_{ij} = erro residual. O bloco foi incluído como efeito aleatório.

Para todas as variáveis respostas as médias foram obtidas por meio do comando LSMEANS. A comparação entre os tratamentos foi realizada pelo teste de Tukey quando houve efeito de interação entre tratamento e semana. Na presença de interação entre dieta e idade foi realizado o desdobramento através do procedimento SORT.

4. RESULTADOS

Consumo, desempenho, crescimento corporal e escore fecal

Os resultados de peso inicial, peso nas semanas 8 e 10, consumo, desempenho e crescimento corporal podem ser observados na Tabela 3. A inclusão de silagem de milho reidratado não influenciou no peso corporal e o CMS total. Nos períodos de aleitamento e transição, o CMS de concentrado (Figura 1) aumentou conforme o passar das semanas ($P < 0,001$). No entanto, apenas o CMS de concentrado no período de transição sofreu influência de tratamento, com maior consumo de concentrado para animais consumindo o concentrado controle. O mesmo ocorreu com o GMD (Figura 2) durante o período de aleitamento ($P < 0,0001$), porém no período de transição não houve efeito de semana. Em contrapartida, a EA durante o período de aleitamento foi maior para os animais do tratamento SMGR ($P = 0,02$). Todavia, essa diferença não foi verificada no período de transição.

As medidas de crescimento corporal (altura de cernelha, largura de garupa e perímetro torácico) não foram afetadas pela substituição de milho grão moído por silagem de milho reconstituído durante o período experimental, porém foram crescentes conforme a idade ($P < 0,001$). Os ganhos (cm/semana) de altura de cernelha e perímetro torácico também foram maiores com o passar da idade ($P < 0,02$ e $P < 0,02$, respectivamente).

Foi observado maior escore fecal para animais alimentados com a dieta controle ($P < 0,045$; Tabela 3). Também houve efeito de semana, com o escore se elevando na semana 2 e sendo reduzido com o passar do tempo (Figura 4).

Tabela 3. Desempenho, consumo e crescimento corporal para animais alimentados com a dieta controle ou silagem de milho reconstituído.

Item	Tratamento		EPM	Valor P		
	CON	SMGR		Trat	Sem	Trat*Sem
<i>Aleitamento</i>						
Peso inicial	34,98	34,71	1,320	0,68	.	.
Peso na semana 8	72,27	73,95	2,043	0,38	.	.
CMS total ¹ , g/d	1042,48	1003,37	23,247	0,22	<,0001	0,18
CMS ² , g/d	303,72	256,14	27,439	0,22	<,0001	0,16
GMD, g	691,40	708,43	21,715	0,52	<,0001	0,53
EA	0,66	0,71	0,017	0,02	0,02	0,47
<i>Transição*</i>						
Peso na semana 10	79,15	79,50	1,504	0,86	<,0001	0,25
CMS total ³ , g/d	2111,01	2086,69	81,458	0,83	<,0001	0,92
CMS ² , g/d	1638,18	1432,09	68,096	0,04	<,0001	0,35
CMS feno, g/d	81,2	77,7	1,71	0,16	0,65	0,72
GMD, g	803,35	703,36	47,721	0,15	0,39	0,56
EA	0,53	0,50	0,039	0,54	<,0001	0,24
<i>Ganho de medidas corporais no período total, cm/semana</i>						
Largura de garupa, cm	0,13	0,14	0,007	0,28	0,17	0,48
Altura de cernelha, cm	0,23	0,27	0,013	0,08	0,02	0,26
Perímetro torácico, cm	0,37	0,39	0,022	0,41	0,02	0,93
Escore fecal	1,21	1,07	0,060	0,05	<0,0001	0,37

CON: concentrado controle; SMGR: concentrado da silagem de milho grão reconstituído; EPM: erro padrão da média; Trat: efeito de tratamento; Sem: efeito de semana; Trat*Sem: efeito de tratamento e semana.

¹Consumo do concentrado + leite (12,5% de sólidos).

²Consumo do concentrado.

³Consumo do concentrado + feno.

* Período de desaleitamento gradual (57 a 61 d) e a semana subsequente (62 a 70 d).

Figura 1. Consumo de matéria seca de concentrado (g/d) em bezerros recebendo dieta controle ou dieta silagem durante o período experimental de 10 semanas (Efeito de tratamento: $P = 0,04$ e EPM = 68,096 durante o período de transição).

Figura 2. Ganho de peso médio diário (g/d) de bezerros recebendo dieta controle ou dieta silagem durante o período experimental de 10 semanas.

Figura 3. Eficiência alimentar de bezerros recebendo dieta controle ou dieta silagem durante o período experimental de 10 semanas (Efeito de tratamento: $P = 0,02$ e $EPM = 0,017$ durante o período de aleitamento).

Figura 4. Escore fecal de bezerros recebendo dieta controle ou dieta silagem durante o período experimental de 10 semanas (Efeito de tratamento: $P = 0,05$ e $EPM = 0,060$ durante todo o período experimental).

Parâmetros sanguíneos

Em relação aos parâmetros sanguíneos (Tabela 4), a concentração de proteínas totais sofreu efeito de tratamento ($P = 0,0006$), com maiores valores para bezerros alimentados com a dieta controle. Houve efeito de interação entre tratamento e semana para a concentração de glicose plasmática ($P = 0,021$; Figura 5), no qual os bezerros alimentados com silagem de milho

grão reconstituído apresentaram maiores valores durante as semanas, com queda a partir da nona semana. A glicose também apresentou efeito de semana, onde ambos os tratamentos tiveram queda entre os valores da segunda e quarta semanas, depois atingiram seus valores máximos de glicose na quinta semana e foram diminuindo com o passar da idade. Durante o período de aleitamento, bezerros alimentados com silagem de milho grão reconstituído apresentaram maiores concentrações de glicose plasmática, entretanto no período de transição, essa realidade se inverteu, tendo os bezerros do tratamento controle maiores valores de glicose. As concentrações de ureia não sofreram efeito de semana ou de tratamento.

As concentrações de albumina, lactato e β -hidroxibutirato (BHBA) sofreram efeito de semana ($P < 0,0001$; $P = 0,003$ e $P < 0,0001$, respectivamente; Tabela 4). As concentrações de albumina (Figura 6) sofreram queda na segunda semana, aumentaram seus maiores valores entre as semanas três e quatro e mantiveram-se constantes nas demais semanas. As concentrações de lactato (Figura 7) apresentaram queda entre as semanas dois e três. As concentrações de BHBA (Figura 8) aumentaram da semana 8 para a semana 10 de avaliação.

Tabela 4. Parâmetros sanguíneos de animais alimentados com a dieta controle ou silagem de milho reconstituído durante todo o período experimental.

Item	Tratamento		EPM	Valor P		
	CON	SMGR		Trat	Sem	Trat*Sem
Proteínas totais, g/dL	7,19	6,96	0,079	0,01	0,24	0,09
Albumina, g/dL	3,67	3,66	0,026	0,81	<0,0001	0,27
Uréia, mg/L	22,09	22,29	1,642	0,93	0,68	0,81
Glicose, g/dL	56,23	57,11	2,921	0,76	<0,0001	0,02
Lactato, mg/dL	9,05	8,83	0,253	0,54	0,003	0,18
BHBA, mmol/L	0,24	0,26	0,013	0,45	<0,0001	0,12

CON: concentrado controle; SMGR: concentrado da silagem de milho reconstituído; EPM: erro padrão da média; Trat: efeito de tratamento; Sem: efeito de semana; Trat*Sem: efeito de tratamento e semana.

Figura 5. Concentrações de albumina sérica em bezerros recebendo dieta controle ou dieta silagem durante o período experimental de 10 semanas.

