

LETÍCIA ARTUZO GODOI

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL EM BOVINOS NELORE ALIMENTADOS COM
DIETAS CONTENDO ALTA CONCENTRAÇÃO DE AMIDO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

G588a Godoi, Leticia Artuzo, 1989-
2017 Avaliação nutricional em bovinos Nelore alimentos com
dietas contendo alta concentração de amido / Leticia Artuzo
Godoi. – Viçosa, MG, 2017.
ix, 74f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Bovinos - Alimentação e rações. 2. Nutrição animal.
3. Amido na nutrição animal. 4. Digestibilidade. 5. Ph ruminal.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.
Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.0855

LETÍCIA ARTUZO GODOI

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL EM BOVINOS NELORE ALIMENTADOS COM
DIETAS CONTENDO ALTA CONCENTRAÇÃO DE AMIDO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

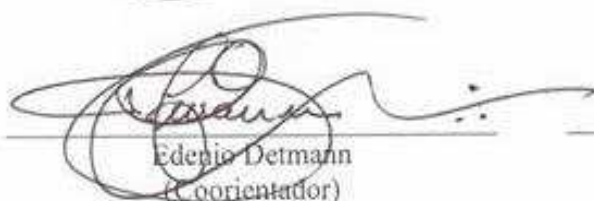
APROVADA: 22 de Fevereiro de 2017.



Mario Luiz Chizzotti



Pedro Veiga Rodrigues Paulino



Edenio Detmann
(Coorientador)



Luciana Navajas Rennó
(Coorientadora)



Sebastião de Campos Valadares Filho
(Orientador)

Aos meus pais, José Dimas Godoi e Creuza da Gloria Artuso Godoi, exemplos de vida, força, amor e dedicação, sempre me apoiaram e mostraram o caminho certo a seguir.

Ao Breno de Castro Silva, pela valiosa ajuda na condução deste trabalho, carinho, apoio, paciência e conselhos.

Aos meus irmãos Flávia e Luiz Carlos pela amizade, apoio, incentivo e por me inspirar com exemplos em buscar sempre os meus objetivos de vida.

Aos meus amados sobrinhos, Augusto, Otávio e Laura pelo amor e felicidade que me proporcionam a cada reencontro.

Aos demais familiares e amigos pelo incentivo, apoio e carinho.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, família e por sempre me abençoar.

Ao professor Sebastião de Campos Valadares Filho, pelas oportunidades, ensinamentos, companheirismo, confiança e excelente orientação.

Ao professor Edenio Detmann, pela orientação e ensinamentos durante as análises estatísticas.

Ao Pedro Veiga Rodrigues Paulino e professores Edenio Detmann, Luciana Navajas Rennó e Mario Luiz Chizzotti por participarem da banca de defesa e poderem contribuir com este trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, por minha formação, e em especial ao Departamento de Zootecnia, pela realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa

Ao CNPq, INCT de Ciência Animal e Fapemig pelo financiamento parcial dessa pesquisa.

Ao Pedro Veiga R. Paulino e à Cargill Animal Nutrition pela doação dos concentrados usados para a execução do experimento.

Aos funcionários do DZO: Aline, Cleone, Daniel (Niel), Fernanda, Fernando, Joelcio, José Geraldo, Gabriel, Nataniel (Pum), Mariana, Mário, Monteiro, Plínio, Rosana, Venâncio e Vinícius pela ajuda sempre que necessário.

Ao Breno, pelo companheiro, incentivo e ajuda.

Ao Diego Zanetti, pela colaboração na condução do experimento.

Ao Luiz Fernando, pela ajuda e paciência com as análises estatísticas.

Aos amigos, estagiários e bolsistas de iniciação científica que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho: Ana Clara, Danillo, Everton, Flávia, Herlon, Jéssica, Laura, Luís Henrique, Mariana, Markin, Maurício e Polyana.

A todos que, mesmo indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada.

BIOGRAFIA

LETÍCIA ARTUZO GODOI, filha de José Dimas Godoi e Creuza da Gloria Artuso Godoi, nasceu em Timóteo, Minas Gerais, em 06 de fevereiro de 1989.

Em março de 2014, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2015, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Produção e Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa da dissertação em fevereiro de 2017.

SUMÁRIO

	Página
Resumo	vi
Abstract	viii
Introdução Geral	1
Referências Bibliográficas.....	7

CAPÍTULO 1 – Consumo e digestões ruminal e nos intestinos delgado e grosso do amido e demais constituintes de dietas contendo grão de milho em diferentes granulometrias ou sorgo moído em bovinos Nelore

Resumo	12
Abstract	14
Introdução	15
Material e Métodos	15
Resultados e Discussão	27
Conclusão	41
Referências Bibliográficas.....	42

CAPÍTULO 2 - Características ruminais e fecais de bovinos Nelore alimentados com dietas contendo grão de milho em diferentes granulometrias ou sorgo moído

Resumo	50
Abstract	51
Introdução	52
Material e Métodos	53
Resultados e Discussão	60
Conclusão	69
Referências Bibliográficas.....	70

RESUMO

GODOI, Letícia Artuzo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2017. **Avaliação nutricional em bovinos Nelore alimentados com dietas contendo alta concentração de amido.** Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho. Coorientadores: Edenio Detmann e Luciana Navajas Rennó.

Objetivou-se avaliar a digestão ruminal e intestinal de amido e demais constituintes em bovinos alimentados com dietas contendo milho em diferentes granulometrias ou grão de sorgo moído; verificar o efeito do processamento do milho sobre o pH, concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e ácidos graxos voláteis (AGV); e avaliar as perdas de amido nas fezes em bovinos. Foram utilizados cinco bovinos machos não castrados da raça Nelore, fistulados no rúmen e no íleo, com peso médio inicial de $348 \pm 39,3$ kg e idade média de 20 ± 1 meses, distribuídos em delineamento experimental quadrado latino 5×5 , sendo cinco dietas e cinco períodos. As dietas experimentais foram: 85% de grão de milho inteiro e 15% de pellet (MI); as demais foram compostas de 30% de silagem de milho, 10% de proteínado e 60% de milho quebrado (MQ); ou moído grosso (MG); ou moído fino (MF) ou sorgo moído fino (SF). Cada período teve duração de 21 dias, sendo 15 para adaptação e 6 dias de coleta. Do 16º ao 18º dia foi realizada coleta total de fezes e mensurado o pH ruminal, utilizando-se um bolus inserido no rúmen do animal, via fístula. Do 19º ao 21º dia foram realizadas oito coletas de digesta ruminal, omasal, ileal e fezes *spot* com intervalo de 9 horas, sendo o pH imediatamente mensurado. Os fluxos de matéria seca (MS) e dos constituintes das digestas omasal e ileal foram estimados utilizando o sistema de indicador duplo, sendo utilizados a fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador da fase sólida e o Co-EDTA para fase líquida e de pequenas partículas. Os dados foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS. Todas as médias foram comparadas utilizando-se o teste Fisher, considerando 5% como nível crítico de probabilidade. Para os dados de pH ruminal, realizou-se a média pelo método de quadrados mínimos por intermédio do procedimento MIXED do SAS, estimando a área abrangida, obtendo-se o tempo e intensidade em que o pH ruminal situou-se abaixo do patamar mínimo requerido para a atividade adequada dos microrganismos ruminais. Os consumos (kg/dia) de MS, matéria orgânica (MO), fibra insolúvel em detergente neutro (FDNcp) e amido foram menores ($P < 0,05$) para a dieta de MI e não diferiram ($P > 0,05$) entre as demais. O consumo de proteína bruta (kg/dia) foi menor ($P < 0,05$) para a dieta MI e maior para as dietas de MF e SF em relação às

dietas de MQ e MG. As quantidades degradadas (kg/dia) no rúmen de MS foram menores ($P < 0,05$) para a dieta de MI em relação às dietas contendo milho e sorgo moídos fino e aumentaram quantitativamente à medida que os grãos de milho foram mais processados. Quanto a MO, foram menores ($P < 0,05$) para a dieta do MI, que não diferiu da dieta do MQ, também não houve diferença ($P > 0,05$) entre as dietas em que o milho ou sorgo foram processados. Para o amido, não houve efeito do processamento ($P > 0,05$) e para FDNcp foi menor ($P < 0,05$) para a dieta MI e não diferiu ($P > 0,05$) entre as demais. A digestibilidade aparente total (kg/dia) da MS, MO, amido e FDNcp foi menor ($P < 0,05$) para a dieta MI e não diferiu entre as demais formas de processamento. O valor médio de eficiência microbiana foi de 132,2 g de PBmic/kg de NDT. Não houve efeito ($P > 0,05$) da granulometria sobre as concentrações de NAR (mg/dL) e AGV (mmol/dL), porém a granulometria alterou as proporções molares de AGV. A relação acetato:propionato foi reduzida, quando o milho é fornecido inteiro ou quando os cereais são mais intensamente processados, promovendo redução do pH ruminal, porém, não alterou significativamente o teor de amido fecal em relação aos demais processamentos. Conclui-se que a granulometria da dieta, exceto quando o milho é fornecido inteiro, não altera os consumos e a digestibilidade aparente total da maioria dos constituintes das dietas. A granulometria da dieta altera o pH ruminal, sendo menor à medida que ocorre maior processamento dos grãos. No entanto, granulometrias menores resultam em maiores digestões total e ruminal do amido e maior síntese de proteína bruta microbiana.

ABSTRACT

GODOI, Letícia Artuzo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2017. **Nutritional evaluation in Nellore cattle fed diets containing high starch concentration.** Advisers: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-advisers: Edenio Detmann and Luciana Navajas Rennó.

An experiment was developed aiming (1) to evaluate ruminal and intestinal digestion of starch and other nutrients in bulls fed diets containing corn in different grain sizes or finely ground sorghum; (2) to verify the effect of corn processing on pH, rumen ammonia nitrogen concentrations (RAN) and volatile fatty acids (VFA); (3) and to evaluate fecal starch losses of Nellore bulls. Five Nellore young bulls, fitted in the rumen and ileum, weighing, on average, 348 ± 39.3 kg and age of 20 ± 1 months were used. The animals were distributed in a 5×5 Latin square design, with five diets and five periods. The experimental diets were: 85% whole corn grain and 15% pellet (WC), while the other diets were composed of 30% corn silage, 10% protein supplement and 60% cracked corn (CC); or largely ground corn (CGC); or finely ground corn (FGC) or finely ground sorghum (FGS). Each period lasted 21 days, being 15 days for acclimation and 6 days for data collection. From the 16th to 18th days, total fecal collection was performed and ruminal pH was measured using a bolus inserted to ruminal fistula. From the 19th to 21th day, eight samples of ruminal, omasal, and ileal digesta were performed in a 9-h interval as well as spot samples of feces and the pH was immediately measured. The dry matter (DM) and digestible nutrients from omasal and ileal digesta were estimated using the double marker system, with indigestible neutral detergent fiber (iNDF) as solid phase marker and Co-EDTA for liquid phase and small particles. Data were analyzed using the MIXED procedure of SAS. Means were compared using Fisher test, considering 5% as the critical probability level. For the data of ruminal pH, the minimum square method was performed using the MIXED SAS procedure, estimating the area covered below the line represented by the time and intensity at which the ruminal pH was below the required minimum level for proper ruminal microorganism activity. The DM, organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF) and starch (kg/day) intake were lower ($P < 0.05$) for the WC diet and they did not differ ($P > 0.05$) among the others. The crude protein intake (kg/day) was lower ($P < 0.05$) for the WC diet and greater for the FGC and FGS diets in relation to the BC and CGC diets. The DM degraded amount (kg/day) in the rumen was lower ($P < 0.05$) for the WC diet in relation to diets containing corn and finely ground sorghum and it increased

quantitatively as corn was processed. For OM, the degraded amount was lower ($P<0.05$) for WC diet, that it did not differ from the CC diet. Also, there was not difference ($P>0.05$) among diets which corn or sorghum were processed. For starch, there was not effect of corn processing ($P>0.05$) while for NDFap it was lower ($P<0.05$) for the WC diet and it did not differ ($P>0.05$) among other diets. Total apparent digestibility (kg/day) of DM, OM, starch, and NDFap was lower ($P<0.05$) for the WC diet and they did not differ among corn processing. The mean value of microbial efficiency was 132.2 g MCP/kg TDN. There was no effect ($P>0.05$) of the corn processing on the RAN (mg/dL) and VFA (mmol/dL) concentrations, but corn size altered molar VFA proportions. The acetate:propionate ratio was reduced when corn was provided as whole or when cereals were finely processed causing reduction on ruminal pH, which did not significantly alter the fecal starch content in the diets with more processed cereals. Therefore, we concluded that corn size, except for whole corn, does not alter intake and total apparent digestibility of the majority of the constituents of the diets. Also, corn processing changes ruminal pH, being smaller with greater corn processing. However, smaller grain size results in larger total and rumen starch digestion and greater microbial crude protein synthesis.

Introdução geral

O sistema de criação de gado de corte no Brasil é predominantemente extensivo; no entanto, o confinamento vem ganhando espaço no cenário nacional. De acordo com dados do Anualpec (2015), o número de cabeças confinadas teve aumento de aproximadamente 50% do ano de 2008 até o ano de 2014; ou seja, em 2008 foram confinados 2.989.008 cabeças, sendo que no ano de 2014 este número passou para 4.490.774 de animais. Contudo, deve-se ressaltar que, o confinamento é uma solução onerosa quando comparada a outros sistemas de produção.

Para maximizar a lucratividade dos confinamentos, pode-se adotar a formulação de dietas com menor custo, que apresentam maiores proporções de volumoso. Essas dietas, por sua vez, proporcionam maior consumo e menor ganho, de forma que os animais demoram mais tempo para atingir o peso desejado de abate. Além disso, para a utilização destas dietas são necessários grandes investimentos em infraestrutura para estocagem e distribuição dos alimentos. Assim, os confinadores estão optando dietas com maior proporção de concentrado, haja vista que, esta prática pode proporcionar melhoria na digestibilidade, na taxa de ganho de peso, aumento da eficiência alimentar, redução do tempo de confinamento e no custo com mão de obra e logística.

No entanto, considerando que no Brasil predominam animais zebuínos, principalmente da raça Nelore (Pinto et al., 2016), é preciso atentar-se ao nível de concentrado a ser utilizado e a forma com que a dieta será fornecida aos animais, pois, animais zebuínos, quando comparado aos taurinos, são mais susceptíveis a desordens metabólicas ao consumir dietas com alto teor de amido resultando em respostas inconsistentes com o fornecimento de dietas de alto grão (Pacheco et al., 2012; Millen et al., 2015). Portanto, torna-se necessário a utilização de mecanismos para manter adequada as características ruminais, como pH, concentração de ácidos orgânicos e nitrogênio amoniacal, a fim garantir a adequação do meio para a ação e sobrevivência de espécies microbianas específicas, evitar o aparecimento de distúrbios metabólicos e proporcionar adequada síntese de proteína microbiana, digestibilidade e aproveitamento dos nutrientes, o que é primordial para evitar grandes perdas econômicas e maximizar a lucratividade do sistema de produção.

O pH deve-se manter na faixa de $6,7 \pm 0,5$ (Van Soest, 1994) para permitir ambiente adequado para a manutenção da população microbiana e atividade normal dos microrganismos do rúmen. Para a digestão da fibra, Grant et al. (1992) mencionaram

que a faixa ideal de pH deve estar acima de 6,2, de modo que valores de pH inferiores a 6,0 limitam a digestão da fibra, como consequência da redução do número de microrganismos fibrolíticos, gerando desconforto ao animal e redução no consumo voluntário (Van Soest, 1994).

Dietas com baixos teores de fibra efetiva podem comprometer o desempenho produtivo dos animais devido à elevada produção de ácidos graxos voláteis (AGV) e, consequentemente, flutuações no pH ruminal. A fibra, além de estimular a atividade mastigatória e, por conseguinte, a secreção salivar também favorece a motilidade no rúmen (Allen et al., 2005; Silva et al., 2012).

Quando dietas apresentam elevada proporção de concentrado pode ocorrer aumento na produção de AGV, produtos finais da fermentação microbiana no ruminoretículo, assim, se a taxa de produção de AGV excede a taxa de remoção, haverá acúmulo desses dentro do ruminoretículo, podendo abaixar excessivamente o pH da digesta e desencadear acidose ruminal (Barker et al., 1995).

A acidose ruminal pode ser de natureza aguda ou subaguda. A diferença entre estas formas de distúrbio é que durante a acidose ruminal aguda, a depressão do pH é mais grave, a concentração de ácido láctico na digesta do rúmen é maior e os sinais clínicos mais proeminentes (Nagaraja et al., 2007). A depressão do pH no rúmen abaixo de pH 5,2 e concentrações de ácido láctico em fluido ruminal superiores a 5 mM são consideradas como sinais de acidose ruminal aguda (Krause et al., 2006; Plaizier et al., 2008). Para o diagnóstico da acidose subaguda são utilizados diferentes limiares de pH no rúmen, variando de 5,5 a 6,0 (Krause et al., 2006; Penner et al., 2006; Plaizier et al., 2008).