Figura 6. Concentrações de glicose plasmática em bezerros recebendo dieta controle ou dieta silagem durante o período experimental de 10 semanas (Efeito de interação entre tratamento e semana: $P = 0,02$ e EPM = 2,921 durante todo o período experimental).

Figura 7. Concentrações de lactato plasmático em bezerras recebendo dieta controle ou dieta silagem durante o período experimental de 10 semanas.

Figura 8. Concentrações de β -hidroxibutirato plasmático em bezerras recebendo dieta controle ou dieta silagem durante a oitava e décima semana.

Parâmetros de fermentação ruminal e N-NH_3

Em relação aos parâmetros de fermentação ruminal, apenas foram observadas maiores concentrações dos ácidos isovalérico e isobutírico para o tratamento controle ($P = 0,045$ e $P = 0,044$, respectivamente; Tabela 5) durante o período de aleitamento, sem afetar a proporção dos demais ácidos nos períodos de aleitamento e transição. Em comparação entre a semana 8 e 10, as concentrações dos ácidos valérico, isovalérico e isobutírico para o tratamento SMGR

demonstraram constância. Apesar do período curto entre as análises (14 dias), na semana 10, as concentrações de ácido acético e ácido propiônico começam a mudar.

A concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃; Tabela 5) sofreu efeito de tratamento (P = 0,015), no qual os animais alimentados com a dieta Controle apresentaram maiores concentrações de nitrogênio amoniacal que os animais da dieta SMGR (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros de fermentação ruminal em animais alimentados com a dieta controle ou silagem de milho reconstituído.

Item	Tratamento		EPM	Valor P
	CON	SMGR		Trat
<i>Semana 8</i>				
pH ruminal	5,60	5,54	0,092	0,62
N-NH ₃	18,34	14,85	11,33	0,015
AGCC total	111,02	105,63	9,013	0,68
Ácido acético	45,07	45,05	2,642	1,00
Ácido propiônico	39,54	41,31	2,869	0,67
Ácido butírico	9,81	8,88	0,885	0,46
Relação de C2:C3	1,20	1,24	0,117	0,83
Relação de C2:C3+C4	0,96	0,97	0,081	0,93
Valérico	3,25	3,20	0,311	0,90
Isovalérico	1,27	0,91	0,125	0,05
Isobutírico	0,99	0,75	0,081	0,04
<i>Semana 10</i>				
pH ruminal	5,92	5,73	0,125	0,22
N-NH ₃	15,95	12,55	1,504	0,09
AGCC total	114,74	106,25	8,930	0,35
Ácido acético	48,69	46,95	0,868	0,09
Ácido propiônico	38,46	39,76	1,296	0,43
Ácido butírico	8,80	8,15	0,776	0,56
Relação de C2:C3	1,32	1,21	0,064	0,13
Relação de C2:C3+C4	1,04	0,99	0,035	0,13
Valérico	2,76	3,34	0,334	0,23
Isovalérico	0,69	0,84	0,095	0,25
Isobutírico	0,68	0,77	0,068	0,35

CON: concentrado controle; SMGR: concentrado da silagem de milho reconstituído; EPM: erro padrão da média; Trat: efeito de tratamento.

Peso dos órgãos

Os tratamentos não causaram diferenças no peso dos compartimentos e dos órgãos dos animais durante o período experimental (Tabela 6).

Tabela 6. Peso dos compartimentos e dos órgãos de animais alimentados com a dieta controle ou silagem de milho reconstituído com 10 semanas de vida.

Item	Tratamento		EPM	Valor P
	CON	SMGR		Trat
<i>Peso cheio, kg</i>				
Trato digestório total*	19,81	20,24	0,090	0,51
Trato digestório anterior**	9,97	9,01	0,518	0,16
Intestino total	6,57	6,84	0,321	0,57
<i>Peso vazio</i>				
Trato digestório anterior, % PC	2,50	2,37	0,084	0,36
Rúmen-retículo, kg	1,26	1,30	0,093	0,71
% TDA	63,85	63,30	1,813	0,84
Volume do rúmen-retículo, L	20,26	19,22	1,917	0,67
Omaso, kg	0,32	0,32	0,015	0,91
% TDA	16,10	16,40	1,095	0,85
Abomaso, kg	0,40	0,40	0,019	0,83
% TDA	20,05	20,30	1,072	0,88
Intestino total, kg	3,49	3,59	0,184	0,59
Rim, kg	0,34	0,36	0,020	0,34
Baço, kg	0,51	0,41	0,083	0,43
Fígado, kg	1,91	1,88	0,110	0,89

CON: concentrado controle; SMGR: concentrado da silagem de milho reconstituído; EPM: erro padrão da média; Trat: efeito de tratamento; PC: peso corporal; TDA: trato digestório anterior.

*Refere-se ao rúmen-retículo, omaso, abomaso e intestinos.

**Refere-se ao rúmen-retículo, omaso e abomaso.

Parâmetros morfológico do epitélio ruminal

Não houve efeito de tratamento no número médio de papilas por cm² e nem nos diferentes pontos ruminais coletados (sacos ventral, dorsal e cegos ventral e dorsal; Tabela 7). Numericamente, o número de papilas presentes nos sacos ventral e cego ventral dos bezerros alimentados com SMGR foram maiores, enquanto nos sacos dorsal e cego dorsal os maiores números de papilas foram encontrados nos animais alimentados com a dieta Controle. Todavia, foram encontrados pontos de início de hiperqueratose (Figura 9) espalhados pelo rúmen de dois bezerros do tratamento SMGR.

Tabela 7. Número de papilas no rúmen de bezerros com 10 semanas de vida alimentados com a dieta controle ou silagem de milho reconstituído.

Item	Tratamento		EPM	Valor P
	CON	SMGR		Trat
Papilas, N°/cm ²	220,29	222,08	17,223	0,94
Saco ventral, N°/cm ²	181,55	214,83	22,528	0,33
Saco dorsal, N°/cm ²	213,78	186,33	11,028	0,12
Saco seco ventral, N°/cm ²	247,00	280,00	11,028	0,53
Saco cego dorsal, N°/cm ²	238,89	207,17	16,980	0,23

CON: concentrado controle; SMGR: concentrado da silagem de milho reconstituído; EPM: erro padrão da média; Trat: efeito de tratamento.

Figura 9. Pontos encontrados de início de hiperqueratose espalhados pelo rúmen-retículo de bezerros do tratamento SMGR.

5. DISCUSSÃO

O desenvolvimento físico e metabólico ruminal é um fator importante para a transição suave da condição de ruminantes não-funcionais à ruminantes funcionais em bezerros, tornando-os capazes de se alimentar somente da dieta sólida (Khan et al., 2016). Além da natureza do concentrado fornecido, outros fatores podem afetar o desenvolvimento ruminal e induzir o estabelecimento precoce da microbiota do rúmen (Khan et al., 2011; Baldwin et al., 2004), como por exemplo o consumo da dieta sólida. No presente estudo, durante o período de aleitamento, mesmo que os tratamentos não tenham afetado o consumo de concentrado, o consumo de matéria seca total e o GMD, a EA foi maior para os animais alimentados com silagem de grão de milho reconstituído, o que pode ter refletido no maior ganho numérico de altura de cernelha durante todo o período experimental. Em revisão de Owens et al. (1997), sugere-se que o fornecimento de dietas com grão reconstituído, aumenta a eficiência alimentar e a energia metabolizável. O GMD não foi afetado pela substituição de milho grão moído por silagem de grão de milho reconstituído, assim como não houve efeito no consumo durante o período de aleitamento. No entanto esperava-se efeito no GMD, pois a silagem de grão de milho reconstituído tem maior digestibilidade.