Segundo Nagaraja et al. (2007), em bovinos de corte alimentados com dietas de alto teor de grãos, o pH ruminal pode variar de 6,5 a 5,6, com pH médio normalmente em torno de 5,8 a 6,2, mas pode cair abaixo de 5,6 por um período durante o ciclo de alimentação, mas não se sabe qual o tempo mínimo de pH subótimo necessário para ter um efeito prejudicial na atividade microbiana, na digestão dos nutrientes e na função ruminal.

Quanto aos grãos, em pesquisas avaliando confinamentos brasileiros (Millen et al., 2009; Oliveira et al., 2014; Pinto et al., 2016) ao longo de vários anos, observou-se que o grão mais utilizado é o milho, principalmente do tipo “Flint” (duro), ressaltando-se que o sorgo também esteve entre os preferidos entre os anos de 2009 e 2014. Esses cereais apresentam alta vitreosidade, ou seja, maior proporção de endosperma vítreo em relação ao endosperma total.

Do ponto de vista da nutrição animal, quanto maior a proporção de endosperma vítreo menor é a digestibilidade do amido presente no grão (Philippeau et al., 1997; Correa et al., 2002; Corona et al., 2006). A maior parte das informações referentes ao processamento de grãos provém de países onde, em sua grande maioria, se cultiva milho de textura “Dent”. Entretanto, sabe-se que no Brasil mais de 80% do milho é de textura dura (Pinto et al., 2016) e que estes híbridos apresentam menor degradabilidade do amido (Corona et al., 2006; Cruz et al., 2011) e conseqüentemente, podem alterar o desempenho animal.

O milho é uns dos cereais mais consumidos devido ao seu potencial produtivo e valor nutritivo. No entanto, o sorgo quando devidamente processado, pode apresentar eficiência de 95 a 100% do milho na alimentação dos bovinos (Igarasi et al., 2008), pois apresenta valor nutritivo semelhante ao do milho em dietas de ruminantes, sendo que a sua utilização dependerá da oferta e do preço (Faria Jr. et al., 2009).

Segundo Rodrigues et al. (2011), o sorgo constitui excelente opção para produção de grãos e forragem em todas as situações em que o déficit hídrico e a baixa fertilidade do solo oferecem riscos para outras culturas, como por exemplo, o milho. Também é muito utilizado no Brasil central em sucessão a culturas de verão, fase denominada de safrinha, contribuindo para a oferta de alimento de baixo custo, tanto para o pecuarista como para agroindústria de rações.

O grão de milho é constituído por quatro estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta. O endosperma corresponde a cerca de 83% do peso do grão, consistindo principalmente de amido (88%), organizado na forma de grânulos (Paes et al., 2006). Segundo Philippeau et al. (2000), o endosperma do grão de milho é dividido em frações de proteínas, sendo denominadas como albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas, no entanto, as proteínas prolaminas são as que causam maior impacto nutricional. As prolaminas possuem nomes específicos de acordo com o cereal que se apresentam, como a zeína no milho e a kafirina no sorgo (Chandrashekar et al. 1999). Com base na distribuição dos grânulos de amido e da matriz de proteína, o endosperma é classificado em dois tipos: farináceo e vítreo (Paes et al., 2006).

No endosperma farináceo os grânulos de amido são arredondados e estão dispersos, não havendo matriz protéica circundando essas estruturas, assim os espaços que durante o desenvolvimento dos grãos eram ocupados por água, resultam em espaços vagos após a secagem, estas regiões são denominadas amorfas, compostas principalmente de amilose, menos densa, e é por onde se inicia a digestão. Por outro lado, no endosperma vítreo, a matriz protéica é densa, com cobertura proteica

estruturada, que circunda os grânulos de amido de formato poligonal, não permitindo espaços entre estas estruturas, estas regiões cristalinas são compostas principalmente por amilopectina, mais resistentes à entrada de água e ao ataque enzimático (Rooney et al., 1986). Segundo Moraes et al. (2008), a proporção entre as regiões depende, entre outros fatores, do cultivar, o que define o milho como sendo do grupo genético “Dent”, com maior proporção de endosperma farináceo, ou duro (“Flint”) que apresenta em sua maior parte endosperma vítreo.

Apesar da semelhança quanto ao tamanho, forma e composição dos grânulos de amido do sorgo e milho, a principal diferença está relacionada à maior proporção de endosperma periférico no sorgo, o qual é extremamente denso, duro e resistente à digestão enzimática (Rooney et al., 1986).

O amido corresponde a principal fonte de energia em sistemas intensivos de produção, o que torna de grande importância que se obtenha seu máximo aproveitamento. Assim, devido às características físicas dos grãos de milho e sorgo, principalmente os utilizados no Brasil, torna-se necessário a realização de algum tipo de processamento, pois esse permite melhorar a eficiência de utilização de nutrientes dos alimentos pelos microrganismos ruminais e pelo trato digestório total (Barajas et al., 1998; Correa et al., 2002; Antunes et al., 2006) de forma a reduzir perdas e maximizar a utilização do amido.

O aumento da digestibilidade permite disponibilizar maior concentração de energia rapidamente fermentável no rúmen, com aumentos das produções de proteína microbiana e de ácidos graxos voláteis totais (Owens et al., 1997; Zinn et al., 2002), promovendo desta forma maior ganho de peso e eficiência alimentar dos animais (Owens et al., 2005).

Segundo Corona et al. (2005), aumento da digestibilidade do amido no trato digestivo total dos ruminantes, ocorre devido a maior superfície de contato e rompimento parcial da matriz protéica que envolve os grânulos de amido, sendo a magnitude deste aumento determinada pelo grau de redução do tamanho das partículas.

Desta forma, tanto o milho, quanto o sorgo, são utilizados sob várias formas de processamento, podendo ser moído, quebrado, floculado, laminado, ensilado, dentre outras maneiras. No entanto, ainda não se entende completamente qual o tipo de processamento pode trazer mais benefícios, tanto do ponto de vista econômico quanto prático.

Mais recentemente, tem sido sugerida a utilização do milho grão inteiro em dietas sem volumoso; geralmente, esta dieta é composta por 85% de grão de milho

inteiro e 15% de um pellet protéico-mineral-vitamínico que também contém aditivos alimentares, utilizados para regular o consumo e minimizar a incidência de distúrbios metabólicos (Paulino et al., 2014).

Tais dietas têm sido pesquisadas e utilizadas nos Estados Unidos desde a década de 70 e, de forma mais recente no Brasil, a partir de 2005, por apresentar vantagens como a melhoria da conversão alimentar sem a necessidade de emprego de processamentos mais elaborados. A proposta deste tipo de dieta é baixar os custos operacionais do confinamento, com a redução de mão-de-obra, desperdício de alimentos e investimentos em máquinas e instalações. Embora a remoção de volumoso das dietas de acabamento tenha algumas vantagens, deve-se ter cuidado, demandando manejo nutricional mais refinado e acompanhamento técnico rotineiro (Paulino et al., 2014).

O volumoso é importante para manter a saúde do rúmen e para reduzir a incidência de doenças digestivas, incluindo timpanismo, acidose, abscessos hepáticos, e laminite (Nagaraja et al., 2007). No entanto, segundo Stock et al. (1990), as taxas de fermentação são menores quando utilizado o grão inteiro de milho, devido ao maior tamanho de partículas e a menor produção de ácidos no rúmen; assim, o grão inteiro poderia desempenhar um papel de substituição ao volumoso nas dietas de terminação, controlando a taxa de fermentação ruminal (Murphy et al., 1994). No entanto, o grão inteiro, com o pericarpo intacto, é altamente resistente à digestão pelos ruminantes, por não permitir a adesão de bactérias (Owens et al., 1986; Beauchemin et al., 1994; Mcallister et al., 1994), tornando-se extremamente importante que ocorra de forma efetiva o processo de mastigação/ruminação pelos animais, pois a digestão e fermentação ruminal não se inicia enquanto a camada que protege o grão não é rompida (Mcallister et al., 1994; Gorocica-Buenfil et al., 2005).

Alguns fatores como a idade do animal, fonte e nível de forragem, pH do rúmen e características do grão influenciam a digestibilidade do grão de milho inteiro, ainda, os bovinos mais jovens têm uma capacidade de mastigação muito maior do que os bovinos mais velhos (Loerch et al., 2006). Outro ponto a se considerar é a taxa de passagem do rúmen, pois a maior ingestão de matéria seca poderá elevar a taxa de passagem de grandes partículas de milho para o intestino delgado onde são mal digeridas (Owens et al., 1986).

Considerando que praticamente toda a energia proveniente dessa dieta tem origem no milho, faz-se necessário maximizar a digestão do amido e, ao mesmo tempo, prevenir distúrbios metabólicos nos animais. Mais pesquisas são necessárias para avaliar tratamentos dietéticos que visem substituir o volumoso pelo grão de milho

inteiro e, além disto, deve-se considerar as características das raças de animais predominantes no Brasil.

Segundo Pinto et al. (2016), os confinamentos brasileiros estão exercendo maior controle do manejo alimentar e aplicando mais tecnologia, através da utilização de processamentos que melhorem a utilização do amido, como no caso da moagem fina. Além disto, a maioria dos nutricionistas reportaram que a silagem de milho é a principal fonte de forragem das dietas, demonstrando que a qualidade dos volumosos utilizados tem melhorado, o que garante maior aporte energético para dietas de terminação.

Quanto ao nível de inclusão de grão nas dietas de terminação, a maioria dos confinamentos (Millen et al., 2009; Oliveira et al., 2014; Pinto et al., 2016) utilizam de 51 a 65%, sendo os níveis de volumoso maiores em confinamentos brasileiros do que na América do Norte (Millen et al., 2009). Portanto, para que se tenha eficiência de produção, torna-se necessário considerar o custo, disponibilidade de insumos em cada região, forma de processamento adequada, assim como as exigências e limitações dos animais em cada sistema de produção.

Alguns parâmetros fecais podem auxiliar na compreensão do processo digestivo e ajudar a identificar possíveis modificações para uma maior eficiência do processo produtivo. Segundo Zinn et al. (2002) e Owens et al. (2005), a digestibilidade do amido pode ser estimada através da quantificação do amido nas fezes. Ainda, de acordo com Galyean et al. (1979), o acréscimo do amido fecal pode resultar em decréscimo no pH fecal devido ao aumento da fermentação microbiana, no intestino grosso, do amido que não sofreu digestão no rúmen e no intestino delgado, assim, verifica-se que o pH fecal pode ser um indicador simples da digestibilidade do amido.

Assim, diante do exposto, observa-se que, há carência de trabalhos em condições brasileiras sobre os efeitos das dietas com altos níveis de concentrado ou sem volumoso, assim como em relação às características dos grãos e formas de processamento, sob os aspectos produtivos e fisiológicos dos animais. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito do processamento do milho e do grão de sorgo finamente moído sobre a digestão ruminal, intestinal e total do amido e dos demais constituintes das dietas; verificar o efeito do processamento do milho sobre o pH, concentrações de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis; e avaliar as perdas de amido nas fezes em bovinos Nelore machos não castrados.

Referências Bibliográficas

- Allen, M.S.; Voelker, J.A.; Oba, M. Fibra efetiva e prevenção de acidose ruminal: é muito mais que apenas o estímulo de mastigação. In: Novos enfoques na produção e reprodução de bovinos, Uberlândia, 9:301-309, 2005.
- Antunes, R. C.; Rodrigues, N. M. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. In: Nutrição de ruminantes. In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. (Ed). Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: FUNEP. 229-253, 2006.
- ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. FNP, 2015.
- Barajas, R.; Zinn, R. A. The feeding value of dry-rolled and steam-flaked corn in finishing diets for feedlot cattle: influence of protein supplementation. *Journal of animal science*, 76:1744-1752, 1998.
- Barker, I. K.; Van Dreumel, A. A.; Palmer, N. The alimentary system. In: Pathology of domestic animals. 4th. ed. San Diego: Academic, 2:141-144, 1995.
- Chandrashekar, A.; Mazhar, H. The biochemical basis and implications of grain strength in sorghum and maize. *Journal of Cereal Science*, 30:193-207, 1999.
- Corona, L.; Rodriguez, S.; Ware, R.A.; Zinn, R.A. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled and steam-flaked corn on digestion and growth performance in feedlot cattle. *Professional Animal Scientist*, 21:200-206, 2005.
- Corona, L.; Owens, F. N.; Zinn, R. A. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. *Journal of animal science*, 84:3020-3031, 2006.
- Correa, C. E. S.; Shaver, R. D.; Pereira, M. N.; Lauer, J.G.; Kohn, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of Dairy Science*, 85:3008-3012, 2002.

- Cruz, J. C.; Pereira Filho, I.A.; Silva, G.H. Mais de 170 cultivares transgênicas são disponibilizadas no mercado de sementes do Brasil para a safra 2011/12. *APPS- Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudanças, São José Rio Preto*, 4, 2011.
- Faria Jr., W.G.; Gonçalves, L.C.; Teixeira, A.M.; Carvalho, W.T.V. Grão de sorgo na alimentação de gado de leite. In: Gonçalves, L.C.; Borges, I.; Ferreira, P.D.S.F. Alimentos para gado de leite. Belo Horizonte: FEPMVZ, 282-304, 2009.
- Galyean, M. L.; Wagner, D. G.; Owens, F. N. Corn particle size and site and extent of digestion by steers. *Journal of Animal Science*, 49:204-210, 1979.
- Gorocica-Buenfil, M. A.; Loerch, S. C. Effect on cattle age, forage level, and corn processing on diet digestibility and feedlot performance. *Journal of Animal Science*, 83:705-714, 2005.
- Grant, R.J.; Mertens, D.R. Influence of butter pH and raw corn starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. *Journal of Dairy Science*, 75:2762-2768, 1992.
- Igarasi, M. S.; Arrigoni, M. D. B.; Souza, A. A. D.; Silveira, A. C.; Martins, C. L.; Oliveira, H. N. D. Desempenho de bovinos jovens alimentados com dietas contendo grão úmido de milho ou sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 513-519, 2008.
- Krause, K. M.; Oetzel, G. R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126:215-236, 2006.
- Loerch, S. C.; Gorocica-Buenfil, M.; Wooster, O. H. Advantages and disadvantages of feeding whole shelled corn. In: Cattle Grain Processing Symposium, Oklahoma State University, Stillwater, OK, 2006.
- McAllister, T. A.; Bae, H. D.; Jones, G. A.; Cheng, K. J. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *Journal of animal science*, 72:3004-3018, 1994.
- Moraes, G. J.; Costa, C.; de Lima Meirelles, P. R.; de Oliveira, K.; Factori, M. A.; Rosales, L. A.; dos Santos, T. A. B. Produtividade e valor nutritivo das plantas de milho de

textura dentada ou dura em três estádios de colheita para silagem. *Boletim de Indústria Animal*, 65:155-166, 2008.

Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; Arrigoni, M. D. B.; Galyean, M. L.; Vasconcelos, J. T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science*, 87:3427-3439, 2009.

Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; DiLorenzo, N.; Martins, C. L.; Marino, C. T.; Bastos, J. P. S. T.; Mariani, T. M.; Barducci, R. S.; Sarti, L. M. N.; DiCostanzo, A.; Rodrigues, P. H. M.; Arrigoni, M. D. B. Effects of feeding a spray-dried multivalent polyclonal antibody preparation on feedlot performance, feeding behavior, carcass characteristics, rumenitis, and blood gas profile of Brangus and Nellore yearling bulls. *Journal of animal science*, 93:4387-4400, 2015.

Murphy, T. A.; Fluharty, F. L.; Loerch, S. C. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concentrate diets. *Journal of animal science*, 72:1608-1615, 1994.

Nagaraja, T. G.; Titgemeyer, E. C. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. *Journal of Dairy Science*, 90:17-38, 2007.

Oliveira, C. A.; Millen, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. *Animal Feed Science and Technology*, 197:64-75, 2014.

Owens, F.; Zinn, R. A.; Kim, Y. K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science*, 63:1634-1648, 1986.

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

Owens, F. N.; Zinn, R. A. Corn grain for cattle: Influence of processing on site and extent of digestion. In: Proc. Southwest Nutr. Conf , 86-112, 2005.

- Pacheco, R. D. L.; Millen, D. D.; DiLorenzo, N.; Martins, C. L.; Marino, C. T.; Fossa, M. V.; Beier, S. L.; Diconstanzo, A.; Rodrigues, P. H. M.; Arrigoni, M. D. B. Effects of feeding a multivalent polyclonal antibody preparation on feedlot performance, carcass characteristics, rumenitis, and blood gas profile in *Bos indicus* biotype yearling bulls. *Journal of animal science*, 90:1898-1909, 2012.
- Paes, M. C. D. *Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho*. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.
- Paulino, P. V. R.; Oliveira, T. S.; Gionbeli, M. P.; Gallo, S. B. Dietas sem forragem para terminação de animais ruminantes. *Revista Científica de Produção Animal*, 15:161-172, 2014.
- Penner, G. B.; Beauchemin, K. A.; Mutsvangwa, T. An evaluation of the accuracy and precision of a stand-alone submersible continuous ruminal pH measurement system. *Journal of Dairy Science*, 89:2132-2140, 2006.
- Plaizier, J. C.; Krause, D. O.; Gozho, G. N.; McBride, B. W. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*, 176:21-31, 2008.
- Philippeau, C.; Michalet-Doreau, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Animal Feed Science and Technology*, 68:25-35, 1997.
- Philippeau, C.; Landry, J.; Michalet-Doreau, B. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80:404-408, 2000.
- Pinto, A.C.J.; Millen, D.D. Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. In: X Simpósio Internacional de Produção de Bovinos de Corte, Viçosa. Anais... Viçosa: DZO-UFV, 103-120, 2016.
- Rodrigues, J. A. S.; Coelho, A. M.; Casela, C. R.; Menezes, C. B.; Guimarães, D. P.; Karam, D.; Landau, E. C.; Tardin, F. D.; Freire, F. M.; Durães, F. O. M.; Garcia, J. C.;

Santos, J. P.; Duarte, J. O.; Cruz, J. C.; Waquil J. M.; Magalhães, J. V.; Cota, L. V.; Magalhães, P. C.; Alvarenga, R. C.; Costa, R. V.; Alves, V. M. C. Cultivo do Sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. Versão Eletrônica - 7ª edição, 2011.

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

Silva, M. R. H. D., Neumann, M. Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva: conceitos e importância na nutrição de ruminantes. *FAZU em Revista*, 9:69-84, 2012.

Stock, R. A.; Sindt, M. H.; Parrott, J. C.; Goedecken, F. K. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. *Journal of Animal Science*, 68:3441-3455, 1990.

Van Soest, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p, 1994.

Zinn, R. A.; Owens, F. N.; Ware, R. A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 80:1145-1156, 2002.

Capítulo 1

Consumo e digestões ruminal e nos intestinos delgado e grosso do amido e demais constituintes de dietas contendo grão de milho em diferentes granulometrias ou sorgo moído em bovinos Nelore

Resumo: Objetivou-se avaliar a digestão ruminal e intestinal de amido e demais constituintes em dietas contendo milho em diferentes granulometrias ou grão de sorgo moído em bovinos. Utilizaram-se cinco bovinos da raça Nelore, fistulados no rúmen e no íleo. As dietas experimentais foram constituídas de 85% de grão de milho inteiro e 15% de pellet (MI); ou foram compostas de 30% de silagem de milho, 10% de suplemento proteico e 60% de milho quebrado (MQ); ou moído grosso (MG); ou moído fino (MF) ou sorgo moído fino (SF). Os cinco períodos tiveram duração de 21 dias cada, sendo 15 para adaptação e 6 dias de coleta. Do 16º ao 18º dia foi realizada coleta total de fezes e do 19º ao 21º foram realizadas oito coletas de digesta omasal e ileal com intervalo de 9 horas. Os fluxos de matéria seca (MS) e dos constituintes das digestas omasal e ileal foram estimados utilizando o sistema de indicador duplo, sendo utilizados a fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador da fase sólida e o Co-EDTA para fase líquida e de pequenas partículas. Os dados foram analisados em quadrado latino 5x5, utilizando o PROC MIXED do SAS. Os consumos (kg/dia) de MS, matéria orgânica (MO), fibra insolúvel em detergente neutro (FDNcp) e amido foram menores ($P<0,05$) para a dieta contendo MI e não diferiram ($P>0,05$) entre as demais. O consumo de proteína bruta (kg/dia) foi menor ($P<0,05$) para a dieta MI e maior para as dietas de MF e SF em relação às dietas de MQ e MG. A digestibilidade ruminal (kg/dia) da MS foi menor ($P<0,05$) na dieta de MI em relação às dietas de MF e SF e aumentou quantitativamente à medida que os grãos de milho foram mais processados. Quanto a MO, foram menores ($P<0,05$) para a dieta do MI, que não diferiu do MQ, também não houve diferença ($P>0,05$) entre as dietas em que o milho ou sorgo foram processados. Para o amido não houve efeito do processamento ($P>0,05$) e para FDNcp foi menor ($P<0,05$) na dieta MI e não diferiu ($P>0,05$) entre as demais. As digestibilidades aparentes totais (kg/dia) da MS, MO, amido e FDNcp foram menores ($P<0,05$) para a dieta MI e não diferiram entre as demais. O valor médio de eficiência microbiana foi de 132,2 g de PBmic/kg de NDT. Conclui-se que a granulometria da dieta, exceto quando o milho é fornecido inteiro, não altera os consumos e a digestibilidade aparente total da maioria dos constituintes das dietas. No entanto,

granulometrias menores resultam em maiores digestões total e ruminal do amido e maior síntese de proteína bruta microbiana.

Palavras-chave: bovinos, digestibilidade, processamento de grãos

Intake and ruminal and small and large intestine digestion of starch and other constituents of diets containing corn in different grain sizes or finely ground sorghum in Nellore bulls

Abstract: An experiment was developed aiming to evaluate ruminal and intestinal digestion of starch and other nutrients in bulls fed diets containing corn in different grain sizes or finely grounded sorghum. Five Nellore young bulls, fitted with rumen and ileum, were used. The experimental diets were: 85% whole corn grain and 15% pellet (WC), while the other diets were composed of 30% corn silage, 10% protein supplement and 60% cracked corn (CC); or largely ground corn (CGC); or finely ground corn (FGC) or finely ground sorghum (FGS). Each period lasted 21 days, being 15 days for acclimation and 6 days for data collection. From the 16th to 18th days, total fecal collection was performed. From the 19th to 21th day, eight samples of omasal, and ileal digesta were performed in a 9-h interval. The dry matter (DM) and digestible nutrients from omasal and ileal digesta were estimated using the double marker system, with indigestible neutral detergent insoluble fiber (iNDF) as solid phase marker and Co-EDTA for liquid phase and small particles. Data were analyzed in a 5×5 Latin square design, using the MIXED procedure of SAS. The DM, organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF) and starch (kg/day) intakes were lower ($P<0.05$) for the WC diet and they did not differ ($P>0.05$) among the others. The crude protein intake (kg/day) was lower ($P<0.05$) for the WC diet and greater for the FGC and FGS diets in relation to the BC and CGC diets. The DM degraded amount (kg/day) in the rumen was lower ($P<0.05$) for the WC diet in relation to diets containing corn and finely ground sorghum and it increased quantitatively as corn was processed. For OM, the degraded amount was lower ($P<0.05$) for WC diet, that it did not differ from the CC diet. Also, there was not difference ($P>0.05$) among diets which corn or sorghum were processed. For starch, there was not effect of corn processing ($P>0.05$) while for apNDF it was lower ($P<0.05$) for the WC diet and it did not differ ($P>0.05$) among other diets. Total apparent digestibility (kg/day) of DM, OM, starch, and apNDF was lower ($P<0.05$) for the WC diet and they did not differ among corn processing. The mean value of microbial efficiency was 132.2 g micCP/kg TDN. Therefore, we concluded that corn size, except for whole corn, does not alter intake and total apparent digestibility of the majority of the constituents of the diets. However, smaller grain size results in larger total and rumen starch digestion and greater microbial crude protein synthesis.

Keywords: cattle, digestibility, grain processing

Introdução

Avaliando os confinamentos brasileiros (Millen et al., 2009; Oliveira et al., 2014; Pinto et al., 2016) ao longo de vários anos, observou-se que o grão mais utilizado é o milho, principalmente do tipo “Flint” (duro), seguido pelo grão de sorgo. No entanto, a vitreosidade destes cereais confere alta proteção dos grânulos de amido, o que dificulta a ação de microrganismos, podendo afetar a digestibilidade, tornando-se necessário usar técnicas que auxiliem no maior aproveitamento dos mesmos.

No Brasil, métodos primários de beneficiamento, como a quebra, moagem grosseira e moagem fina são os mais praticados (Pinto et al., 2016); porém, também tem sido utilizadas dietas sem volumoso (dietas de grão de milho inteiro), tendo como principais vantagens não necessitar de processamento, facilidade de armazenamento e distribuição, o que reduz gastos com mão de obra, equipamentos para moagem e estrutura para armazenamento de volumoso.

Apesar dos vários métodos de processamento, ainda não se conhece plenamente qual a melhor forma de utilização dos grãos para que ocorra o máximo aproveitamento da energia e ao mesmo tempo evite o aparecimento de distúrbios metabólicos.

Portanto, a hipótese do presente estudo é que dietas com menor granulometria, independente do tipo de cereal, apresentam maiores digestibilidades ruminal e intestinal do amido.

Desta forma, conduziu-se essa pesquisa com o objetivo de avaliar o efeito do milho fornecido em diferentes granulometrias e do grão de sorgo finamente moído sobre a digestão ruminal, intestinal e aparente total do amido e demais nutrientes em dietas de bovinos Nelore não castrados.

Material e Métodos

O presente estudo foi realizado com aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP/UFV), protocolo nº 18/2015.

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia/DZO da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG.

Animais, delineamento experimental e instalações

Foram utilizados cinco bovinos machos não castrados da raça Nelore, com peso médio inicial de $348 \pm 39,3$ kg e idade média de 20 ± 1 meses, fistulados no rúmen e no íleo.

O experimento foi realizado em quadrado latino 5×5 , sendo cinco dietas experimentais e cinco períodos. A duração total do experimento foi de 105 dias, divididos em cinco períodos de 21 dias cada, sendo 15 dias de adaptação e 6 dias de coleta.

Antes de iniciar o período experimental, os animais foram submetidos a um período de adaptação de 30 dias ao local do experimento e ao manejo, onde permaneceram confinados em baias individuais, providas de piso, comedouro e bebedouro de concreto, com área total de 30 m² cobertos e receberam diariamente uma dieta com 60% de silagem de milho e 40% de concentrado com base na matéria seca (MS), com 12% de proteína bruta (PB); neste mesmo período, os animais foram tratados contra ecto e endoparasitas.

Dietas experimentais

Foram usadas cinco dietas, utilizando-se o milho inteiro, três tipos de granulometria de milho e o sorgo finamente moído. As dietas testadas foram:

MI – Dieta sem volumoso, com 850 g/kg de milho grão inteiro;

MQ – Dieta com 600 g/kg de milho quebrado, sendo o tamanho médio de partícula (TMP) de 2,36 mm;

MG – Dieta com 600 g/kg de milho moído grossa, TMP de 1,51 mm;

MF – Dieta com 600 g/kg de milho moído fino, TMP de 0,90 mm;

SF – Dieta com 600 g/kg de sorgo moído fino, TMP de 0,89 mm.

Na dieta de MI foi utilizado 150 g/kg de pellet comercial (Ideal Beef Grão inteiro). Nas dietas de MQ, MG, MF e SF foram utilizados 300 g/kg de silagem de milho e 100 g/kg de um suplemento proteico na base da matéria seca. A composição química dos alimentos utilizados nas dietas experimentais está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química dos alimentos utilizados nas dietas experimentais

Alimentos	MS ¹	MO ²	PB ³	EE ⁴	FDNcp ⁵	CNF ⁶	FDNi ⁷	Amido
	%							
Silagem de milho	29,56	92,54	6,70	3,02	52,69	30,12	17,04	22,43
Milho	87,72	98,83	8,31	3,90	12,48	74,50	1,89	76,17
Sorgo	87,98	98,16	9,27	3,56	9,78	73,79	2,07	73,08
Farelo de soja	89,23	92,86	48,91	1,48	11,13	31,34	1,08	11,13
Pellet	89,42	84,62	20,65	1,68	14,01	48,28	5,99	23,14
Ureia	99,18	99,12	278,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfato de amônio	98,45	98,59	128,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal comum	99,61	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato de sódio	99,00	13,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Óxido de magnésio	99,63	3,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

¹Matéria seca, ²Matéria orgânica, ³Proteína bruta, ⁴Extrato etéreo, ⁵Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, ⁶Carboidratos não fibrosos, ⁷Fibra em detergente neutro indigestível

As dietas experimentais foram isoprotéicas (± 125 g/kg de proteína bruta) e formuladas de acordo com Valadares Filho et al. (2010). A proporção dos ingredientes e composição do suplemento proteico e das dietas encontra-se na Tabela 2.

O procedimento utilizado para a obtenção do milho em diferentes granulometrias foi à trituração em moinho de martelos (Modelo: DMP-2; Nogueiras; São João da Boa Vista - SP - Brasil), o qual foi utilizado sem peneira para a obtenção do milho apenas quebrado; com peneira de 5 mm para obter o milho moído grosso e com peneira de 3 mm para obter o milho moído fino ou sorgo moído fino.

Devido à elevada diferença no tamanho das partículas dos ingredientes que compuseram a dieta, para a estimativa do tamanho médio de partículas (TMP) dos mesmos, foi necessário utilizar dois conjuntos de peneiras, sendo a Penn State Tradicional (abertura das malhas 19,00; 8,00; 1,18 e fundo) e as peneiras da ABNT (abertura das malhas: 4,76; 3,36; 2,38; 1,19; 0,71; 0,35 e fundo). Assim, para a silagem de milho, o pellet e o grão de milho inteiro foram utilizadas as peneiras da Penn State Tradicional e os cálculos para obter o TMP foram realizados de acordo com procedimentos adaptados de Heinrichs et al. (1999) e Lammers et al. (1996), conforme descritos por Jobim et al. (2007), que consiste em: anotar a tara de cada peneira e do fundo, pesar 250 gramas de amostra, colocá-las sobre a peneira superior e iniciar a agitação sistematizada. A agitação deve ser realizada sobre uma superfície plana e lisa, e consiste em oito séries de cinco agitações vigorosas (a cada cinco agitações o conjunto de peneiras é rotacionado a 90°, totalizando 40 movimentos). Em seguida, anota-se o peso de cada peneira com a forragem retida, mede com régua o tamanho médio das

maiores partículas retidas na peneira superior e das menores partículas retidas na peneira fechada (fundo).

O cálculo da porcentagem de partículas retidas em cada peneira é realizado de forma direta, considerando o somatório dos pesos da fração retida em cada peneira, descontando-se a tara da peneira.

O cálculo ponderal do tamanho médio das partículas é dado pelo tamanho médio das partículas retidas em cada peneira e o percentual de retenção em relação ao peso total da amostra estratificada, por exemplo, considerando a amostra de silagem de milho, observa-se que o tamanho das maiores partículas retidas na peneira superior foi de 50 mm, e as menores partículas retidas no fundo apresentaram 1 mm de comprimento, já as porcentagens retidas nas peneiras de 19 mm, 8 mm, 1,18 mm e fundo foram de 19,5; 32,9; 46,9 e 0,7%, respectivamente. Assim, o TMP é dado por:

$$\{[(50+19)/2]*0,195\} + \{[(19+8)/2]*0,329\} + \{[(8+1,18)/2]*0,469\} + \{[(1,18+0)/2]*0,007\} = 13,32 \text{ mm}.$$

Já para as formas físicas do milho quebrado, moído grosso, moído fino ou sorgo moído fino, utilizaram-se as peneiras da ABNT, as quais foram acopladas a um agitador e o TMP foi estimado através de adaptações da técnica de peneiras descrita por Yu et al. (1998). As partículas que passaram pela peneira de crivo 0,35 mm, são consideradas como tendo 0,12 mm, por exemplo, considerando o milho quebrado, o TMP é dado por:

$$\{[(4,76+3,36)/2]*0,260\} + \{[(3,36+2,38)/2]*0,253=0,72\} + \{[(2,38+1,19)/2]*0,201=0,36\} + \{[(1,19+0,71)/2]*0,187=0,18\} + \{[(0,71+0,35)/2]*0,073=0,04\} + \{[(0,35+0,12)/2]*0,026\} = 2,36 \text{ mm e assim sucessivamente para os demais processamentos}.$$

A vitreosidade do milho foi realizada pelo método de dissecação manual dos grãos (Dombrink-Kurtzman et al., 1993), em que 100 grãos de milho foram selecionados aleatoriamente e divididos em 10 grupos, visualmente homogêneos em tamanho e forma do grão. A vitreosidade foi estimada em um grão de cada grupo selecionado aleatoriamente. Após imersão em água destilada por 3 minutos, os grãos foram secos com papel toalha e o pericarpo e o germe, removidos com bisturi, restando o endosperma, que foi, então, seco e pesado (endosperma total). Em seguida, o endosperma farináceo foi manualmente removido usando o bisturi, e o peso do endosperma vítreo restante foi expresso como porcentagem do endosperma total.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes no suplemento proteico e nas dietas experimentais (g/kg de MS) e composição do suplemento proteico e das dietas na base da matéria seca

Itens	Suplemento proteico	Dietas				
		MI	MQ	MG	MF	SF
		g/Kg de MS				
Silagem de milho	-	-	300,00	300,00	300,00	300,00
Milho	-	850,00	600,00	600,00	600,00	-
Sorgo	-	-	-	-	-	600,00
Pellet	-	150,00	-	-	-	-
Farelo de soja	650,00	-	65,00	65,00	65,00	65,00
Ureia	88,89	-	8,89	8,89	8,89	8,89
Sulfato de amônio	11,11	-	1,11	1,11	1,11	1,11
Sal comum	100,00	-	10,00	10,00	10,00	10,00
Bicarbonato de sódio	112,50	-	11,25	11,25	11,25	11,25
Óxido de magnésio	37,50	-	3,75	3,75	3,75	3,75
Composição química (g/Kg de MS)						
MO ¹	720,91	966,96	942,67	942,67	942,67	938,64
PB ²	580,00	101,57	127,94	127,94	127,94	133,72
EE ³	9,59	35,70	33,45	33,45	33,45	31,41
FDNcp ⁴	72,35	127,11	240,20	240,20	240,20	224,00
CNF ⁵	203,73	705,66	557,73	557,73	557,73	553,45
FDNi ⁶	7,02	25,05	63,17	63,17	63,17	64,26
Amido	72,35	682,19	531,58	531,58	531,58	513,02

¹Matéria orgânica, ²Proteína bruta, ³ Extrato etéreo, ⁴Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, ⁵Carboidratos não fibrosos, ⁶Fibra em detergente neutro indigestível

Período experimental

Os animais foram submetidos a uma adaptação à dieta experimental por 15 dias com gradual aumento da quantidade de milho ou sorgo e do suplemento proteico na dieta. O aumento gradual consistiu em fornecer metade da quantidade necessária de milho ou sorgo e do suplemento proteico na primeira semana e no fornecimento total da dieta na segunda semana de adaptação, exceto para a dieta sem volumoso, nesta, foi necessário utilizar inicialmente silagem de milho para estimular o consumo pelos animais, assim, foi fornecida metade da quantidade necessária do grão inteiro e do pellet nos dois primeiros dias de adaptação, 75% nos dois dias seguintes e fornecimento total nos últimos 11 dias de adaptação.