O CMS pode ser afetado por diversos fatores relacionados ao animal (Lopes et al., 2005), à dieta (Oliveira et al., 2011), ao ambiente (Forbes, 2007) e às condições de criação (Allen, 2000). Após a oitava semana, o CMS de concentrado dos animais apresentou grande aumento, e pode-se observar pelo gráfico de CMS de concentrado (Figura 1) que o consumo dos animais começa a se distanciar, apresentando maior consumo de concentrado nos animais do tratamento controle. Esse dado corrobora com Owens et al. (1997), uma vez que o CMS de animais consumindo milho úmido foi 6% menor quando comparado com animais consumindo milho seco. Esse menor CMS de alimentos com altos teores de grãos rapidamente fermentáveis (como por exemplo a silagem de milho reconstituído) pode ser atribuído à rápida produção de ácidos no rúmen a qual pode levar a um quadro de acidose subaguda, ou a uma homeostase de consumo de energia devido à maior disponibilidade energética da fermentação desses grãos (Richards e Hicks, 2007). Portanto, a redução no CMS do concentrado do tratamento SMGR durante o período de transição, pode ser atrelada ao suprimento das necessidades metabólicas (energia) em virtude da melhor digestibilidade da silagem de milho grão reconstituído. No entanto, não se pode excluir a possibilidade de um possível quadro de acidose subaguda, ocasionada pelo acúmulo de AGCC provenientes de maior fermentação ruminal proporcionada pela silagem de milho grão reconstituído.

Apesar de não termos avaliado o comportamento ingestivo dos animais, durante todo o período experimental, observou-se que os bezerros de ambos os tratamentos procuravam o concentrado pouco tempo depois do fornecimento do leite. Quando os animais ultrapassavam o consumo de 1kg/dia de concentrado, eles se mostraram influenciados a visitar o cocho toda vez que o 1/3 do concentrado era oferecido. Shabi et al. (1999) avaliaram o efeito da extrusão de milho e da frequência de alimentação em vacas alimentadas com uma dieta rica em concentrado e observaram que com o aumento da frequência de oferta da dieta, as vacas aumentaram seu CMS. Os padrões de refeições menores e mais frequentes podem beneficiar o ambiente ruminal, pois há menor ingestão de substrato para a fermentação ruminal. Allen (1997) observou uma relação proporcional da queda no pH ruminal após a alimentação com o tamanho da refeição em bovinos adultos. O risco de acidose ruminal subaguda pode ser maior quando o comportamento alimentar é caracterizado por refeições maiores e pouco frequentes (Krause e Oetzel, 2006).

Equivalente ao observado em experimentos conduzidos pela nossa equipe (Poczynek et al., 2019; De Paula et al., 2017), houve a ocorrência de diarreia na segunda e terceira semanas de vida, porém sem a redução do ganho de peso. Diferente do relatado por Toledo et al. (2020), que observaram que animais alimentados com maior teor de carboidratos não fibrosos, em função do fornecimento de milho grãos à vontade, apresentavam fezes mais fluídas em comparação com dietas contendo feno, devido ao escape do milho no rúmen chegando ao intestino grosso causando uma acidose cecal. No presente estudo, o fornecimento de concentrado contendo silagem de milho grão reconstituído, ou seja, com milho mais fermentável, não causou o mesmo resultado, provavelmente pelo melhor aproveitamento desse ingrediente no rúmen e pouco escape para o intestino grosso.

Khan et al. (2007) relataram valores de 72 a 87 mg/dL de concentração de glicose plasmática durante o período de aleitamento, em bezerros recebendo leite integral, e após o desaleitamento, relatam valores entre 59 e 74 mg/dL. Huber (1969) afirma que essas altas concentrações plasmáticas, em bezerros mais jovens, sejam devido à ingestão da dieta rica em lactose, e espera-se que haja um declínio rápido após a quarta semana de vida devido à diminuição da secreção de lactase no intestino do animal. No presente estudo, pode-se observar que as concentrações plasmáticas de glicose foram bem menores, variando de 50 a 60 mg/dL, porém foram diminuindo com o passar da idade, assim como o esperado. As concentrações de glicose circulante são reduzidas com o estabelecimento da função ruminal e absorção de AGCC (Daniels et al., 2008). Provavelmente, as menores concentrações de glicose plasmática no tratamento Controle durante o período de aleitamento deve-se ao maior CMS, o qual estimula a

fermentação ruminal (Khan et al., 2008) e com isso a utilização do ácido propiônico na via gliconeogênese para a produção de glicose. Já a inversão nas concentrações de glicose plasmática a favor da dieta contendo silagem de milho grão reconstituído no período de transição, leva a crer que houve maior desenvolvimento ruminal nos bezerros desse tratamento a partir desse período.

Khan et al. (2007) observaram que em bezerros com elevado consumo de concentrado, a concentração de BHBA no plasma aumentou, enquanto a concentração de glicose diminuiu, com o passar da idade, indicando a produção de AGCC no rúmen e mudança do perfil glicolítico para gliconeogênico, ou seja, a mudança do bezerro de ruminante não-funcional à ruminante funcional. Apesar de não terem sofrido efeito estatístico significativo, as concentrações molares de AGCC totais e acetato foram maiores para os animais do grupo controle tanto no período de aleitamento quanto no período de transição. A redução nas concentrações de glicose plasmática está relacionada a uma maior ingestão de dieta sólida, estimulando a fermentação e a atividade ruminal (Khan et al., 2008). A glicose vai sendo substituída gradativamente pelos AGCC produzidos durante o processo de fermentação ruminal, tornando esses ácidos a principal fonte energética dos ruminantes (Baldwin et al., 2004).

As concentrações plasmáticas de BHBA de bezerros aumentam conforme o passar da idade (Klotz e Heitmann, 2006) e suas concentrações estão altamente correlacionadas com a ingestão de concentrado (Quigley et al., 1991). Portanto, o BHBA plasmático é considerado um indicativo de desenvolvimento ruminal e metabolismo dos produtos da fermentação pelos microrganismos ruminais. No presente estudo, as diferentes dietas não influenciaram as concentrações de BHBA, entretanto as mesmas sofreram efeito de semana, com aumento da semana 8 para a semana 10. O mesmo comportamento das concentrações de BHBA foi observado em estudo realizado por Quigley et al. (1992), que afirmam que o aumento dessas concentrações é resultante do aumento da concentração de butirato ruminal, o qual deriva do maior consumo de concentrado.

Em contraposição do relatado por De Paula et al. (2017) e Hulbert e Moisés (2016), a concentração de proteína total não sofreu efeito da idade dos animais, com redução da sua concentração devido ao declínio de anticorpos provenientes do colostro até a quinta semana de vida. No entanto, esta se manteve constante e sofreu efeito das dietas. Os valores encontrados no presente estudo foram maiores do que a amplitude normal de variação de 6,94 a 5,57mg/dL, estabelecida por Reis et al. (2007). Segundo o mesmo autor, tanto a proteína total como a albumina sérica devem variar de acordo com a quantidade de proteína ingerida na dieta. Animais

do tratamento SMGR apresentaram menores concentrações de proteína total e menores concentrações de N-amoniaco, o que poderia ser atrelado à maior translocação da ureia sanguínea pela parede ruminal em função de uma maior fermentação ruminal. Já as concentrações de ureia plasmática são um dos principais indicadores do metabolismo proteico, sofrendo interferência do tipo de dieta e a idade do animal (Benesi et al., 2005). Com isso, Contreras (2000) afirma que as concentrações de ureia plasmática serão afetadas caso haja deficiência proteica. As concentrações de ureia tiveram declínio entre a segunda e terceira semana, depois permaneceram constantes, confirmando que não houve deficiência proteica nas dietas experimentais.