A silagem de milho foi coletada no silo tipo trincheira uma hora antes do fornecimento aos animais. A silagem de milho teve o teor de matéria seca avaliado semanalmente para ajuste da quantidade de milho ou sorgo e suplemento proteico a ser fornecida aos animais.

Metade da dieta foi fornecida a cada animal às 7h00 e o restante às 15h00. As quantidades de volumoso, milho ou sorgo e suplemento proteico fornecidos, bem como as sobras, foram registradas diariamente. A dieta fornecida aos animais foi ajustada para manter as sobras em torno de 50 a 100 g/kg de material ofertado e a água permaneceu sempre à disposição dos mesmos.

Amostragens dos alimentos e das sobras

Os ingredientes que compuseram o suplemento proteico foram amostrados diretamente dos silos da fábrica de ração nos dias das misturas dos mesmos. O milho e sorgo foram amostrados em todos os períodos do experimento.

O volumoso e as sobras de cada animal foram amostrados do 16º ao 21º dia de cada período experimental, sendo que as sobras foram amostradas em torno de 100 g/kg do total e posteriormente acondicionadas em freezer (-20°C). Uma amostra composta de silagem de milho e amostras compostas de sobras, do 16º ao 21º dia por período, de cada animal, foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada (55°C) e processadas em moinho de facas (1 e 2 mm).

Coleta total de fezes

Os animais foram submetidos à coleta total de fezes durante três dias consecutivos, iniciando-se no 16º dia de cada período experimental. As fezes foram coletadas diretamente no piso de concreto e colocadas em baldes previamente pesados e com tampa. Ao final de 24 horas de coleta, os baldes contendo as fezes foram pesados, em seguida as mesmas foram homogeneizadas e amostradas em 10% para cada animal.

Uma amostra por dia de coleta foi seca em estufa com ventilação forçada (55°C). Após a secagem, as amostras foram trituradas em moinho de facas com peneira contendo crivos de 1 e 2 mm. Em seguida, foi feita uma amostra composta proporcional de fezes por animal.

Amostragens e preparação das amostras de digesta

Do 19º ao 21º dia do período experimental, foram realizadas oito coletas de digesta ruminal, omasal e ileal com intervalo de 9 horas, totalizando três dias de coletas por período experimental. Os horários de coleta foram 08h00, 17h00, 2h00, 11h00, 20h00, 5h00, 14h00, 23h00. Durante todo o período de coleta, ou seja, a partir do 16º dia do período experimental até a última coleta de digesta, no 21º dia, foi realizada infusão contínua, via fístula ruminal, do indicador Co-EDTA (5 g/dia de Co-EDTA ou 0,451 g de Co), diluídos em 5 litros de água destilada, utilizando duas bombas peristálticas.

Para a coleta de digesta omasal foi utilizada a técnica de Huhtanen et al. (1997). A coleta da digesta omasal foi realizada introduzindo-se no rúmen a extremidade de um tubo coletor, conduzindo-o em direção ao orifício retículo-omasal, até que a parte inicial ultrapassasse o referido orifício, onde foi mantido seguro manualmente durante o período da coleta. A outra extremidade do tubo coletor foi adaptada em uma das aberturas do kitassato e a mangueira da bomba a vácuo, na outra abertura do mesmo. No momento da coleta, a bomba a vácuo foi acionada, e por sucção, a digesta seguiu pela mangueira até o kitassato.

As amostras de digesta omasal coletadas foram divididas em três partes: 200 mL representando a digesta íntegra, 200 mL de digesta para separar em duas fases (sólida e líquida + pequenas partículas - sistema de indicador duplo) e 500 mL para isolamento de bactérias e protozoários.

As amostras de digesta utilizadas para a separação em duas fases foram filtradas em filtro de náilon a 100 µm com área de poros de 44% de superfície (Sefar Nitex 100/44, Sefar, Thal, Switzerland), a fase retida no filtro foi denominada fase de partículas e a fase filtrada foi denominada fase líquida e de pequenas partículas.

Todas as amostras obtidas foram armazenadas em potes plásticos tampados e identificados. As amostras para estimar o fluxo de digesta foram acondicionadas em ultrafreezer a -40°C, em seguida procedeu-se a liofilização e moagem em moinhos de faca com peneiras de crivo de 1 e 2 mm. As demais amostras foram resfriadas e posteriormente destinadas ao isolamento de bactérias e protozoários.

Após cada quatro coletas de digesta (8h00, 17h00, 2h00 e 11h00; 20h00, 5h00, 14h00 e 23h00), as amostras destinadas para o isolamento de bactérias e protozoários foram descongeladas em temperatura ambiente e foi realizada uma amostra composta de

2 L para cada animal, sendo 1 L destinado ao isolamento de bactérias e o outro ao isolamento de protozoários.

O isolamento das bactérias foi realizado conforme Reynal et al. (2005) com adaptações sugeridas por Krizsan et al. (2010). Um litro da amostra de digesta foi filtrada usando filtro de náilon a 100 μm com área de poros de 44% de superfície (Sefar Nitex 100/44, Sefar, Thal, Switzerland) e o material retido no filtro foi lavado com 800 mL de solução salina (NaCl 9 g/L). A fase retida no filtro foi guardada para isolamento das bactérias associadas às partículas (BAP). O material filtrado foi processado para o isolamento das bactérias associadas à fase líquida (BAL). Após a centrifugação a $1.000 \times g$ por 10 minutos a 5°C , o pellet foi guardado para isolar BAP. O sobrenadante foi centrifugado a $11.250 \times g$ por 30 minutos a 5°C . Ao pellet dessa centrifugação foram adicionados 200 ml de solução tampão (McDougall, 1948), sendo esse material novamente centrifugado a $16.500 \times g$ por 20 minutos a 5°C . O pellet resultante dessa centrifugação, composto das BAL foi liofilizado.

Para isolar BAP, 700 ml de solução salina a 9 g/L com 0,10% de Tween 80 (volume/volume) foram adicionados a potes contendo as amostras anteriormente citadas, que foram homogeneizadas durante 30 segundos e armazenadas em geladeira a 4°C por 12 horas para posteriores centrifugações. Após as 12 horas, as amostras foram filtradas usando filtro de náilon a 100 μm com área de poros de 44% de superfície (Sefar Nitex 100/44, Sefar, Thal, Switzerland). O filtrado foi centrifugado a $1.000 \times g$ por 10 minutos a 5°C . Em seguida, o sobrenadante foi centrifugado a $11.250 \times g$ por 30 minutos a 5°C ; e ao pellet resultante dessa centrifugação, foram adicionados 200 mL de solução tampão de McDougall e recentrifugado a $16.250 \times g$ por 20 minutos a 5°C . O pellet (BAP) dessa última centrifugação foi submetido à liofilização.

Para isolamento de protozoários foi adotada técnica descrita por Martin et al. (1994). Um litro de amostra de digesta omasal foi filtrado em Nylon 100 μm , para separar em fase líquida e fase sólida. O líquido omasal foi diluído com igual volume de solução tampão (Coleman, 1978), pré-aquecida a 39°C . Em seguida procedeu-se incubação da mistura em estufa a 39°C por 60 minutos. Nos últimos cinco minutos desta incubação, adicionou-se 2 gramas de glicose (1 g/L) para separar os protozoários do restante do conteúdo omasal e otimizar a floculação. Após os 60 minutos de incubação, a camada de detritos vegetais floculados criado pela atividade fermentativa microbiana no licor foi removida por sucção. Visando evitar problemas na composição química da população microbiana, devido à adição de açúcar, os protozoários líquido-associados foram isolados o mais breve possível (tempo deve ser inferior a 30 minutos) após a

adição da glicose. O *pellet* de protozoário foi então recuperado por centrifugação do líquido clarificado, a $1.000 \times g$, por 10 minutos, em temperatura ambiente. Posteriormente, este *pellet* foi lavado com solução de Coleman (39°C) sobre um filtro de nylon, com porosidade de 20 μm , para minimizar a contaminação por bactérias e resíduos de alimentos e obter o pellet de protozoário - PLA (Figura 1). O PLA foi submetido à liofilização e posteriormente foi elaborada uma amostra composta por animal usando as duas amostras obtidas por período e por animal.

A coleta de digesta ileal foi realizada nos mesmos horários da coleta de digesta omasal, sendo coletados aproximadamente 400 mL em cada horário, a qual foi subdividida em 200 mL para representar a digesta íntegra, e 200 mL para separar as duas fases (sólida e líquida + pequenas partículas), sendo o processamento feito conforme descrito para estimar o fluxo de digesta omasal.

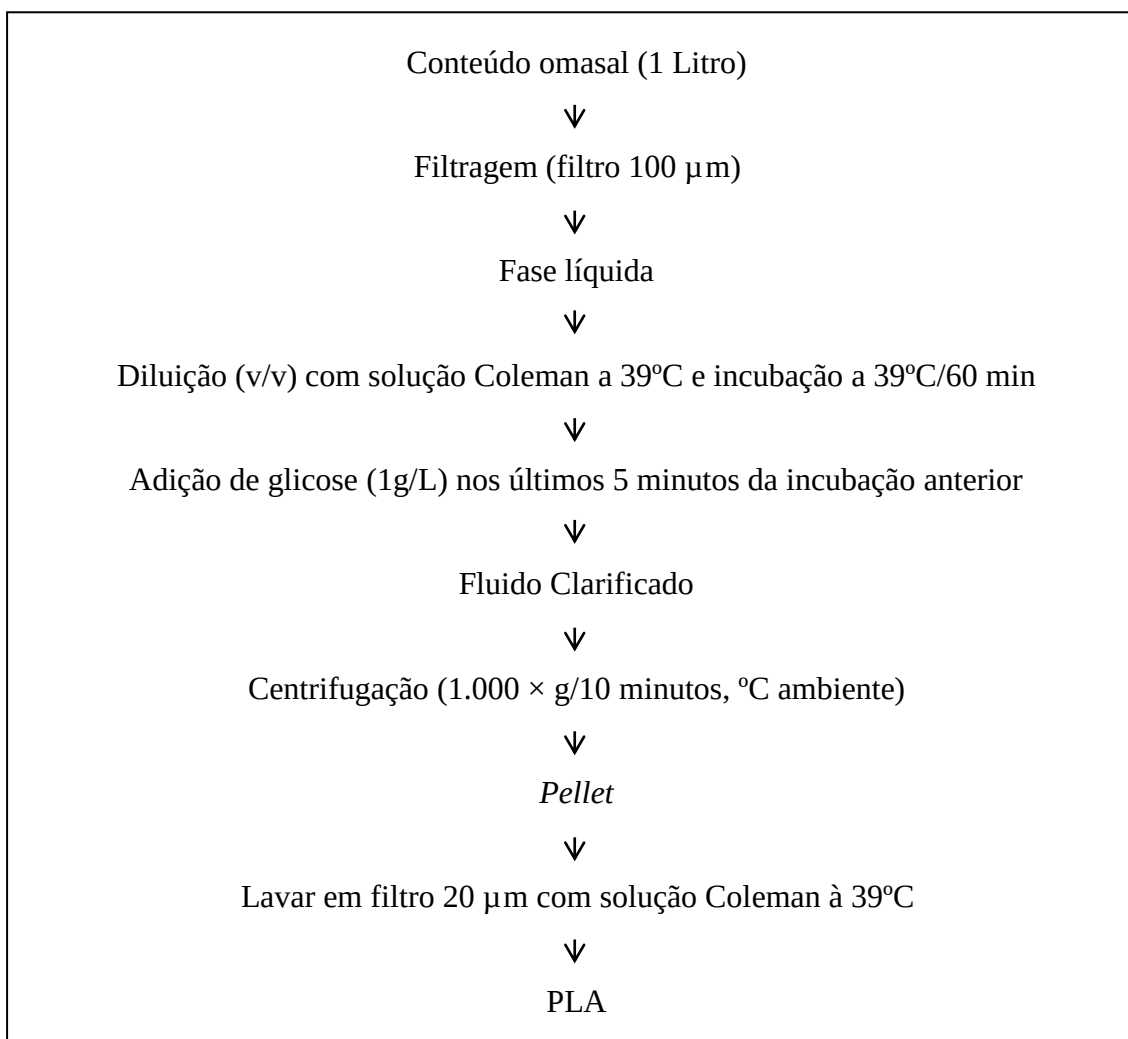


Figura 1 - Esquema para obtenção do pellet de protozoário.

Análises laboratoriais

A concentração de FDNi, utilizada como indicador da fase sólida no omaso e na digesta ileal, foi quantificada para as amostras de digesta omasal e ileal, sobras e alimentos que compuseram as dietas experimentais. As amostras utilizadas para a estimação da FDNi foram moídas em moinho de facas a 2 mm. Foi utilizada 1 grama de amostra para a análise e sacos F57 previamente pesados, sendo estes incubados por 288 horas no rúmen de um bovino (Valente et al., 2011a). Após o período de incubação, os sacos foram removidos do rúmen, lavados com água e secos a 55°C por 48 horas. Em seguida foi realizada análise de FDN em um aparelho Ankom 200/220 (Ankom Technology Corp., Fairport, NY).

As amostras dos volumosos, ingredientes do suplemento proteico, sobras, fezes e digestas omasal e ileal foram avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS) segundo método INCT - CA G-003/1, matéria mineral (MM) segundo método INCT-CA M-001/1, proteína bruta (PB) segundo método INCT - CA N-001/1, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) segundo método INCT - CA F-001/1 e correções para proteína e cinzas, respectivamente, segundo métodos INCT - CA N-004/1 e INCT - CA M-002/1 (Detmann et al., 2012).

O amido foi estimado segundo adaptações do método descrito por Zinn et al. (1990a). Foi pesado aproximadamente 0,5 grama de amostra moída a 1 mm, colocada em tubos de rosca e 0,09 gramas de padrão de amido em outros dois tubos. Um tubo sem amostra, denominado “branco”, passou por todos os procedimentos, a fim de reduzir possíveis interferências inerentes a análise. A todos os tubos adicionou-se 10 mL de água destilada, 1 gota de tolueno e procedeu-se a agitação. Em seguida, os tubos devidamente tampados foram incubados em banho maria a 100°C por 3 horas. Após este tempo, os mesmos foram introduzidos em banho de gelo por 10 minutos, com posterior adição de 10 mL da solução de enzima¹, seguido por agitação e nova incubação à 39°C por 2 horas. Após a segunda incubação, os tubos foram acondicionados novamente em banho de gelo por mais 10 minutos, e aos mesmos foi adicionado 2 mL da solução de sulfato de zinco (150 g/L), seguido por agitação e repouso por mais 10 minutos. Após o repouso, o conteúdo dos tubos foi filtrado em papel de filtro (JP41, Quanty).

¹ Solução de enzima: deve-se preparar quantidade suficiente para que cada tubo contenha 10 mL da solução, que consiste em 0,5 mL de amilglicosidade (AMG 300L - Novozymes) em 9,5 mL de solução tampão (pesar 9,91 gramas de acetato de sódio anidro ou 16,44 da forma trihidrato, 7,27 mL de ácido acético glacial e completar para um litro de água destilada) por tubo.

O filtrado foi então diluído, na proporção de 1 mL do filtrado e 10 mL de água destilada. Após a diluição, em tubos para leitura de glicose, foi pipetado 100 µL do filtrado diluído e 4 mL de glucotal² (Dooley, J., 1974), os tubos foram imediatamente tampados com esferas de vidro e incubados a 100°C por 10 minutos. Após tal procedimento, os tubos foram introduzidos por 5 minutos em banho de gelo. Em seguida foram realizadas as leituras em espectrofotômetro com absorbância de 630 nm. O “branco”, que passou por todas as etapas, foi utilizado para zerar o equipamento antes de iniciar as leituras (Figura 2).