Assim como as concentrações de proteína total, as concentrações de albumina também são um indicativo da eficiência das dietas, todavia são mais sensíveis aos parâmetros nutricionais (González et al., 2000). A albumina é sintetizada no fígado e sua concentração pode sofrer alteração devido ao nível proteico da dieta, o mesmo ocorre com a concentração de ureia (Lima et al., 2012). Segundo os mesmos autores, isso a torna um indicador muito útil quando o déficit proteico é prolongado, pois sua meia vida é de aproximadamente 20 dias, tendo uma manifestação mais tardia e menos intensa em comparação à ureia. As concentrações plasmáticas de albumina apresentadas nesse estudo foram maiores em comparação aos limites normais (2,5 a 3,0mg/dL) preditos por Radostits et al. (2002). Pode-se observar que as concentrações tiveram queda na segunda semana, porém depois se mantiveram constantes, corroborando com a eficiência proteica nas dietas experimentais apontadas pelas concentrações de proteína total e ureia.

Os produtos da fermentação ruminal são alterados de acordo com o tipo de alimento que constituem as dietas, uma vez que os microrganismos responsáveis pela fermentação variam de acordo com os nutrientes da dieta (Manella et al., 2003). As dietas ricas em amido e proteínas são responsáveis pelo aumento da produção de ácido propiônico (Church, 1988). A digestão e a absorção do amido fornecem produtos de fermentação, como o lactato, os aminoácidos, os ácidos nucleicos e os AGCC, além de fornecerem a glicose necessária para os processos metabólicos, tendo muitos desses produtos de fermentação o suporte à gliconeogênese depois de serem absorvidos pelo intestino (Ortigue-Marty et al., 2003). Por apresentar amido mais disponível na silagem de milho reconstituído, as concentrações de lactato plasmático foram menores no tratamento SMGR e diminuíram conforme o avançar da idade, podendo ser relacionado à conversão do lactato à glicose, via gliconeogênese, no fígado, uma vez que a concentração de glicose plasmática no mesmo tratamento foi maior durante o período de aleitamento.

O NRC (2001) recomenda que a ingestão de dieta sólida em bezerros durante o período de aleitamento seja incentivada, pois essa será fermentada no rúmen e promoverá o desenvolvimento ruminal. Os AGCC são produzidos no rúmen por meio da fermentação microbiana dos alimentos e são absorvidos pelas papilas ruminais (Rémond et al., 1996). As concentrações desses ácidos são afetadas pelo consumo de ração do animal, sabendo-se que eles (principalmente o ácido butírico) são metabolizados no epitélio ruminal e consequentemente contribuem para o seu crescimento (Sakata e Tamate, 1978; Gorka et al., 2009; Malhi et al., 2013). As concentrações dos ácidos isovalérico e isobutírico no rúmen são um indicativo da fermentação de aminoácidos, e esses quando estão presentes em altos teores favorecem o acúmulo desses AGCC (Vargas et al., 2001). A fermentação dos aminoácidos pelos microrganismos ruminais tem como objetivos a síntese proteica ou sua utilização com fonte energética, liberando N-NH_3 no ambiente ruminal (Ribeiro et al., 2001). No presente estudo, os animais do tratamento controle apresentaram maiores concentrações de ácidos isovalérico e isobutírico, corroborando com os maiores valores das concentrações de N-NH_3 para o mesmo tratamento. Meschiatti et al. (2017) afirmam que há vasta descrição na literatura sobre dietas com maiores teores de carboidratos não-fibrosos ou com fontes de amido muito processadas que resultam em menores concentrações de N-NH_3 . Pazoki et al. (2017) relatou menor concentração ruminal de N-NH_3 em bezerros alimentados com dietas ricas em amido e finamente moídas, embasando os resultados encontrados no presente estudo.

A concentração de N-NH_3 ruminal é importante, pois os microrganismos o utilizam como fonte de nitrogênio para a síntese proteica. Pela interação que pode ocorrer entre as bactérias fibrolíticas e proteolíticas no meio ruminal, o N-NH_3 se torna a principal fonte de nitrogênio, causando a sua menor concentração no meio (Nagaraja, 2016). Ribeiro et al. (2001) afirmam que as bactérias responsáveis pela fermentação dos carboidratos estruturais utilizam a amônia presente no rúmen como sua principal fonte de nitrogênio para a síntese proteica. Com o intuito do crescimento adequado dos microrganismos ruminais, a concentração de nitrogênio amoniacal deve ser de, no mínimo, 5 mg/dL de fluido ruminal (Satter e Slyter, 1974). No presente estudo, observou-se valores bem superiores ao predito pelos mesmos autores, suportando o fato de que os animais de ambos os tratamentos tinham condições de um adequado crescimento microbiano ruminal.

Quando se aumenta o suprimento de grãos de amido de fácil fermentação, há o aumento das produções de ácidos orgânicos e de proteína microbiana e diminuição da digestão de fibras, das concentrações de amônia e da relação acetato:propionato (Poore et al., 1993; Martin et al.,

1999; Philippeau et al., 1999 e Oba e Allen, 2003). No entanto, as concentrações dos menores AGCC (valérico, isovalérico e isobutírico), da semana 8 para a semana 10, mostraram-se constantes para o tratamento SMGR, podendo sugerir uma microbiota adaptada à dieta. Assim como foi observado nas concentrações dos ácidos propiônico e acético, as quais foram similares para o tratamento SMGR na semana 8 para a semana 10, também sugerindo uma melhor adaptação microbiana ruminal. Todavia, o período de 15 dias se mostrou curto para evidenciar as mudanças no estabelecimento da microbiota.

O pH ruminal varia conforme a dieta e com o tempo pós-alimentação (Silveira et al., 2006). Apesar de ser bem relatado na literatura que o baixo pH ruminal é associado a efeitos prejudiciais aos ruminantes, o pH do rúmen de bezerros apresentam valores inferiores ao de animais adultos. Suárez et al. (2007) encontraram valores de pH ruminal entre 5,09 e 5,31 em bezerros consumindo dietas contendo de 40 a 100% de concentrado. Em estudo realizado por Khan et al. (2008), o pH ruminal tendeu a aumentar com o passar do tempo (entre 35 e 70 dias). O mesmo foi relatado no presente estudo, no qual o pH ruminal de ambos os tratamentos foram menores na 8ª semana e depois aumentaram na 10ª semana. Taylor e Allen (2005) compararam o milho vítreo com o farináceo, e obtiveram como resultado do milho farináceo o menor pH ruminal, maior produção de AGCC total, diminuição de acetato, maior produção de propionato, diminuição de amônia e de ácido graxos de cadeia ramificada no fluido ruminal. Assim como o milho farináceo, a silagem de milho reconstituído é mais fermentável no rúmen quando comparado com o milho vítreo e milho seco.

Khan et al. (2016) descreveram que o tamanho da partícula do volumoso estimula fisicamente o aumento da motilidade, musculatura e volume ruminal em bezerros, podendo refletir no maior peso deste compartimento. Apesar da tendência presente nesse estudo em relação ao maior peso cheio do trato digestório anterior dos animais do grupo controle, isso pode ser associado ao maior CMS de concentrado desses animais e não ao aumento da musculatura ruminal, uma vez que não houve diferença entre os pesos dos compartimentos vazios entre os tratamentos. Como encontrado por Da Silva et al. (2017), o número de papilas não foi afetado pelos tratamentos, porém os valores foram superiores aos encontrados no presente estudo. Pode-se observar também pontos de hiperqueratose espalhados no rúmen de dois animais pertencentes ao tratamento SMGR, assim como observado por Coelho (1999), onde a inclusão de feno não foi suficiente para evitar a ocorrência de hiperqueratose em bezerros alimentados com concentrado à vontade. Diferentemente Khan et al. (2007), que avaliaram bezerros alimentados com concentrado e feno à vontade, não observaram lesões ruminais nos animais, provavelmente por causa do elevado consumo de feno pelos animais.