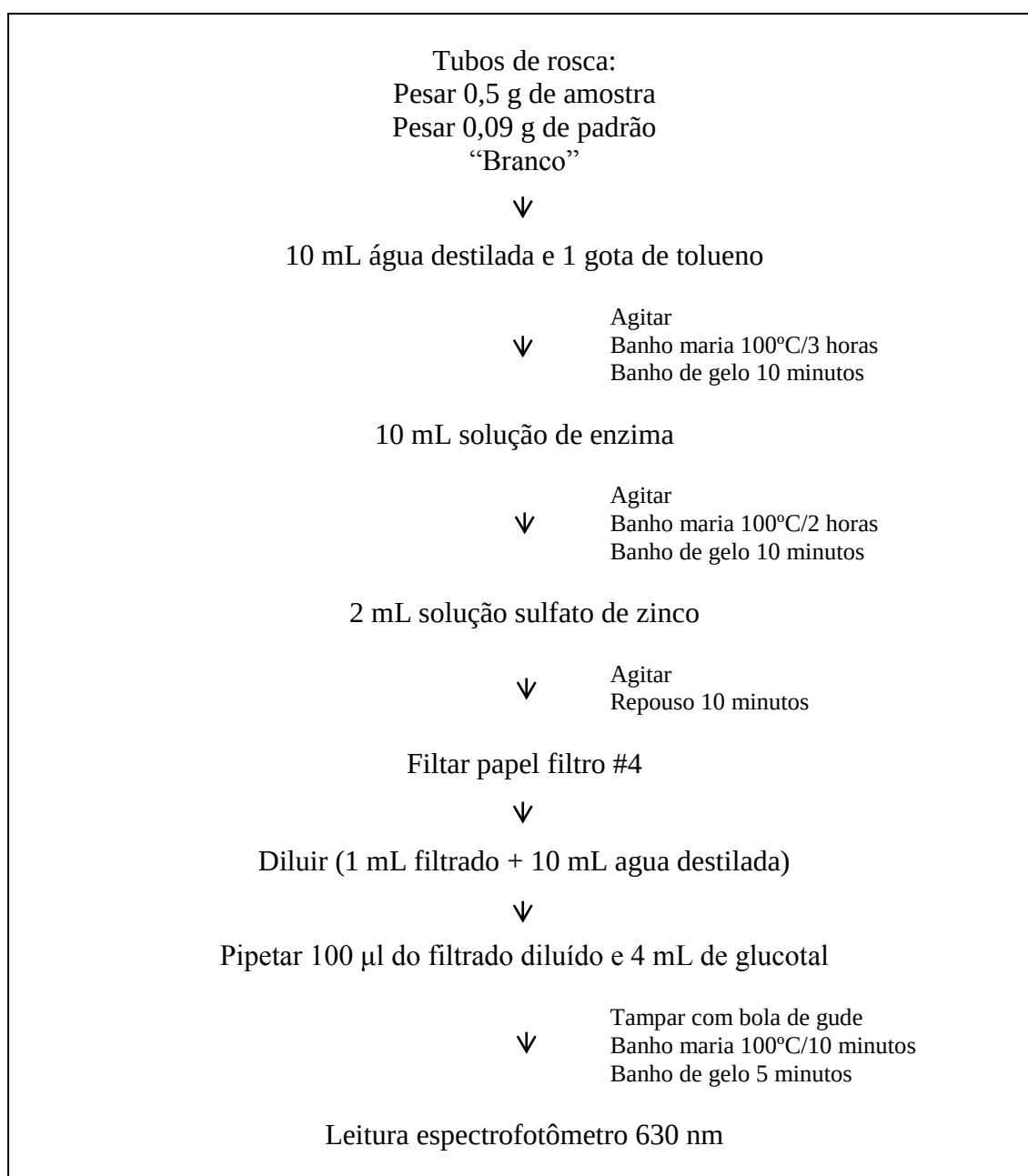


Figura 2 - Esquema simplificado para análise de amido

² Glucotal: pesar em vidro escuro de 500 mL, 0,3 g de tiouréia, 150 mL de ácido acético glacial, 12,5 mL de o-Toluidine e 100 mg de arsenato, em seguida borbulhar gás nitrogênio.

A análise de cobalto foi realizada por leitura em espectrofotômetro de absorção atômica (Spctr AA-800; Varian spectrometer, Harbor City, CA) após digestão nitro-perclórica. A solução mineral foi preparada segundo método INCT-CA M-004/1 descritos por Detmann et al. (2012).

As amostras de bactérias e protozoários foram analisadas quanto aos teores de matéria seca, matéria mineral e nitrogênio total.

A produção de proteína microbiana foi estimada a partir das bases purinas no omaso analisadas de acordo com Ushida et al. (1985).

Os fluxos de matéria seca e dos constituintes das digestas omasal e ileal foram estimados, utilizando o sistema de indicador duplo (France et al., 1986). Foram utilizados a FDNi como indicador da fase sólida e o Co-EDTA como indicador da fase líquida e de pequenas partículas. Para o cálculo dos fluxos de matéria seca foi utilizado o fator de reconstituição (FR). O FR indica as unidades que devem ser removidas ou adicionadas à digesta não representativa para reconstituir a digesta verdadeira, conforme descrito por Valadares Filho et al. (2011).

As digestões ruminais e intestinais da MS, MO, PB, FDNcp e amido foram calculadas em relação ao total ingerido. A eficiência microbiana foi calculada entre a produção de N microbiano (Nmic) e a quantidade de matéria orgânica aparentemente degradada no rúmen (MODRa) e matéria orgânica verdadeiramente fermentada no rúmen (MOFRv). A MODR foi calculada pela diferença entre a MO ingerida e quantidade de matéria orgânica passando para o omaso. Já a MOFR foi calculada pela soma da MODR e a quantidade de matéria orgânica de origem microbiana (MOmic) obtida pela composição das bactérias do rúmen. A eficiência microbiana também foi expressa em g PBmic/kg nutrientes digestíveis totais (NDT) e em g PBmic/kg de matéria orgânica ingerida (MOI).

Análises estatísticas

Os dados referentes aos consumos, digestibilidades totais e parciais, taxas de digestão e eficiência microbiana foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.4) em que as diferentes granulometrias representaram o efeito fixo do

modelo, enquanto que animal e período representaram os efeitos aleatórios, segundo o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + a_j + p_k + e_{ijk}$$

em que: μ = constante geral; D_i = efeito da dieta i (fixo); a_j = efeito do animal j (aleatório); p_k = efeito do período experimental k (aleatório); e_{ijk} = efeito aleatório residual.

As médias foram comparadas, utilizando-se a diferença mínima significativa (DMS) de Fisher, adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I e 0,10 para tendências.

Resultados e Discussão

Tamanho médio de partículas e vitreosidade

As aberturas da malha das peneiras utilizadas, a distribuição e o tamanho de partículas (TMP) dos principais ingredientes das dietas estão representados na Tabela 3. Observou-se que, à medida que aumentou o processamento dos grãos, houve redução no TMP.

Vários autores (Millen et al., 2009; Oliveira et al., 2014; Pinto et al., 2016) avaliando os confinamentos brasileiros, observaram que o milho do tipo “Flint” (duro) é o mais utilizado em relação aos híbridos dentados (mole).

Tabela 3. Tamanho médio de partículas dos principais alimentos utilizados nas dietas

Itens	Tamanho dos furos das peneiras (mm)											
	19,00	8,00	1,18	PRP ¹	4,76	3,36	2,38	1,19	0,71	0,35	PRP ¹	TMP ²
	Penn State Tradicional				ABNT							
	% retida na peneira				% retida na peneira							
SM	19,5	32,9	46,9	0,7	-	-	-	-	-	-	-	13,32
Pellet	0,0	100,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	13,50
Milho inteiro	0,0	100,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	13,50
Milho quebrado	-	-	-	-	0,0	26,0	25,3	20,1	18,7	7,3	2,6	2,36
Milho grosso	-	-	-	-	0,0	5,3	14,2	27,1	30,9	20,2	2,2	1,51
Milho fino	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	12,4	51,6	33,7	2,3	0,90
Sorgo fino	-	-	-	-	0,0	2,6	7,1	19,7	41,2	27,0	2,3	0,89

SM = silagem de milho, MI = grão de milho inteiro, MQ = grão de milho quebrado, MG = grão de milho moído grosso, MF = grão de milho moído fino, SF = grão de sorgo moído fino.

¹PRP = % de partícula retida no fundo do prato;

²TMP = tamanho médio de partícula.

A vitreosidade do grão de milho estimada pela dissecação dos grãos foi de 74,33% de endosperma vítreo, quando calculado em percentagem de endosperma total. Diversos autores (Philippeau et al., 1997; Correa et al., 2002; Pereira et al., 2004; Fernandes, 2014; Rossi et al., 2016), ao avaliarem a vitreosidade dos grãos de milho utilizados no Brasil, encontraram valores variando de 72,3 a 80%, enquanto que os híbridos de milho “dent” cultivados nos Estados Unidos apresentaram média em torno de 48% (Correa et al., 2002; Pereira et al., 2004). Alguns autores (Ramos et al., 2009; McAllister et al., 2013; Rossi et al., 2016) relataram que a matriz protéica no endosperma do milho vítreo tem um impacto negativo na digestão do amido e o milho “flint” tem uma fração maior de amido na forma vítrea do que o milho dentado.

Consumo e digestibilidade

Matéria seca e matéria orgânica

Os consumos de MS e de MO, expressos em kg/dia ou g/PC, apresentaram o mesmo comportamento, sendo menores ($P < 0,05$) para a dieta contendo milho inteiro e não diferiram ($P > 0,05$) entre as demais dietas (Tabela 4).

Provavelmente, o menor consumo verificado para a dieta de milho inteiro se deve ao alto consumo de energia e baixo teor de fibra e proteína, visto que, o pellet utilizado apresentou 14% de FDNcp e 20,65% de PB.

Marques et al. (2016) e Carvalho et al. (2016), trabalhando com animais Nelore alimentados com dieta de milho inteiro, obtiveram consumo de matéria seca (CMS) 19,7 g/kg PC e 16,8 g/kg PC, respectivamente, sendo superiores ao encontrado no presente estudo. Vale ressaltar que, nos trabalhos citados, o pellet utilizado (Nutronbeef Grano Entero; Nutron Alimentos, Campinas, Brazil) apresentou 22,3% de FDN e 34,8% PB.

Ainda, segundo Carvalho et al. (2016), o maior teor de energia metabolizável da dieta de milho inteiro pode explicar o menor CMS desta em relação à dieta de milho moído, quando este foi adicionado em 58% juntamente com 30% de silagem de milho, com base na matéria seca. Ainda, vale ressaltar a ausência de forragem pode ser um fator limitante de consumo em tal dieta. De acordo com Owens et al. (2005), as

características físicas e químicas do grão podem alterar sua aceitabilidade e digestibilidade. Segundo Cole et al. (1976) e Murphy et al. (1994), dietas com grão inteiro de milho apresentam menor consumo devido ao maior tamanho de partícula presente no rúmen, pois partículas maiores dificultam a ação física das bactérias, diminuindo a ruminação e a ingestão pelos animais.

De acordo com vários autores (Owens et al. 1997; Zinn et al. 2002; Costa et al., 2002; Oba et al., 2003; Bradford et al., 2007; Silva et al. 2007), quando os grãos são intensivamente processados, ou quando os mesmos apresentam maior quantidade de amido degradável no rúmen, ocorre menor CMS, principalmente quando os grãos são incluídos em elevado nível na dieta. Em alguns trabalhos (Nussio et al., 2002; Dhiman et al., 2002), a moagem fina tem apresentado vantagens em relação à moagem grosseira. No entanto, no presente estudo não foi verificada diferença quanto ao CMS para as dietas de milho, quando o mesmo foi processado em diferentes granulometrias e para o sorgo finamente moído. Da mesma forma, alguns autores (Clarindo et al., 2008), em trabalho com bovinos de corte em terminação, observaram CMS similares para os animais alimentados com dietas contendo milho ou sorgo finamente moídos.

As digestões totais e parciais da MS e MO, tanto em kg/dia quanto em % não diferiram, quando se comparou o milho moído fino com o sorgo no mesmo processamento.

As quantidades degradadas (kg/dia) no rúmen de MS foram menores ($P<0,05$) para a dieta de MI em relação às dietas contendo milho e sorgo moídos fino e aumentaram quantitativamente à medida que os grãos de milho foram mais processados. Quanto a MO, foram menores ($P<0,05$) para a dieta do MI, que não diferiu da dieta do MQ, também não houve diferença ($P>0,05$) entre as dietas em que o milho ou sorgo foram processados.

Quando a digestão ruminal foi expressa em %, tanto para MS quanto para a MO, essas foram maiores ($P<0,05$) para a dieta do milho inteiro e aumentaram ($P<0,05$) para a dieta de MF em relação ao MQ.

As quantidades (kg/dia) de MS digeridas no intestino delgado foram menores ($P<0,05$) para a dieta do MI em relação às dietas MQ e SF e não diferiram ($P>0,05$) entre as dietas com milho ou sorgo processados. Já para MO não houve efeito ($P>0,05$) do processamento ou tipo de cereal. Possivelmente o maior tamanho de partícula que chegou ao intestino delgado na dieta de MI dificultou o acesso das enzimas neste compartimento, promovendo a menor digestão quantitativa.

Tabela 4 – Consumo e digestão total e parcial da matéria seca e matéria orgânica em bovinos alimentados com dietas de alto nível de concentrado

Itens	Dietas ¹					EPM	Valor-P
	MI	MQ	MG	MF	SF		
Consumo de matéria seca							
kg/dia	3,51 ^b	7,41 ^a	7,27 ^a	7,86 ^a	8,06 ^a	0,60	0,002
g/kg PC	9,83 ^b	19,93 ^a	19,17 ^a	19,23 ^a	20,48 ^a	1,44	0,003
Digestibilidade ruminal							
kg/dia	1,85 ^c	2,36 ^{bc}	2,68 ^{abc}	3,20 ^{ab}	3,32 ^a	0,29	0,027
%	52,25 ^a	30,57 ^c	36,53 ^{bc}	43,28 ^b	39,95 ^b	3,05	0,003
Digestibilidade no intestino delgado							
kg/dia	0,79 ^b	2,08 ^a	1,56 ^{ab}	1,55 ^{ab}	1,83 ^a	0,23	0,043
%	23,98	28,45	21,77	19,51	22,90	3,00	0,372
Digestibilidade no intestino grosso							
kg/dia	0,40	0,38	0,56	0,76	0,67	0,10	0,130
%	13,24 ^a	4,65 ^c	8,39 ^{bc}	10,13 ^{ab}	8,03 ^{bc}	1,28	0,017
Digestibilidade aparente total							
kg/dia	3,11 ^b	4,82 ^a	4,81 ^a	5,54 ^a	5,80 ^a	0,38	0,008
%	90,31 ^a	65,09 ^c	65,96 ^c	70,30 ^{bc}	71,47 ^b	1,87	<0,000
Consumo de matéria orgânica							
kg/dia	3,39 ^b	6,99 ^a	6,85 ^a	7,40 ^a	7,56 ^a	0,56	0,003
g/kg PC	9,49 ^b	18,80 ^a	18,04 ^a	18,09 ^a	19,19 ^a	1,36	0,004
Digestibilidade ruminal							
kg/dia	1,95 ^b	2,78 ^{ab}	2,98 ^a	3,46 ^a	3,58 ^a	0,29	0,018
%	56,68 ^a	38,29 ^c	43,39 ^{bc}	49,98 ^{ab}	45,59 ^b	3,10	0,002
Digestibilidade no intestino delgado							
kg/dia	0,80	1,53	1,10	1,13	1,40	0,21	0,217
%	24,81	22,07	16,35	14,83	18,69	2,73	0,162
Digestibilidade no intestino grosso							
kg/dia	0,30	0,27	0,44	0,65	0,57	0,11	0,117
%	8,39	3,67	7,18	8,84	7,26	1,68	0,242
Digestibilidade aparente total							
kg/dia	3,04 ^b	4,58 ^a	4,55 ^a	5,27 ^a	5,52 ^a	0,36	0,009
%	91,19 ^a	65,77 ^c	66,10 ^{bc}	70,74 ^{bc}	72,56 ^b	1,87	<0,001

¹Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem (P<0,05)

MI = 85% de grão de milho inteiro e 15% de pellet, MQ = 60% de grão de milho quebrado, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, MG = 60% de grão de milho moído grosso, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, MF = 60% de grão de milho moído fino, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, SF = 60% de grão de sorgo moído fino, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico.

Quando expressa em %, não houve efeito ($P>0,05$) para a digestibilidade da MS e MO no intestino delgado.

Não houve diferença ($P>0,05$) para as quantidades (kg/dia) de MS e MO digeridas no intestino grosso. Quanto aos percentuais digeridos da MS, com exceção da dieta MF, esses foram maiores ($P<0,05$) para a dieta de milho inteiro e aumentaram ($P<0,05$) à medida que intensificou o processamento. Para a digestão da MO não houve efeito ($P>0,05$) nas percentagens digeridas.