Jensen et al. (1954) afirmam que a hiperqueratose é consequência clássica de dietas ricas em concentrados rapidamente fermentáveis. Segundo Barker et al. (1995), a ingestão de dietas ricas em carboidratos de fácil fermentação ruminal resultam no acúmulo de AGCC e, assim, desencadeiam quadros de acidose ruminal. Além de afetar negativamente o desempenho e saúde animal, o excesso de ácidos acumulados no rúmen também é capaz de causar efeitos deletérios sobre a motilidade ruminal, fermentação de fibras, consumo total de alimentos e na morfologia da parede ruminal (Bernardes et al., 2007; Crichlow e Chaplin, 1985; Krajcarski-Hunt et al., 2002 e Ahrens, 1967).

6. CONCLUSÃO

A substituição do grão de milho moído por silagem de milho grão reconstituído melhorou a eficiência alimentar durante o período de aleitamento. Entretanto, no período de transição, o qual compreendeu no processo de desaleitamento e a semana subsequente ao desaleitamento completo, os animais diminuíram o consumo de concentrado.

REFERÊNCIAS

- Ahrens, F.A. 1967. Histamine, lactic acid, and hipertonicity as factors in the development of rumenitis in cattle. *Am. J. Vet. Res.*, v.28, p.1335-1343.
- Allen, M. S. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **J. Dairy Sci.** 80:1447–1462.
- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.83, p.1598-1624.
- Andrade Filho, R. 2010. Degradabilidade ruminal in situ de grão de milho maduros do tipo Flint ou dentado, secos ou reconstituídos e ensilados. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47. Anais SBZ, 2010b. 1 CD-ROM.
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. 16. ed. AOAC, Washington, DC.
- Baldwin, R. L., V. I. K. R. Mcleod, J. L. Klotz, and R. N. Heitmann. 2004. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and post-weaning ruminant. *J. Dairy Sci.* 87:E55– E65.
- Bannink, A., J. France, S. Lopez, W. Gerrits, E. Kebreab, S. Tamminga, and J. Dijkstra. 2008. Modelling the implications of feeding strategy on rumen fermentation and functioning of the rumen wall. *Anim. Feed Sci. Technol.* 143:3–26.
- Barker, I.K.; Van Dreumel, A.A.; Palmer, N. 1995. The alimentary system. In: Jubb, K. V. F.; Kennedy, P. C.; Palmer, N. (Eds). *Pathology of domestic animals*. 4.ed. San Diego: Academic, v.2.
- Baron, V. S.; Stevenson, K. R.; Buchanan-Smith, J. G. 1986. Proteolysis and fermentation of grain-corn ensiled at several moisture levels and under several simulated storage methods. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v. 66, n. 2, p. 451-46.
- Beharka, A.A., Nagaraja, T.G., Morrill, J.L., Kennedy, G.A. and Klemm, R.D., 1998. Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 81(7), pp.1946-1955.
- Beiranvand, H., G. R. Ghorbani, M. Khorvash, A. Nabipour, M. Dehghan-Banadaky, A. Homayouni, and S. Kargar. 2014. Interactions of alfalfa hay and sodium propionate on dairy calf performance and rumen development. *J. Dairy Sci.* 97:2270–2280.
- Beiranvand, H., G. R. Ghorbani, M. Khorvash, and M. Kazemi-Bonchenari. 2014. Forage and sugar in dairy calves' starter diet and their interaction on performance, weaning age and rumen fermentation. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 98:439–445.
- Benesi, F. J.; Coelho, C. S.; Leal, M. L. R.; Mirandola, R. M. S; Lisbôa, J. A. N. 2005. Parâmetros bioquímicos para avaliação da função renal e do equilíbrio hidroeletrólítico em bezerras sadias, da raça Holandesa, no primeiro mês de vida. *BrazilianJournalVeterinaryResearch Animal Science*, v.42, n.4, p.291-298.

Bernardes, E.B.; Coelho, S.G.; Carvalho, A.U. et al. 2007. Efeito de substituição do feno de Tifton 85 pelo caroço de algodão como fonte de fibra na dieta de bezerros. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, p.955-964.

Bitencourt, L. L. 2012. Substituição de milho moído por milho reidratado e ensilado ou melaço de soja em vacas leiteiras. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras.

Bittar, C.M.M., Ferreira, L.S. Qualidade e composição de alimentos para o desenvolvimento ruminal de bezerras leiteiras. In: 1o. Simpósio de Nutrição de Bovinos de Corte e Leite, 2016, Dracena. Anais do 1o. Simpósio de Nutrição de Bovinos de Corte e Leite. Dracena: Unesp, 2016. v. 1. p. 78-92.

Bittar, C.M.M., Ferreira, L.S., Santos, F.A.P., Zopollatto, M., 2009. Performance and ruminal development of dairy calves fed starter concentrate with different physical forms. *Revista Brasileira De Zootecnia* 38, 1561-1567.

Brown, M. S.; Krehbiel, C. R.; Galyean, M. L.; Remmenga, Peters, J. P.; Hibbard, B.; Robinson, J.; Moseley, W. M. 2000. Evolution of models of acute and sub-acute acidosis on dry matter intake, ruminal fermentation, blood chemistry, and endocrine profiles of beef steers. *J. Anim. Sci.* 78,3155-3168.

Castells, L., A. Bach, G. Araujo, C. Montoro, and M. Terré. 2012. Effect of different forage sources on performance and feeding behavior of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 95:286–293

Church, D.C. 1988. The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. Englewood Cliffs: Waveland Press, 563p.

Coelho, S. G. 1999. Ganho de peso e desenvolvimento do estômago de bezerros desaleitados aos trinta dias de idade e alimentados com concentrado e com ou sem feno. 123 folhas. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Contreras, P. 2000. Indicadores do metabolismo protéico utilizados nos perfis metabólicos de rebanhos. In: Gonzalez, F. H. D.; Barcellos, J. O.; Ospina, H.; Ribeiro, L. A. O. (Eds.). Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Porto alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

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

Costa, S. F. et al. 2008. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e a epiderme de bezerros: I. Aspectos histológicos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 60, n. 1, p. 1-9.

Crichlow, E.C.; Chaplin, R.K. 1985. Ruminal lactic acidosis: Relationship of fore stomach motility to no dissociated volatile fatty acids levels. *Am. J. Vet. Res.*, v.46, p.1908- 1911.

Crocker, L. M., E. J. DePeters, J. G. Fadel, H. Perez-Monti, S. J. Taylor, J. A. Wyckoff, and R. A. Zinn. 1998. Influence of processed corn grain in diets of dairy cows on digestion of nutrients and milk composition. *J. Dairy Sci.* 81:2394–2407.

- Daniels, K. M.; Hill, S. R.; Knowlton, K. F. et al. 2008. Effects of milk replacer composition on selected blood metabolites and hormones in preweaned Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, v. 91, p. 2628- 2640.
- Danley, M. M. and R. L. Vetter. 1974a. Artificially altered corn grain harvested at three moisture levels. I. Dry matter and nitrogen losses and changes in the carbohydrate fractions. *J.*
- Danley, M. M. and R. L. Vetter. 1974b. Artificially altered corn grain harvested at three moisture levels. III. In vitro utilization of the carbohydrate and nitrogen fractions. *J. Anim. Sci.* 38:430-436.
- Davis, C. L., and J. K. Drackley. 1998. *The Development, Nutrition and Management of the Young Calf*. Iowa State University Press, Ames.
- Dawson, K. A.; Rasmussen, M. A.; Allison, M. J. et al. 1997. Digestive disorders and nutritional toxicity. In: Hobson, P.N.; Stewart, C.S. (Ed.). *The rumen microbial ecosystem*. p.633-660.
- De Paula, M.R., Oltramari, C.E., Silva, J.T., Gallo, M.P.C., Mourão, G.B., Bittar C.M. M., 2017. Intensive liquid feeding of dairy calves with a medium crude protein milk replacer: Effects on performance, rumen, and blood parameters. *J. Dairy Sci.* 100,4448- 4456.
- Defoor, P. J.; Brown, M. S.; Owens, F. N. 2006. Reconstitution of grain sorghum for ruminants. Pages 94-99 in *Cattle Grain Processing Symposium*, Tulsa, OK. Oklahoma State University, Stillwater. CGP, p. 93-98.
- Dijkstra, J., J. L. Ellis, E. Kebreab, A. B. Strathe, S. Lopez, J. France, and A. Bannink. 2012. Ruminant pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Anim Feed Sci Tech* 172:22-33.
- DiLorenzo, N. et al. 2004. Effects of feeding polyclonal antibody preparations against rumen starch and lactic-fermenting bacteria on target bacteria populations and steer performance. Master thesis submitted to the faculty of the graduate school of the University of Minnesota.
- Dirksen, G., H. Liebich, G. Brosi, H. Hagemeister, and E. Mayer. 1984. Morphology of the rumen mucosa and fatty acid absorption in cattle-important factors for health and production. *Zentralbl. Veterinarmed. A* 31:414-430.
- Drackley, J.K. 2008. Calf nutrition from birth to breeding. *Veterinary Clinics Food Animal*, v.24, p.55-86.
- EbnAli, A., M. Khorvash, G. R. Ghorbani, A. H. Mahdavi, M. Malekkhahi, M. Mirzaei, A. Pezeshki, and M. H. Ghaffari. 2016. Effects of forage offering method on performance, rumen fermentation, nutrient digestibility and nutritional behavior in Holstein dairy calves. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 100:820-827.
- Fernandes, J.; Da Silva, E. B.; Carvalho-Estrada, P. De A.; Pratti, J. L. D.; Nussio, L. G. 2021. Influence of hybrid, moisture, and length of storage on the fermentation profile and starch digestibility of corn grain silages. *Animal Feed Science And Technology*, v. 271, p. 114707.
- Forbes, J. M. 2007. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. *Nutrition Research Reviews*, v.20, p.132-146.

Franzoni, A. P. S. 2012. Efeito do processamento do milho no desenvolvimento do rúmen, desempenho de bezerros e digestibilidade in vitro do grão. Dissertação de mestrado - Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais.

Gäbel, G., H. Martens, M. Sündermann, and P. Galfi. 1987. The effect of diet, intraruminal pH and osmolarity on sodium, chloride and magnesium absorption from the temporarily isolated and washed reticulo-rumen of sheep. *Q. J. Exp. Physiol.* 72:501–511.

Gäbel, G., M. Bestmann, and H. Martens. 1991. Influences of diet, short-chain fatty acids, lactate and chloride on bicarbonate movement across the reticulo-rumen wall of sheep. *J. Vet. Med. A.* 38:523–529.

González, F. H. D.; Conceição, T. R.; Siqueira, A. J. S.; La Rosa, V. L. 2000. Variações sanguíneas de uréia, creatinina, albumina e fósforo em bovinos de corte no Rio Grande do Sul. *A hora veterinária*, v.20, p.59-62.

Gorka, P., Z. M. Kowalski, P. Pietrzak, A. Kotunia, R. Kiljanczyk, J. Flaga, J. J. Holst, P. Guilloteau, and R. Zabielski. 2009. Effect of sodium butyrate supplementation in milk replacer and starter diet on rumen development in calves. *J. Physiol. Pharmacol.* 60(Suppl 3):47–53

Hall, M. B. 2002. Rumen acidosis: carbohydrate feeding considerations. Pages 51-69 In: *Proceedings of the 12th International Symposium on Lameness in Ruminants*. Orlando, FL.

Harrison, H. N., R. G. Warner, E. G. Sander, and J. K. Loosli. 1960. Changes in the tissue and volume of the stomachs of calves following the removal of dry feed or consumption of inert bulk. *J. Dairy Sci.* 43:1301–1312.

Hill, T. M., H. G. Bateman II, J. M. Aldrich, and R. L. Schlotterbeck. 2010. Effect of milk replacer program on digestion of nutrients in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 93:1105–1115.

Hoffman, P. C. et al. 2011. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 94, n. 5, p. 2465-2474.

Hongbing Gui and Zanning Shen. 2016. Concentrate diet modulation of ruminal genes involved in cell proliferation and apoptosis is related to combined effects of short-chain fatty acid and pH in rumen of goats. *J. Dairy Sci.* 99:6627–6638.

Huber, J. T. 1969. Development of the digestive and metabolic apparatus of the calf. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v.52, p. 1303-1315.

Huber, J.T. 1969. Development of the digestive and metabolic apparatus of the calf. *Journal of Dairy Science*, v.52, p.1303-1315.

Hulbert, L. E., and Moisés, S. J. 2016. Stress, immunity, and the management of calves. *J. Dairy Sci.* 99:3199–3216.

Huntington, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants. From basics to the brink. *Journal of Animal Science*, v.75, n.3, p.852- 867.

Huntington, G. B.; Harmon, D. L.; Richards, C. J. 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *J. Anim. Sci.* 84(E. Suppl.): E14-E24.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE. 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/leite/brasil>. Acesso em: 24 de abril de 2020.

Jensen, R.; Flint, J.C.; Udall, R.H. et al. 1954. Parakeratosis of the rumens of lambs fattened on the pelleted feed. *Am. J. Vet. Res.*, v.15, p.202-216.

Kennelly, J.J., Robinson, B., Khorasani, G.R., 1999. Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield, and milk composition in early-lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 82, 2486–2496.

Khan, M. A., A. Bach, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2016. Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 99:885–902.

Khan, M. A., D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2011. Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 94:1071–1081.

Khan, M. A., H. J. Lee, W. S. Lee, H. S. Kim, S. B. Kim, S. B. Park, K. S. Baek, J. K. Ha, and Y. J. Choi. 2008. Starch source evaluation in calf starter: II. Ruminal parameters, rumen development, nutrient digestibilities and nitrogen utilization in Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 91:1140–1149.

Khan, M. A.; Lee, H. J.; Lee, W. S. et al. 2007. Structural growth, rumen development, and metabolic and immune responses of Holstein male calves fed milk through step-down and conventional methods. *J. Dairy Sci.*, v.90, p. 3376-3387.

Kleen, J. L., G. A. Hooijer, J. Rehage, and J. P. T. M. Noordhuizen. 2003. Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *J Vet Med A* 50:406-414.

Klotz, A. F. e Heitmann, R. N. 2006. Effects of weaning and ionophore supplementation on select blood metabolites and growth in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v.89, p. 3587-3598.

Krajcarski-Hunt, H.; Plaizier, J.C.; Walton, J.P. et al. 2002. Short communication: effect of subacute ruminal acidosis on in situ fiber digestion in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.570-573.

Krause, K. M., & Oetzel, G. R. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal feed science and technology*, 126(3-4), 215-236.

Krause, K. M., and G. R. Oetzel. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126:215–236.

Krehbiel, C. R., D. Harmon, and J. Schneider. 1992. Effect of increasing ruminal butyrate on portal and hepatic nutrient flux in steers. *J. Anim. Sci.* 70:904–914.

Krehbiel, C. R., R. A. Stock, D. W. Herold, D. H. Shain, G. A. Ham, and J. E. Carulla. 1995. Feeding wet corn gluten feed to reduce subacute acidosis in cattle. *J. Anim. Sci.* 73:2931-2939.