Embora a digestão total da MS e MO tenha sido quantitativamente menor ($P<0,05$) para a dieta contendo milho inteiro, quando expressa em %, essa foi maior ($P<0,05$) para a dieta do milho inteiro ($P<0,05$) e aumentou numericamente à medida que houve um maior processamento dos grãos.

A maior digestão total, quando expressa em %, para a dieta de milho inteiro pode ser explicada pelo baixo consumo dos animais, visto que, ocorre uma menor taxa de passagem e maior tempo de retenção neste compartimento, favorecendo o ataque de microrganismos e consequentemente uma maior digestibilidade. Quanto às demais dietas, quando a digestão total foi expressa em %, verificou-se que intensificar o processamento favoreceu a digestibilidade tanto para MS quanto MO.

Segundo Paulino et al. (2014), a digestibilidade do grão de milho brasileiro tende a ser menor, principalmente quando submetido a processamentos mais grosseiros. Os processos de moagem para a alimentação de ruminantes visam aumentar a área superficial (Antunes et al., 2006), o que, facilita os processos digestivos, melhorando o desempenho animal. No entanto, o aumento na taxa de digestão de carboidratos solúveis disponibilizado com um maior processamento nem sempre é benéfico, pois pode ocasionar diminuição do pH ruminal, redução da digestibilidade da fibra (Van Soest, 1994) e diminuição no consumo (Bengoa et al., 2005).

Amido

Os consumos de amido, expressos em kg/dia ou em g/kg de PC, foram menores ($P<0,05$) para a dieta contendo milho inteiro e não diferiram ($P>0,05$) entre as demais dietas, sendo este, um comportamento semelhante ao observado para o CMS e CMO (Tabela 5).

A digestão ruminal do amido, quando expressa em %, foi maior ($P<0,05$) para a dieta do milho inteiro em relação às demais dietas e foi maior ($P<0,05$) para a dieta contendo milho moído fino em relação às dietas com milho quebrado ou moído grosso.

Embora não significativo ($P>0,05$), comportamento numericamente semelhante foi observado para as quantidades (kg/dia) degradadas no rúmen.

As quantidades (kg/dia) de amido digeridas no intestino delgado foram menores ($P<0,05$), para a dieta do grão inteiro, e quando expressas em %, foram menores ($P<0,05$) para a dieta de milho inteiro e milho moído fino em relação às demais dietas. Tal fato ocorre, pois, de acordo com Richards et al. (2002), caso grande parte do amido seja degradado no rúmen, menores quantidades absolutas serão digeridas na porção pós-rúmen, devido à reduzida quantidade de digesta potencialmente digestível deixando o rúmen.

Tabela 5 - Consumo e digestão total e parcial do amido em bovinos alimentados com dietas de alto nível de concentrado

Itens	Dietas ¹					EMP	Valor-P
	MI	MQ	MG	MF	SF		
Consumo de amido							
kg/dia	2,34 ^b	3,93 ^a	3,76 ^a	3,96 ^a	4,20 ^a	0,33	0,017
g/kg PC	6,55 ^b	10,55 ^a	9,93 ^a	9,71 ^a	10,67 ^a	0,80	0,029
Digestibilidade ruminal							
kg/dia	2,12	2,69	2,63	3,01	3,11	0,24	0,100
%	91,93 ^a	68,19 ^d	69,75 ^d	76,47 ^b	73,53 ^c	0,83	<0,001
Digestibilidade no intestino delgado							
kg/dia	0,09 ^b	0,28 ^a	0,29 ^a	0,20 ^a	0,30 ^a	0,03	0,007
%	3,83 ^b	7,38 ^a	7,82 ^a	4,76 ^b	7,08 ^a	0,67	0,004
Digestibilidade no intestino grosso							
kg/dia	0,03	0,11	0,10	0,09	0,11	0,02	0,104
%	1,30	2,74	2,92	2,45	2,52	0,51	0,284
Digestibilidade aparente total							
kg/dia	2,25 ^b	3,08 ^a	3,03 ^{ab}	3,31 ^a	3,5 ^a	0,26	0,057
%	97,19 ^a	78,60 ^c	80,30 ^c	83,29 ^b	83,36 ^b	0,89	<0,001

¹Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem ($P<0,05$)

MI = 85% de grão de milho inteiro e 15% de pellet, MQ = 60% de grão de milho quebrado, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, MG = 60% de grão de milho moído grosso, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, MF = 60% de grão de milho moído fino, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, SF = 60% de grão de sorgo moído fino, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico.

Para a dieta de milho inteiro, a maior digestibilidade percentual pode ser explicada devido ao menor consumo e consequentemente maior tempo de retenção,

possibilitando o maior aproveitamento do amido. Para as demais dietas, verifica-se que o processamento de grãos está associado ao aumento na eficiência de utilização de nutrientes pelos microrganismos ruminais e no trato total (Nocek et al., 1991).

No intestino grosso não houve diferença ($P>0,05$) tanto em relação às quantidades digeridas (kg/dia) quanto em percentagem.

Houve tendência de menores ($P<0,1$) quantidades (kg/dia) digeridas totais de amido para a dieta do milho inteiro em relação às dietas contendo milho quebrado e milho moído fino e não foi verificada diferença ($P>0,05$) entre as dietas com milho e sorgo no mesmo processamento. Já, quando expressa em %, a digestão aparente total foi maior ($P<0,05$) para a dieta de MI em relação às demais dietas e foi também maior ($P<0,05$) para a dieta de milho moído fino em relação às de MQ e MG. As quantidades totais digeridas do amido não diferiram ($P>0,05$) entre as dietas contendo milho ou sorgo moído fino.

Quanto aos locais de digestão do amido expressos percentualmente, a digestibilidade do milho moído fino foi maior no rúmen e menor no intestino delgado, o contrário ocorreu para a dieta de sorgo moído fino, o que possibilitou obter a digestibilidade total semelhante para as duas dietas. Theurer (1986), resumindo vários trabalhos com diferentes formas de processamento do grão de cereais, verificou maior digestibilidade ruminal para o amido proveniente do milho (7 a 9 pontos percentuais) em relação ao amido proveniente do sorgo.

Na literatura valores citados de digestibilidade de amido para milho brasileiro moído seco variam de 86,3 a 90,97% (Passini et al., 2004; Borges et al., 2008; Gonçalves et al., 2010) e de 79,66 a 86,0% para o sorgo moído, sendo este de menor digestibilidade (Vieira, 2011; Zeoula et al., 2001). No entanto, a digestibilidade do amido pode variar grandemente dependendo de vários fatores, como o tipo de grão de cereal, teor de amilopectina e de amilose, camada externa do grânulo, presença de uma matriz protéica revestindo o grânulo de amido, e método de processamento do grão que pode aumentar a área de superfície do grão, aumentando a susceptibilidade do amido à ação enzimática e um significativo aumento na digestibilidade tanto no rúmen como no intestino (Corona et al., 2005). Os híbridos de milho cultivados no Brasil, endosperma duro, ou vítreo apresentam baixa digestibilidade do amido (Corrêa et al., 2002; McAllister et al., 1993), o que pode limitar a eficiência de uso de dietas com milho inteiro. Ainda, a raça do animal é outro fator que pode influenciar a utilização do amido. Considerando que no Brasil predominam animais zebuínos, principalmente da raça Nelore (Pinto et al., 2016), é preciso atentar-se ao nível de concentrado a ser utilizado e

a forma com que a dieta será fornecida aos animais, pois, animais zebuínos, são mais susceptíveis a desordens metabólicas ao consumir dietas com alto teor de amido resultando em respostas inconsistentes com o fornecimento de dietas de alto grão (Pacheco et al., 2012; Millen et al., 2015).

Proteína Bruta

O consumo de PB (kg/dia) foi menor ($P<0,05$) para a dieta MI e maior ($P<0,05$) quando o milho e sorgo foram finamente moídos em relação às dietas de MQ e MG (Tabela 6). Para a dieta de MI, obteve-se menor consumo de PB devido ao reduzido CMS, à composição do pellet utilizado, como ressaltado anteriormente, e possivelmente devido a forma física em que o grão de milho foi oferecido. Segundo Owens et al. (2005), as características físicas e químicas do grão podem alterar sua aceitabilidade e digestibilidade.

A digestibilidade ruminal, quando expressas em %, foi menor ($P<0,05$) na dieta de milho inteiro. O maior valor negativo dessa dieta para a digestão da PB no rúmen significa deficiência de PB, pois houve ganho líquido de nitrogênio no rúmen. Isso pode ser explicado pelo menor teor de PB na dieta de MI, resultante do baixo valor protéico no pellet. As demais dietas apresentaram desaparecimento ruminal da PB entre - 4,22 e 10,78%, ou seja, ganhos ou perdas líquidas relativamente baixas, sendo os maiores desaparecimentos, ou perdas líquidas, provavelmente consequentes do maior consumo de PB.

No intestino delgado, verificou-se menor ($P<0,05$) quantidade (kg/dia) digerida de PB para a dieta de milho inteiro e não houve diferença ($P>0,05$) entre as demais dietas; comportamento contrário foi obtido no intestino grosso. No entanto, quando expressa em %, observa-se que a digestão nos mesmos compartimentos foi maior ($P<0,05$) para a dieta de milho inteiro e não diferiu ($P>0,05$) entre as demais. Segundo Clark et al. (1992), o aumento da passagem de compostos nitrogenados microbianos para o intestino delgado pode ser atribuído, parcialmente, à maior quantidade de energia, fornecida pela maior quantidade de matéria orgânica degradada no rúmen.

O fluxo de proteína no intestino delgado está positivamente associado à liberação de suco pancreático e a digestão de amido (Richards et al., 2003), assim observa-se que há um claro padrão ao contrastar a digestão do amido (Tabela 5) e da proteína (Tabela 6) no intestino delgado, ou seja, observa-se que a maior quantidade de

proteína bruta no intestino delgado promove uma maior digestibilidade do amido no mesmo compartimento.

Tabela 6 - Consumo e digestão total e parcial da proteína bruta em bovinos alimentados com dietas de alto nível de concentrado

Consumo de proteína bruta							
Itens	Dietas ¹					EPM	Valor-P
	MI	MQ	MG	MF	SF		
kg/dia	0,36 ^c	0,94 ^b	0,92 ^b	1,01 ^{ab}	1,19 ^a	0,08	<0,001
Digestibilidade ruminal							
kg/dia	-0,13 ^c	-0,03 ^{bc}	0,03 ^{ab}	0,09 ^{ab}	0,13 ^a	0,05	0,034
%	-39,52 ^c	-4,22 ^b	1,63 ^{ab}	10,78 ^a	9,63 ^a	5,04	<0,001
Digestibilidade no intestino delgado							
kg/dia	0,30 ^b	0,64 ^a	0,58 ^a	0,60 ^a	0,70 ^a	0,05	0,004
%	89,47 ^a	70,05 ^b	64,22 ^b	57,35 ^b	58,89 ^b	6,39	0,024
Digestibilidade no intestino grosso							
kg/dia	0,11 ^a	0,01 ^b	0,01 ^b	0,01 ^b	0,02 ^b	0,02	0,003
%	30,65 ^a	0,40 ^b	0,81 ^b	1,26 ^b	1,13 ^b	2,47	<0,001
Digestibilidade aparente total							
kg/dia	0,29 ^c	0,63 ^b	0,62 ^b	0,70 ^{ab}	0,84 ^a	0,05	<0,001
%	81,39 ^a	66,35 ^b	67,28 ^b	70,02 ^b	70,60 ^b	1,86	0,002

¹Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem (P<0,05)

MI = 85% de grão de milho inteiro e 15% de pellet, MQ = 60% de grão de milho quebrado, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, MG = 60% de grão de milho moído grosso, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, MF = 60% de grão de milho moído fino, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, SF = 60% de grão de sorgo moído fino, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico.

As quantidades totais digeridas (kg/dia) foram menores (P<0,05) para a dieta de milho inteiro e maiores para a dieta SF em relação às dietas MQ e MG (P<0,05). Já, quando expressa em %, observou-se maior (P<0,05) digestão total para a dieta em que o milho foi fornecido inteiro e não foram verificadas diferenças (P>0,05) entre as demais dietas. Porém, observa-se que houve aumento numérico na digestibilidade aparente total à medida em os grãos de milho foram mais processados.

Quando foram comparadas as dietas de milho ou sorgo moídos fino, não houve diferença para as quantidades digeridas de PB nos diferentes locais.

A digestibilidade aparente total da PB, exceto para a dieta de MI, foi de 68,5% sendo que 4,5%; 62,87% e 1,1% foram digeridas, respectivamente, no rúmen, intestino

delgado e intestino grosso. O valor de digestibilidade aparente para PB foi próximo aos encontrados por Rotta et al. (2014) de 68,78%, trabalhando com silagem de milho e concentrado a base de milho moído (40:60).

Fibra insolúvel em detergente neutro

Os consumos de FDNcp e FDNi, expressos em kg/dia ou g/kg PC apresentaram o mesmo comportamento, sendo menores apenas para a dieta contendo milho inteiro ($P<0,05$) e semelhantes ($P>0,05$) entre as demais dietas (Tabela 7).

As quantidades digeridas no rúmen (kg/dia) foram menores ($P<0,05$) para a dieta de milho inteiro e não houve diferença ($P>0,05$) entre as demais dietas, o que possivelmente ocorreu devido ao baixo consumo de FDNcp consequente do reduzido CMS. No entanto, quando expresso em %, observou-se um comportamento contrário, ou seja, houve uma maior ($P<0,05$) digestão no rúmen para a dieta de milho inteiro em relação às demais, indicando que a ausência de forragem contribuiu com a elevada proporção de FDNcp digerido no rúmen em relação as demais dietas.

Não houve efeito ($P>0,05$) nas quantidades digeridas (kg/dia) no intestino delgado, porém quando expressa em %, a digestão foi maior ($P<0,05$) para a dieta de milho inteiro e não foi observado diferença ($P>0,05$) entre as demais dietas. Ressalta-se que os valores obtidos para a digestão no ID foram baixos e que essa digestão de FDNcp no ID pode ocorrer somente no íleo terminal.

No intestino grosso, as quantidades digeridas (kg/dia) foram menores ($P<0,05$) para a dieta de milho inteiro e não houve diferença ($P>0,05$) entre as demais. Quando expressa em % não houve efeito ($P>0,05$) entre as dietas.

A digestão total (kg/dia) foi menor ($P<0,05$) para a dieta de milho inteiro e não houve diferença ($P>0,05$) entre as demais dietas. Quando expresso em %, observou-se um comportamento contrário, ou seja, houve uma maior ($P<0,05$) digestão total para a dieta de milho inteiro e não houve diferença ($P>0,05$) entre as demais.

Considerando as dietas em que houve processamento do milho e sorgo, observa-se que o rúmen foi o principal local de digestão da FDNcp, com valor médio de 55,1%, representando cerca de 85,5% da digestão aparente total da FDNcp. Valor próximo ao encontrado por Rotta et al. (2014), de 51,13% para digestibilidade ruminal em dietas à base de silagem de milho e concentrado (40:60).

Tabela 7 - Consumo e digestão total e parcial da fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e no consumo de fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi) em bovinos alimentados com dietas de alto nível de concentrado

Itens	Dietas ¹					EPM	Valor-P
	MI	MQ	MG	MF	SF		
Consumo FDNcp							
kg/dia	0,44 ^b	1,83 ^a	1,91 ^a	2,10 ^a	1,89 ^a	0,16	<0,001
g/kg PC	1,25 ^b	5,01 ^a	4,90 ^a	4,89 ^a	4,77 ^a	0,38	<0,001
Consumo FDNi							
kg/dia	0,09 ^b	0,48 ^a	0,49 ^a	0,56 ^a	0,53 ^a	0,04	<0,001
g/kg PC	0,28 ^b	1,32 ^a	1,24 ^a	1,25 ^a	1,35 ^a	0,11	<0,001
Consumo FDNcp indigerido							
g/kg PC	0,34 ^b	1,86 ^a	1,73 ^a	1,73 ^a	1,63 ^a	1,18	0,001
Digestibilidade ruminal FDNcp							
kg/dia	0,27 ^b	0,98 ^a	1,10 ^a	1,18 ^a	1,10 ^a	0,08	<0,001
%	61,99 ^a	53,55 ^b	56,04 ^b	54,64 ^b	56,23 ^b	2,43	0,028
Digestibilidade no intestino delgado FDNcp							
kg/dia	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01	0,742
%	5,30 ^a	1,31 ^b	1,23 ^b	1,58 ^b	0,79 ^b	0,53	0,002
Digestibilidade no intestino grosso FDNcp							
kg/dia	0,05 ^b	0,15 ^a	0,14 ^a	0,18 ^a	0,15 ^a	0,02	0,001
%	10,08	7,57	7,09	9,19	7,79	1,10	0,312
Digestibilidade total FDNcp							
kg/dia	0,33 ^b	1,14 ^a	1,26 ^a	1,40 ^a	1,26 ^a	0,09	<0,001
%	77,39 ^a	62,62 ^b	64,72 ^b	65,38 ^b	65,18 ^b	2,80	0,007

¹Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem (P<0,05)

MI = 85% de grão de milho inteiro e 15% de pellet, MQ = 60% de grão de milho quebrado, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, MG = 60% de grão de milho moído grosso, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, MF = 60% de grão de milho moído fino, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, SF = 60% de grão de sorgo moído fino, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico.