Laarman, A. H.; Sugino, T.; Oba, M. 2012. Effects of starch content of calf starter on growth and rumen pH in Holstein calves during the weaning transition. *J. Dairy Sci.* 95: 4478-4487.

Larson, L.L., Owen, F.G., Albright, J.L., Appleman, R.D., Lamb, R.C., Muller, L.D., 1977. Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data. *J. Dairy Sci.* 60, 989–991. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(77\)83975-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(77)83975-1).

Lesmeister, K. E., and A. J. Heinrichs. 2004. Effects of corn processing on growth characteristics, rumen development, and rumen parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 87:3439–3450.

Lima, P. De O.; Cândido, M. J. D.; Queiroz, M. G. R.; Ferreira, J. M.; Modesto, E. C.; Lima, R. N.; Gomes, J. M. C.; Aquino, R. M. S. 2012. Parâmetros séricos de bezerros submetidos a diferentes tipos dietas líquidas. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, v.13, n.2, p.529-540.

Lopes, F. C. F.; Rodrigues, N. M.; Aroeira, L. J. M.; Sampaio, I. B. M.; Borges, I. 2005. Equações de predição de consumo voluntário de vacas em lactação. *Veterinária Notícias*, v.11, p.115-126.

Luebbe, M. K., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, and W. A. Fithian. 2009. Influence of corn hybrid traits and processing method on nutrient digestibility. *Prof. Anim. Sci.* 25:496-509.

Malhi, M., H. Gui, L. Yao, J. R. Aschenbach, G. Gabel, and Z. Shen. 2013. Increased papillae growth and enhanced short-chain fatty acid absorption in the rumen of goats are associated with transient increases in cyclin D1 expression after ruminal butyrate infusion. *J. Dairy Sci.* 96:7603–7616.

Manella, M. Q.; Lourenço, A. J.; Leme, P. R. Recria de bovinos Nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*. Característica de fermentação ruminal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.4, p. 1002-1012, 2003.

Martin, C., C. Philippeau, and B. Michalet-Doreau. 1999. Effect of wheat and corn variety on fiber digestion in beef steers fed highgrain diets. *J. Anim. Sci.* 77:2269–2278.

McAllister, T. A., Gibb, D. J., Beauchemin, K. A. and Wang, Y. 2006. Starch type, structure, and ruminal digestion. In *Cattle Grain Processing Symposium*. Oklahoma State University, Tulsa.

Meschiatti, M.A., Gouvêa, V.N., Pellarin, L.A., Batalha, C.A., Biehl, M.V., Acedo, T.S., Dórea, J.R.R., Tamassia, L.F.M, Owens, F.N., Santos, F.A.P. 2017. Feeding the combination of essential oils and exogenous α -amylase increases performance and carcass production of finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* sky415.

Milk replacer: Effects on performance, rumen, and blood parameters. *J. Dairy*

- Millen, D. D.; Ronchesel, J. R.; Parra, F. S.; Pacheco, R. D. L. ; Martins, C. L.; Arrigoni, M. De B. 2013. Anticorpos policlonais em dietas com alta inclusão de concentrado para bovinos confinados. *Ciência Rural* (UFSM. Impresso), v. 43, p. 1660-1667.
- Mirzaei, M., M. Khorvash, G. R. Ghorbani, M. Kazemi-Bonchenari, A. Riasi, A. Nabipour, and J. J. G. C. van den Borne. 2015. Effects of supplementation level and particle size of alfalfa hay on growth characteristics and rumen development in dairy calves. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 99:553–564.
- Montoro, C., E. K. Miller-Cushon, T. J. DeVries, and A. Bach. 2013. Effect of physical form of forage on performance, feeding behavior, and digestibility of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 96:1117–1124.
- Murphy, T. A., F. L. Fluharty, and S. C. Loerch. 1994. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 72:1608–1615.
- Nagaraja, T. G. 2016. Microbiology of the Rumen, In.: *Ruminology*, 1 ed. Springer International Publishing Switzerland, cap. 7, p. 189-201.
- Nozière, P., C. Martin, D. Rémond, N. B. Kristensen, R. Bernard, and M. Doreau. 2000. Effect of composition of ruminally-infused shortchain fatty acids on net fluxes of nutrients across portal-drained viscera in underfed ewes. *Br. J. Nutr.* 83:521–531.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7 ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Oba, M., and M. S. Allen. 2003. Effects of corn grain conservation method on ruminal digestion kinetics for lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. *J. Dairy Sci.* 86:184–194.
- Oba, M., and M. S. Allen. 2003. Effects of corn grain conservation method on feeding behavior and productivity of lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. *J. Dairy Sci.* 86:174–207.
- Oba, M., and M. S. Allen. 2003. Effects of diet fermentability of microbial nitrogen production in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:195–207.
- Oetzel, G.R., Nordlund, K.V., Garrett, E.F., 1999. Effect of ruminal pH and stage of lactation on ruminal lactate concentrations in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82 (Suppl. 1), 38.
- Oliveira, A. S.; Detmann, E.; Campos, J. M. S. et al. 2011. Meta-análise do impacto da fibra em detergente neutro sobre o consumo, a digestibilidade e o desempenho de vacas leiteiras em lactação. *Revista brasileira de Zootecnia*, v.40, n.7, p.1587-1595.
- Oltramari, C. E. ; Nápoles, G.G.O. ; Paula, M. R. ; Silva, J. T. ; Gallo, M. P. C. ; Bittar, C.M.M. 2016. Performance and metabolism of calves fed starter feed containing sugarcane molasses or glucose syrup as a replacement for corn. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 29, p. ajas-15-0550.

Ortigue-Marty, I., Vernet, J. and Majdoub, L., 2003. Whole body glucose turnover in growing and non-productive adult ruminants: meta-analysis and review. *Reproduction Nutrition Development*, 43(4), pp.371-383.

Owens, F. 2005. Impact of grain processing and quality on Holstein steer performance. Pages 121-140 in *Managing and Marketing Quality Holstein Steers Proc.*, Rochester, MN.

Owens, F. N., D. S. Secrist, W. J. Hill, and D. R. Gill. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 75:868–879.

Owens, F. N., R. A. Zinn, and Y. K. Kim. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.* 63:1634-1648.

Owens, F.N.; Basalan, M. 2012. Limits to ruminal and postruminal starch digestion and energetic efficiency. In: *International Congress On Beef Cattle. São Pedro, SP. Proceedings...2012, São Pedro, SP. Disponível em CD-ROM. 2012, 21p.*

Owens, F.N.; Secrist, D.S.; Jeff Hill, W. et al. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *Journal of Animal Science*, v.75, p.868-879.

Owens, F.N.; Zinn, R.A. 2005. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: *Southwest Nutrition Conference. Nebraska, Proceedings. Nebraska*, p. 86-112.

Pazoki, A., Ghorbani, G. R., Kargar, S., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Drackley, J. K., Ghaffari, M. H. 2017. Growth performance, nutrient digestibility, ruminal fermentation, and rumen development of calves during transition from liquid to solid feed: Effects of physical form of starter feed and forage provision. *Animal Feed Science and Technology*, 234:173–185.

Philippeau, C., C. Martin, and B. Michalet-Doreau. 1999. Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site, and extent of digestion in beef steers. *J. Anim. Sci.* 77:1587–1596.

Philippeau, C., J. Landry, and B. Michalet-Doreau. 2000. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. *J. Sci. Food Agric.* 80:404–408.

Plaizier, J. C., D. O. Krause, G. N. Gozho, and B. W. McBride. 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. *Vet. J.* 176:21-31.