Eficiência microbiana

Os consumos NDT e MOD foram menores ($P < 0,05$) para MI e não diferiram entre as demais dietas (Tabela 8).

Assim, observa-se que a alta energia presente no MI, como ressaltado anteriormente, além de limitar o CMS e demais nutrientes, influenciou nos consumos de NDT e MOD, tal fato pode ter ocorrido devido a aparecimento de distúrbios metabólicos, visto que o pH ruminal quando os animais receberam a dieta de MI permaneceu durante todo o dia abaixo de 5,2, indicando a presença de acidose ruminal aguda (Krause et al., 2006; Plaizier et al., 2008). Além disto, observa-se uma correlação negativa ao contrastar a MOD (Tabela 8) e a quantidade de nitrogênio reciclado (Tabela 6) para a dieta de MI.

As quantidades de matéria orgânica degradadas no rúmen (MODRa) foram maiores para a dieta de milho moído fino em relação às dietas de MI e MQ ($P < 0,05$), enquanto as quantidades de matéria orgânica fermentada no rúmen (MOFRv) aumentaram à medida que intensificou o processamento dos grãos de milho.

Não houve efeito ($P > 0,05$) da granulometria na percentagem de nitrogênio de bactérias aderidas ao líquido (BAL) e bactérias aderidas às partículas (BAP). Para N-protozoário houve uma tendência, sendo maior ($P < 0,1$) para a dieta de sorgo finamente moído em relação à dieta em que o milho apresentou a mesma granulometria.

Com exceção da dieta de milho moído fino, a matéria orgânica (%) de BAL e BAP foi maior ($P < 0,05$) na dieta de MI e aumentou ($P < 0,05$) à medida em que ocorreu um maior processamento dos grãos. Não houve efeito ($P > 0,05$) na % de matéria orgânica dos protozoários para as diferentes dietas.

Não houve efeito ($P > 0,05$) da granulometria para a relação NRNA:Ntotal para BAL, no entanto, para BAP houve uma tendência, sendo que a relação foi menor ($P < 0,1$) para as dietas de milho inteiro e sorgo moído fino em relação à dieta de milho quebrado, mas não diferiu ($P > 0,1$) entre as dietas em que o milho foi processado.

A eficiência microbiana, quando expressa em NDT (g PB/kg) e MOD (g PB/kg) não foi afetada ($P > 0,05$) pela granulometria, assim obtiveram-se valores médios de 132,2 g de PBmic/kg de NDT e de 142,5 g de PBmic/kg de MOD.

Para MODRa (g N/kg) houve uma tendência, sendo a eficiência menor ($P < 0,1$) para a dieta de milho inteiro em relação às demais dietas, com exceção da dieta MF. A

eficiência expressa em MODRv foi menor ($P<0,05$) na dieta de milho inteiro em relação às dietas MQ, MG e SF.

Tabela 8 - Produção e a eficiência microbiana em bovinos alimentados com dietas de alto nível de concentrado

Itens	Dietas ¹					EPM	Valor-P
	MI	MQ	MG	MF	SF		
Consumo (kg/dia)							
NDT	3,18 ^b	4,99 ^a	4,96 ^a	5,70 ^a	6,00 ^a	0,39	0,007
MOI	3,04 ^b	4,58 ^a	4,55 ^a	5,27 ^a	5,52 ^a	0,36	0,009
MODRa	1,77 ^c	1,82 ^c	1,96 ^{bc}	2,47 ^{ab}	2,61 ^a	0,19	0,035
MOFRv	2,47 ^c	2,94 ^{bc}	3,37 ^b	4,01 ^a	4,34 ^a	0,22	0,001
Composição (%)							
Nitrogênio							
BAL	8,03	7,23	6,50	7,34	7,16	0,56	0,420
BAP	6,78	6,03	6,04	5,88	6,14	0,30	0,187
Protoz.	4,37 ^{ab}	3,29 ^b	3,86 ^{ab}	3,07 ^b	5,71 ^a	0,62	0,096
Matéria orgânica							
BAL	88,19 ^a	83,04 ^c	83,79 ^{bc}	85,85 ^{ab}	84,74 ^{bc}	0,88	0,006
BAP	86,69 ^a	79,44 ^c	81,29 ^{bc}	83,67 ^{ab}	80,67 ^{bc}	1,40	0,005
Protoz.	79,72	64,16	69,03	63,62	72,75	5,63	0,146
Relação NRNA:Ntotal							
BAL	16,26	17,71	17,18	15,10	16,04	1,37	0,643
BAP	12,52 ^b	18,99 ^a	14,96 ^{ab}	16,07 ^{ab}	14,16 ^b	1,34	0,063
Eficiências							
g PB mic/kg de NDT							
NDT	121,08	131,18	134,27	125,89	148,39	10,78	0,441
MOD	126,59	142,71	146,61	136,16	160,26	11,61	0,339
g N/kg							
MODRa	37,65 ^b	58,86 ^a	54,70 ^a	44,00 ^{ab}	56,00 ^a	5,81	0,068
MODRv	25,62 ^c	35,47 ^a	32,35 ^{ab}	28,81 ^{bc}	33,54 ^{ab}	2,41	0,012
Nmic (RNA)							
g/dia	62,41 ^c	104,45 ^b	106,50 ^b	115,87 ^{ab}	143,8 ^a	10,40	0,002
Relação PB							
Mic:Ing	109,86 ^a	67,28 ^b	72,86 ^b	69,23 ^b	81,62 ^b	7,09	0,005

¹Médias na linha seguidas por letras diferentes diferem ($P<0,05$)

MI = 85% de grão de milho inteiro e 15% de pellet, MQ = 60% de grão de milho quebrado, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, MG = 60% de grão de milho moído grosso, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, MF = 60% de grão de milho moído fino, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico, SF = 60% de grão de sorgo moído fino, 30% de silagem de milho e 10% de suplemento proteico.

A quantidade de nitrogênio microbiano (N_{mic}) foi menor ($P < 0,05$) para a dieta de MI e maior para a dieta de SF em relação às dietas contendo MQ e MG, mas não diferiu ($P > 0,05$) entre as dietas de milho e sorgo moídos finamente.

Comparando os valores de N_{mic} nas dietas contendo milho em diferentes granulometrias, observa-se que o valor obtido para a dieta de MF foi aproximadamente 10% maior em relação às dietas MQ e MG, mostrando que, quanto maior o processamento do milho, maior será a disponibilidade de energia para a produção microbiana.

A relação entre a proteína microbiana e a proteína bruta ingerida diferiu ($P < 0,05$) apenas para a dieta de milho inteiro, sendo que nesta obteve-se maior relação, quando comparada às demais.

A produção microbiana total no rúmen, geralmente aumenta com o aumento da quantidade de matéria orgânica fermentada no rúmen, sendo que a eficiência de crescimento microbiano independe da produção microbiana (Russel et al. 1992).

Conclusão

A granulometria, exceto quando o grão é fornecido inteiro, não altera o consumo da maioria dos nutrientes, havendo apenas um aumento no consumo de proteína, quando os grãos são finamente moídos.

Independente do tipo de cereal, milho ou sorgo, quando as dietas são fornecidas com grãos finamente moídos, ocorre aumento na digestão total e ruminal do amido e consequentemente aumento na síntese de proteína bruta microbiana.

A dieta de grão inteiro é atraente do ponto de vista prático, porém essa requer maior atenção quanto à adaptação dos animais e quanto à composição do pellet (especificamente em relação aos teores de FDNcp), tornando necessário um manejo cuidadoso para manter um consumo de matéria seca adequado.

Para a escolha de um determinado método de processamento deve-se considerar múltiplos fatores de forma a simplificar as atividades diárias e ao mesmo tempo evitar o aparecimento de distúrbios metabólicos, visando um melhor custo benefício para o sistema de produção.

Referências Bibliográficas

- Bengochea, W. L.; Lardy, G. P.; Bauer, M. L.; Soto-Navarro, S. A. Effect of grain processing degree on intake, digestion, ruminal fermentation, and performance characteristics of steers fed medium-concentrate growing diets. *Journal of animal science*, 83:2815-2825, 2005.
- Borges, L. F. D. O.; Passini, R.; Meyer, P. M.; Rodrigues, P. H. M. Efeitos da enramicina e monensina sódica sobre a digestão de nutrientes em bovinos alimentados com dietas contendo alto nível de concentrados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:674-680, 2008.
- Bradford, B. J.; Allen, M. S. Depression in feed intake by a highly fermentable diet is related to plasma insulin concentration and insulin response to glucose infusion. *Journal of Dairy Science*, 90:3838–3845, 2007.
- Carvalho, J. R. R.; Chizzotti, M. L.; Schoonmaker, J. P.; Teixeira, P. D.; Lopes, R. C.; Oliveira, C. V. R.; Ladeira, M. M. Performance, carcass characteristics, and ruminal pH of Nellore and Angus young bulls fed a whole shelled corn diet. *Journal of Animal Science*, 94:2451-2459, 2016.
- Clarindo, R. L.; Santos, F. A. P.; Bittar, C. M. M.; Imaizumi, H.; Lima, N. V. D. A.; Pereira, E. M. Avaliação de fontes energéticas e protéicas na dieta de bovinos confinados em fase de terminação. *Ciência Animal Brasileira*, 9:902-910, 2008.
- Clark, J. H.; Klusmeyer, T. H.; Cameron, M. R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 75:2304-2323, 1992.
- Cole, N. A.; Johnson, R. R.; Owens, F. N. Influence of roughage level on the site and extent of digestion of whole shelled corn by beef steers. *Journal of Animal Science*, 43:483-489, 1976.
- Coleman, G. S. Rumen entodiniomorph protozoa. In: A.E.R. Taylor and J. R. Baker (Ed.) *Methods of Cultivating Parasites In Vitro*. p 39. Academic Press, London, 1978.

- Corona, L.; Rodriguez, S.; Ware, R.A.; Zinn, R.A. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled and steam-flaked corn on digestion and growth performance in feedlot cattle. *Professional Animal Scientist*, 21:200-206, 2005.
- Correa, C. E. S.; Shaver, R.D.; Pereira, M. N.; Lauer, J. G.; Kohn, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of Dairy Science*, 85:3008-3012, 2002.
- Costa, C.; de Beni Arrigoni, M.; Silveira, A. C.; de Oliveira, H. N. Desempenho de bovinos superprecoces alimentados com silagem de milho ou feno de aveia e grãos de milho ensilados ou secos. *Acta Scientiarum*, 24:1175-1183, 2002.
- Detmann, E.; Souza, M. A.; Valadares filho, S. C.; Queiroz, A.C.; Berchielli, T.T.; Saliba, E.O.S.; Cabral, L.S.; Pina, D.S.; Ladeira, M.M.; Azevedo, J.A.G. (Eds.) Métodos para análise de alimentos. Visconde do Rio Branco: Suprema, 214p., 2012.
- Dhiman, T. R.; Zaman, M. S.; MacQueen, I. S.; Boman, R. L. Influence of Corn Processing and Frequency of Feeding on Cow Performance. *Journal of dairy science*, 85:217-226, 2002.
- Dombrink-Kurtzman, M. A.; Bietz, J. A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. *Cereal chemistry*, 70:105-105, 1993.
- Dooley, J. Method for determining glucose with o-toluidine reagent containing an arsenic compound. U.S. Patent n. 3,792,044, 1974.
- Fernandes, J. *Influência de genótipo, maturidade e tempo de armazenamento na qualidade de silagens de grãos de milho com alta umidade*. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 98 p, 2014.
- France, J.; Siddons, R. C. Determination of digesta flow by continuous marker infusion. *Journal of Theoretical Biology*, 121:105-119, 1986.

- Gonçalves, J. R. S.; Pires, A. V.; Susin, I.; Lima, L. G. D.; Mendes, C. Q.; Ferreira, E. M. Substituição do grão de milho pelo grão de milheto em dietas contendo silagem de milho ou silagem de capim-elefante na alimentação de bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39:2032-2039, 2010.
- Heinrichs, A. J.; Buckmaster, D. R.; Lammers, B. P. Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. *Journal of animal science*, 77:180-186, 1999.
- Huhtanen, P.; Brotz, P. G.; Satter, L. D. Omasal sampling technique for assessing fermentative digestion in the forestomach of dairy cows. *Journal of Animal Science*, 75:1380-1392, 1997.
- Jobim, C. C.; Nussio, L. G.; Reis, R. A.; Schmidt, P. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:101-119, 2007.
- Krause, K. M.; Oetzel, G. R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126:215-236, 2006.
- Krizsan, S. J.; Ahvenjärvi, S.; Volden, H.; Broderick, G. A. Estimation of rumen outflow in dairy cows fed grass silage-based diets by use of reticular sampling as an alternative to sampling from the omasal canal. *Journal of dairy science*, 93:1138-1147, 2010.
- Lammers, B. P.; Buckmaster, D. R.; Heinrichs, A. J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, 79:922-928, 1996.
- Marques, R. S.; Chagas, L. J.; Owens, F. N.; Santos, F. A. P. Effects of various roughage levels with whole flint corn grain on performance of finishing cattle. *Journal of Animal Science*, 94:339-348, 2016.
- Martin, C.; Williams, A. G.; Michalet-Doreau, B. Isolation and characteristics of the protozoal and bacterial fractions from bovine ruminal contents. *Journal of Animal Science*, 72:2962-2968, 1994.

- McAllister, T. A.; Phillippe, R. C.; Rode, L. M.; Cheng, K. J. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. *Journal of Animal Science*, 71:205-212, 1993.
- McAllister, T. A.; Ribeiro, G. Microbial strategies in the ruminal digestion of starch. In *Proc. 50th Annual Meeting Braz. Soc. Anim. Sci., Campinas, Brazil*, 140-151, 2013.
- McDougall, E. I. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical Journal*, 43:99, 1948.
- Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; Arrigoni, M. D. B.; Galyean, M. L.; Vasconcelos, J. T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science*, 87:3427-3439, 2009.
- Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; DiLorenzo, N.; Martins, C. L.; Marino, C. T.; Bastos, J. P. S. T.; Mariani, T. M.; Barducci, R. S.; Sarti, L. M. N.; DiCostanzo, A.; Rodrigues, P. H. M.; Arrigoni, M. D. B. Effects of feeding a spray-dried multivalent polyclonal antibody preparation on feedlot performance, feeding behavior, carcass characteristics, rumenitis, and blood gas profile of Brangus and Nellore yearling bulls. *Journal of animal science*, 93:4387-4400, 2015.
- Murphy, T. A.; Fluharty, F. L.; Loerch, S. C. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concentrate diets. *Journal of animal science*, 72:1608-1615, 1994.
- Nocek, J. E.; Tamminga, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk and composition. *Journal of Dairy Science*, 74:3598-3629, 1991.
- Nussio, C. M. B.; Santos, F. A. P.; Pires, A. V.; Simas, J. M. C.; Zopollatto, M. Fontes de amido de diferentes degradabilidades e sua substituição por polpa de citrus em dietas para vacas leiteiras. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 24:1079-1086, 2002.

- Oba, M.; Allen, M. S. Effects of Corn Grain Conservation Method on Feeding Behavior and Productivity of Lactating Dairy Cows at Two Dietary Starch Concentrations. *Journal of Dairy Science*, 86:174-183, 2003.
- Oliveira, C. A.; Millen, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. *Animal Feed Science and Technology*, 197:64-75, 2014.
- Owens, F. N.; Secrist, D. S.; Hill, W. J.; Gill, D. R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *Journal of Animal Science*, 75:868-879, 1997.
- Owens, F. N.; Zinn, R. A. Corn grain for cattle: Influence of processing on site and extent of digestion. In *Proc. Southwest Nutr. Conf* , 86-112, 2005.
- Pacheco, R. D. L.; Millen, D. D.; DiLorenzo, N.; Martins, C. L.; Marino, C. T.; Fossa, M. V.; Beier, S. L.; Diconstanzo, A.; Rodrigues, P. H. M.; Arrigoni, M. D. B. Effects of feeding a multivalent polyclonal antibody preparation on feedlot performance, carcass characteristics, rumenitis, and blood gas profile in *Bos indicus* biotype yearling bulls. *Journal of animal science*, 90:1898-1909, 2012.
- Paulino, P. V. R.; Oliveira, T. S.; Gionbeli, M. P.; Gallo, S. B. Dietas sem forragem para terminação de animais ruminantes. *Revista Científica de Produção Animal*, 15:161-172, 2014.
- Pereira, M. N.; Von Pinho, R. G.; Bruno, R. G. D. S.; Calestine, G. A. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. *Scientia agricola*, 61:358-363, 2004.
- Pinto, A.C.J.; Millen, D.D. Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. In: X Simpósio Internacional de Produção de Bovinos de Corte, Viçosa. Anais... Viçosa: DZO-UFV, 103-120, 2016.