Poczynek, M.; Toledo, A. F.; Silva, A. P.; Silva, M. D.; Oliveira, G. B.; Coelho, M. G.; Virginio, G. F.; Polizel, D.; Costa, J. H.; Bittar, C. M. M. 2019. Partial corn replacement by soybean hull, or hay supplementation: Effects of increased NDF in diet on performance, metabolism and behavior of pre-weaned calves. *Livestock Science*, v. 231, p. 103858.

Poore, M. H., J. A. Moore, T. P. Eck, R. S. Swingle, and C. B. Theurer. 1993. Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:2244–2253.

Quigley III, J. D.; Boehms, I.; Steen, T. M. e Heitmann, R. N. 1992. Effects of lasalocid on selected ruminal blood metabolites in young calves. *Journal of Dairy Science, Lancaster*, v. 75, p.2235-2241.

Quigley III, J. D.; Caldwell, L. A.; Sinks, G. D. e Heitmann, R. N. 1991. Changes in blood glucose, non-esterified fatty acids, and ketones in response to weaning and feed intake in young calves. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v. 74, p. 250-257.

Radostits, O. M., C. C. Gay, K. W. Hinchcliff, and P. D. Constable. 2007. *Veterinary Medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats*. 10th ed. Elsevier, Philadelphia, PA.

Radostits, O. M.; Gay, C. C.; Blood, D. C.; Hinchcliff, K. W. 2002. *Clínica Veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e eqüinos*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, ed. 9, p.1737.

Reis, M. C.; Costa, J. N.; Peixoto, A. P. C. 2007. Efeito da idade e da suplementação oral com o acetato de DL-alfa-tocoferol sobre os níveis séricos de vitamina E sobre o proteinograma de bezerros. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.8, n.3, p.152-161.

Reis, R. B., and D. K. Combs. 2000. Effects of corn processing and supplemental hay on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. *J. Dairy Sci.* 83:2529–2538.

Rémond, D., F. Meschy, and R. Boivin. 1996. Metabolites, water and mineral exchanges across the rumen wall: mechanisms and regulation. *Proc. Ann. Zootech.* 45:97–119.

Ribeiro, K. G.; Garcia, R.; Pereira, O. G.; Valadares Filho, S. C.; Cecon, P. R. Eficiência microbiana, fluxo de compostos nitrogenados no abomaso, amônia e pH ruminais, em bovinos recebendo dietas contendo feno de Capim- Tifton 85 de diferentes idades. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(2): 581-588, 2001.

Richards, C.J. and Hicks, B., 2007. Processing of corn and sorghum for feedlot cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(2), pp.207-221.

Rooney, L.W.; Pflugfelder, R.L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*, Albany, v.63, p.1607-1623.

Sakata, T., and H. Tamate. 1978. Rumen epithelial cell proliferation accelerated by rapid increase in intraruminal butyrate. *J. Dairy Sci.* 61:1109–1113.

Sander, E. G., R. G. Warner, H. N. Harrison, and J. K. Loosli. 1959. The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. *J. Dairy Sci.* 42:1600–1605.

Santos, F. A. P.; Marques, R. S.; Dorea, J. R. R. 2016. Rumenology: Grain Processing for Beef Cattle. c. 8; p.213-241.

Santos, G. T.; Damasceno, J. C. 1999. *Nutrição e alimentação de bezerras e novilhas*. Organizado por: Iran Borges de Oliveira; Lúcio Gonçalves *Nutrição de Gado de Leite*:ed. 1 ed., Anais... Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, v. 1, p. 39-64.

Satter, L. D.; Slyter, L. L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal Nutrition*, v.32, p.199-208, 1974.

Schuh, J. D., J. O. A. Lima, W. H. Hale, and B. Theurer. 1970. Steamprocessed flaked grains versus steam-rolled grains for dairy calves. *J. Dairy Sci.* 53:475–479. *Sci.* 100:4448-4456.

Shabi, Z., Bruckental, I., Zamwell, S., Tagari, H. and Arieli, A., 1999. Effects of extrusion of grain and feeding frequency on rumen fermentation, nutrient digestibility, and milk yield and composition in dairy cows. *Journal of dairy science*, 82(6), pp.1252-1260.

Silva, J. T. ; Bittar, C. M. M.; Ferreira, L. S. 2012 Evaluation of mannan-oligosaccharides offered in milk replacers or calf starters and their effect on performance and rumen development of dairy calves. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, p. 746-752.

Silveira, M. F.; Kozloski, G. V.; Brondani, I. L.; Alves Filho, D. C.; Restle, J.; Leite, D. T.; Metz, P. A. M.; Silveira, S. R. L. Ganho de peso vivo e fermentação ruminal em novilhos mantidos em pastagem cultivada de clima temperado e recebendo diferentes suplementos. *Ciência Rural*, v.36, n.3, 2006.

Stevens, C. E. 1970. Fatty acid transport through the rumen epithelium. In: A. T. Phillipson (Ed.) *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant*. Oriel Press, Newcastle upon Tyne, U.K, p.101-112.

Stobo, I. J. F., J. H. B. Roy, and H. J. Gaston. 1966. Rumen development in the calf. *Br. J. Nutr.* 20:189–215.

Suárez, B. J., C. G. V. Reenen, N. Stockhofe, J. Dijkstra, and W. J. J. Gerrits. 2007. Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves. *J. Dairy Sci.* 90:2390–2403.

Tamate, H., A. D. McGilliard, N. L. Jacobson, and R. Getty. 1962. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *J. Dairy Sci.* 45:408–420.

Taylor, C. C., and M. S. Allen. 2005. Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: Site of digestion and ruminant digestion kinetics in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 88:1413–1424.

Terré, M., M. Devant, and A. Bach. 2006. Performance and nitrogen metabolism of calves fed conventionally or following an enhanced growth feeding program during the preweaning period. *Livest. Sci.* 105:109–119.

Terré, M., M. Devant, and A. Bach. 2007. Effect of level of milk replacer fed to Holstein calves on performance during the preweaning period and starter digestibility at weaning. *Livest. Sci.* 110:82–88.

Theurer, C. B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.* 63:1649–1662.

Theurer, C. B. et al. 1999. Invited review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 82, n. 9, p. 1950-1959.

Theurer, C. B., O. Lozano, A. Alio, A. Delgado-Elorduy, M. Sadik, J. T. Huber, and R. A. Zinn. 1999. Steam-processed corn and sorghum grain flaked at different densities alter ruminal, small-intestinal, and total tract digestibility of starch by steers. *J. Anim. Sci.* 77:2824–2831.

Theurer, C.B.; Huber, J.T.; Santos, F.A.P. 1995. Feeding and managing for maximal milk protein. In: Southwest Nutrition and Management Conference, Ahwatukee. Proceedings... Ahwatukee: University of Arizona. p.59.

Toledo, A.F., da Silva, A.P., Poczynek, M., Coelho, M.G., Silva, M.D., Polizel, D.M., Reis, M.E., Virgínio Jr, G.F., Millen, D.D. and Bittar, C.M.M., 2020. Whole-flint corn grain or tropical grass hay free choice in the diet of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 103(11), pp.10083-10098.

Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 74(10):3.

Vargas, L.H.; Lana, R.P.; Mâncio, A.B. et al. Influência de Rumensin®, óleo de soja e níveis de concentrado sobre o consumo e os parâmetros fermentativos ruminais em bovinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 30, p.1650-1658, 2001.

White, T. W., T. W. Perry, B. R. Tonroy, and V. L. Lechtenberg. 1973. Influence of processing on in vitro and in vivo digestibility of corn. *J. Anim. Sci.* 37:1414-1418.

Zebeli, Q., and B. U. Metzler-Zebeli. 2012. Interplay between rumen digestive disorders and diet-induced inflammation in dairy cattle. *Res Vet Sci* 93:1099-1108.