- Philippeau, C.; Michalet-Doreau, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Animal Feed Science and Technology*, 68:25-35, 1997.
- Plaizier, J. C.; Krause, D. O.; Gozho, G. N.; McBride, B. W. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*, 176:21-31, 2008.
- Ramos, B. M. O.; Champion, M.; Poncet, C.; Mizubuti, I. Y.; Nozière, P. Effects of vitreousness and particle size of maize grain on ruminal and intestinal in sacco degradation of dry matter, starch and nitrogen. *Animal Feed Science and Technology*, 148:253-266, 2009.
- Reynal, S.M.; Broderick, G.A.; Bearzi, C. Comparison of four markers for quantifying microbial protein flow from the rumen of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88:4065-4082, 2005.
- Richards, C. J.; Branco, A. F.; Bohnert, D. W.; Huntington, G. B.; Macari, M.; Harmon, D. L. Intestinal starch disappearance increased in steers abomasally infused with starch and protein. *Journal of Animal Science*, 80:3361-3368, 2002.
- Richards, C. J., Swanson, K. C., Paton, S. J., Harmon, D. L., & Huntington, G. B. Pancreatic exocrine secretion in steers infused postruminally with casein and cornstarch. *Journal of Animal Science*, 81:1051-1056, 2003.
- Rossi, E. S.; Faria, M. V.; Mendes, M. C.; Neumann, M.; Gabriel, A.; Conte, M. V. D. Bromatological characteristics and ruminal digestibility of grain corn hybrids with different vitreousness in silage maturity. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 38:337-344, 2016.
- Rotta, P. P.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Costa e Silva, L. F.; Paulino, M. F.; Marcondes, M. I.; Lobo, A. A. G.; Villadiego, F. A. C. Digesta sampling sites and marker methods for estimation of ruminal outflow in bulls fed different proportions of corn silage or sugarcane. *Journal of animal science*, 92:2996-3006, 2014.

- Silva, S. L.; Leme, P. R.; Putrino, S. M.; Valinote, A. C. U.; Nogueira Filho, J. C. M. U.; Lanna, D. P. D. Milho grão seco ou úmido com sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos nelore em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:1426-1434, 2007.
- Theurer, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*, v.63, p.1649-1662, 1986.
- Ushida, K.; Lassalas, B.; Jouany, J. P. Determination of assay parameters for RNA analysis and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of sample treatment and preservation. *Reproduction Nutrition Développement*, 25:1037-1046, 1985.
- Valadares Filho, S. C.; Rotta, P. P.; Costa E Silva, L. F. Técnicas de coleta duodenal, abomasal, omasal e reticular na avaliação do fluxo ruminal. In: III Simpósio Internacional Avanços Em Técnicas De Pesquisa Em Nutrição De Ruminantes. 3 Ed. Pirassununga: USP, 5D Editora. 248p, 2011.
- Valente, T. N. P.; Detmann, E.; Valadares Filho, S. D. C.; Cunha, M. D.; Queiroz, A. C. D.; Sampaio, C. B. In situ estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:666-675, 2011a.
- Van Soest, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p, 1994.
- Vieira, A. R. *Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas contendo sorgo em grão seco ou reidratado e ensilado para novilhos nelore confinados*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 72p, 2011.
- Yu, P.; Huber, J. T.; Santos, F. A. P.; Simas, J. M.; Theurer, C. B. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 81:777-783, 1998.
- Zeoula, L.M.; Caldas Neto, S.F. Recentes avanços em amido na nutrição de vacas leiteiras.

In: Simpósio Internacional em Bovinocultura de Leite: Novos Conceitos Em Nutrição, 2., 2001. Lavras, Anais... Lavras: UFLA, p.199-228, 2001.

Zinn, R. A. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *Journal of animal science*, 68:767-775, 1990a.

Zinn, R. A.; Owens, F. N.; Ware, R. A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 80:1145-1156, 2002.

Capítulo 2

Características ruminais e fecais de bovinos alimentados com dietas contendo grão de milho em diferentes granulometrias ou sorgo moído

Resumo: Objetivou-se verificar o efeito do processamento do milho sobre o pH, concentrações de nitrogênio amoniacal (NAR) e de ácidos graxos voláteis (AGV); e avaliar as perdas de amido nas fezes em bovinos. Foram utilizados cinco bovinos machos não castrados da raça Nelore, fistulados no rúmen e no íleo, com peso médio inicial de $348 \pm 39,3$ kg e idade média de 20 ± 1 meses, distribuídos em delineamento experimental quadrado latino 5×5 , sendo cinco dietas e cinco períodos. As dietas experimentais foram: 85% de grão de milho inteiro e 15% de pellet (MI); as demais dietas foram compostas de 30% de silagem de milho, 10% de proteínado e 60% de milho quebrado (MQ); ou moído com peneira grossa (MG); ou moído com peneira fina (MF) ou sorgo moído com peneira fina (SF). Cada período teve duração de 21 dias, sendo 15 para adaptação e 6 dias de coleta. Do 16º ao 18º dia foi mensurado o pH ruminal, utilizando-se um bolus inserido no rúmen dos animais, via fístula. Do 19º ao 21º dia, foram realizadas oito coletas de digesta ruminal, omasal, ileal e fezes *spot* com intervalo de 9 horas, sendo o pH imediatamente mensurado. Para os dados de pH ruminal, realizou-se a média pelo método de quadrados mínimos por intermédio do procedimento MIXED do SAS, estimando a área abrangida e obtendo-se o tempo e intensidade que o pH ruminal situou-se abaixo do patamar mínimo requerido para a atividade adequada dos microrganismos ruminais. Os demais dados foram analisados, utilizando o PROC MIXED do SAS. O consumo (kg/dia) de amido foi menor ($P < 0,05$) para a dieta de MI e não diferiu ($P > 0,05$) entre as demais dietas. Não houve efeito ($P > 0,05$) da granulometria sobre as concentrações de NAR (mg/dL) e AGV (mmol/dL), porém a granulometria alterou as proporções molares de AGV. A relação acetato:propionato foi reduzida, quando o milho é fornecido inteiro ou quando os cereais são mais intensamente processados, promovendo redução do pH ruminal, porém, não alterou significativamente o teor de amido fecal nas dietas que houve processamento dos cereais. Conclui-se que a granulometria da dieta altera o pH ruminal, sendo menor à medida em que ocorre maior processamento dos grãos. No entanto, apesar da incidência de acidose subaguda não ocorre comprometimento do aproveitamento do amido.

Palavras-chave: amido fecal, Nelore, pH

Ruminal and fecal characteristics of bulls fed diets containing corn in different grain sizes or finely ground sorghum

Abstract: An experiment was developed aiming (1) to verify the effect of corn processing on pH, rumen ammonia nitrogen concentrations (RAN) and volatile fatty acids (VFA); (2) and to evaluate starch losses in feces of Nellore bulls. Five Nellore young bulls, fitted in the rumen and ileum, weighing, on average, 348 ± 39.3 kg and age of 20 ± 1 months were used. The animals were distributed in a 5×5 Latin square design, with five diets and five periods. The experimental diets were: 85% whole corn grain and 15% pellet (WC), while the other diets were composed of 30% corn silage, 10% protein supplement and 60% cracked corn (CC); or largely ground corn (CGC); or finely ground corn (FGC) or finely ground sorghum (FGS). Each period lasted 21 days, being 15 days for acclimation and 6 days for data collection. From the 16th to 18th days, total fecal collection was performed and ruminal pH was measured using a bolus inserted to ruminal fistula. From the 19th to 21th day, eight samples of ruminal, omasal, and ileal digesta were performed in a 9-h interval as well as spot samples of feces and the pH was immediately measured. The data of ruminal pH, the minimum square method was performed using the MIXED SAS procedure, estimating the area covered below the line represented by the time and intensity at which the ruminal pH was below the required minimum level for proper ruminal microorganism activity. The other data were analyzed, using the MIXED procedure of SAS. There was no effect ($P > 0.05$) of the corn processing on the RAN (mg/dL) and VFA (mmol/dL) concentrations, but corn size altered molar VFA proportions. The acetate:propionate ratio was reduced when corn was supplied when corn was provided as whole or when cereals were finely processed causing reduction on ruminal pH, which did not significantly alter the fecal starch content in the diets with more processed cereals. Therefore, we concluded that corn processing changes ruminal pH, being smaller with greater corn processing. However, smaller grain size results in larger total and rumen starch digestion and greater microbial crude protein synthesis. However, despite the incidence of subacute acidosis, did not compromise in the use of starch.

Keywords: Fecal starch, Nellore, pH

Introdução

A adaptação de animais confinados às dietas com elevada quantidade de concentrado promove mudanças na população de microrganismos, sendo estes mecanismos necessários para manter adequado os parâmetros ruminais, de forma a evitar o aparecimento de distúrbios metabólicos e proporcionar adequada síntese de proteína microbiana, digestibilidade e aproveitamento dos nutrientes.

Quando dietas com elevada quantidade de carboidratos solúveis são fornecidas aos animais, geralmente ocorre aumento na produção de ácidos graxos voláteis (AGV). Contudo, se a taxa de produção excede a taxa de remoção, ocorre acúmulo dos mesmos no ambiente ruminal, redução do pH da digesta e consequentemente o aparecimento da acidose, que pode ser de natureza aguda ou subaguda. Uma depressão do pH no rúmen abaixo de pH 5,2 é considerado acidose ruminal aguda (Krause et al., 2006; Plaizier et al., 2008). Para o diagnóstico da acidose subaguda são utilizados diferentes limiares de pH no rúmen, variando de 5,5 a 6,0 (Krause et al., 2006; Penner et al., 2006; Plaizier et al., 2008).

Outro ponto a ser considerado para um desempenho animal satisfatório é o suprimento de NAR, que é provido pela degradação da proteína dietética e pelos eventos de reciclagem de nitrogênio na forma de ureia via saliva e epitélio ruminal (Van Soest, 1994). A deficiência de amônia ruminal pode reduzir o consumo, em virtude da menor atividade fermentativa no rúmen (Ørskov, 1988), visto que, tanto as bactérias amilolíticas quanto as fibrolíticas utilizam amônia como fonte de nitrogênio (Russell et al., 1992; Tedeschi et al., 2000).

Algumas características fecais podem auxiliar na compreensão do processo digestivo e ajudar a identificar possíveis modificações para uma maior eficiência do processo produtivo. Segundo Zinn et al. (2002) e Owens et al. (2005), o aproveitamento do amido pode ser estimado através da quantificação do amido nas fezes. Ainda, de acordo com Galyean et al. (1979), o acréscimo do amido fecal pode resultar em decréscimo no pH fecal devido ao aumento da fermentação microbiana no intestino grosso do amido que não sofreu digestão no rúmen e no intestino delgado, assim, verifica-se que o pH fecal pode ser um indicador simples da digestibilidade do amido.

Considerando dietas contendo milho inteiro ou em diferentes granulometrias e sorgo moído fino, a hipótese seria que há menor oscilação do pH ruminal quanto maior

a granulometria da dieta e menor perda de amido nas fezes quanto menor a granulometria da dieta.

Assim, conduziu-se a presente pesquisa com o objetivo de avaliar o efeito do milho em diferentes granulometrias e do grão de sorgo finamente moído sobre o pH ruminal, as concentrações de nitrogênio amoniacal e de ácidos graxos voláteis, assim como avaliar a perda de amido nas fezes de bovinos Nelore machos não castrados.

Material e Métodos

O presente estudo foi realizado com aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP/UFV), protocolo nº 18/2015.

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia/DZO da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG.

Animais, delineamento experimental e instalações

Foram utilizados cinco bovinos machos não castrados da raça Nelore, com peso médio inicial de $348 \pm 39,3$ kg e idade média de 20 ± 1 meses, fistulados no rúmen e no íleo.

O experimento foi realizado em quadrado latino 5×5 , sendo cinco dietas experimentais e cinco períodos. A duração total do experimento foi de 105 dias, divididos em cinco períodos de 21 dias cada, sendo 15 dias de adaptação e 6 dias de coleta.

Antes de iniciar o período experimental, os animais foram submetidos a um período de adaptação de 30 dias ao local do experimento e ao manejo, onde permaneceram confinados em baias individuais, providas de piso, comedouro e bebedouro de concreto, com área total de 30 m² cobertos e receberam diariamente uma dieta com 60% de silagem de milho e 40% de concentrado, com base na matéria seca (MS), com 12% de proteína bruta (PB), neste mesmo período, os animais foram tratados contra ecto e endoparasitas.

Dietas experimentais

Foram usadas cinco dietas, utilizando-se o milho inteiro, três tipos de granulometria de milho e o sorgo finamente moído. As dietas testadas foram:

MI – Dieta sem volumoso, com 850 g/kg de milho grão inteiro;

MQ – Dieta com 600 g/kg de milho quebrado, sendo o tamanho médio de partícula (TMP) de 2,36 mm;

MG – Dieta com 600 g/kg de milho moído grosso, TMP de 1,51 mm;

MF – Dieta com 600 g/kg de milho moído fino, TMP de 0,90 mm;

SF – Dieta com 600 g/kg de sorgo moído fino, TMP de 0,89 mm.

Na dieta de MI foi utilizado 150 g/kg de pellet comercial (Ideal Beef Grão inteiro). Nas dietas de MQ, MG, MF e SF foram utilizados 300 g/kg de silagem de milho e 100 g/kg de um suplemento proteico na base da matéria seca. A composição química dos alimentos utilizados nas dietas experimentais está apresentada na Tabela 1.

As dietas experimentais foram isoprotéicas (± 125 g/kg de proteína bruta) e formuladas de acordo com Valadares Filho et al. (2010). A proporção dos ingredientes e composição do suplemento proteico e das dietas encontra-se na Tabela 2.

Tabela 1 - Composição química dos alimentos utilizados nas dietas experimentais

Alimentos	MS ¹	MO ²	PB ³	EE ⁴	FDNcp ⁵	CNF ⁶	FDNi ⁷	Amido
	%							
Silagem de milho	29,56	92,54	6,70	3,02	52,69	30,12	17,04	22,43
Milho	87,72	98,83	8,31	3,90	12,48	74,50	1,89	76,17
Sorgo	87,98	98,16	9,27	3,56	9,78	73,79	2,07	73,08
Farelo de soja	89,23	92,86	48,91	1,48	11,13	31,34	1,08	11,13
Pellet	89,42	84,62	20,65	1,68	14,01	48,28	5,99	23,14
Ureia	99,18	99,12	278,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfato de amônio	98,45	98,59	128,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal comum	99,61	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato de sódio	99,00	13,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Óxido de magnésio	99,63	3,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

¹Matéria seca, ²Matéria orgânica, ³Proteína bruta, ⁴Extrato etéreo, ⁵Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, ⁶Carboidratos não fibrosos, ⁷Fibra em detergente neutro indigestível

O procedimento utilizado para a obtenção do milho em diferentes granulometrias foi a trituração em moinho de martelos (Modelo: DMP-2; Nogueiras; São João da Boa Vista - SP - Brasil), o qual foi utilizado sem peneira para a obtenção do

milho apenas quebrado; com peneira de 5 mm para obter o milho moído grosso e com peneira de 3 mm para obter o milho moído fino ou sorgo moído fino.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes no suplemento proteico e nas dietas experimentais (g/kg de MS) e composição do suplemento proteico e das dietas na base da matéria seca

Itens	Suplemento proteico	Dietas				
		MI	MQ	MG	MF	SF
		g/Kg de MS				
Silagem de milho	-	-	300,00	300,00	300,00	300,00
Milho	-	850,00	600,00	600,00	600,00	-
Sorgo	-	-	-	-	-	600,00
Pellet	-	150,00	-	-	-	-
Farelo de soja	650,00	-	65,00	65,00	65,00	65,00
Ureia	88,89	-	8,89	8,89	8,89	8,89
Sulfato de amônio	11,11	-	1,11	1,11	1,11	1,11
Sal comum	100,00	-	10,00	10,00	10,00	10,00
Bicarbonato de sódio	112,50	-	11,25	11,25	11,25	11,25
Óxido de magnésio	37,50	-	3,75	3,75	3,75	3,75
Composição química (g/Kg de MS)						
MO ¹	720,91	966,96	942,67	942,67	942,67	938,64
PB ²	580,00	101,57	127,94	127,94	127,94	133,72
EE ³	9,59	35,70	33,45	33,45	33,45	31,41
FDNcp ⁴	72,35	127,11	240,20	240,20	240,20	224,00
CNF ⁵	203,73	705,66	557,73	557,73	557,73	553,45
FDNi ⁶	7,02	25,05	63,17	63,17	63,17	64,26
Amido	72,35	682,19	531,58	531,58	531,58	513,02

¹Matéria orgânica, ²Proteína bruta, ³ Extrato etéreo, ⁴Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, ⁵Carboidratos não fibrosos, ⁶Fibra em detergente neutro indigestível

Devido à elevada diferença no tamanho das partículas dos ingredientes que compuseram a dieta, para a estimativa do tamanho médio de partículas (TMP) dos mesmos, foi necessário utilizar dois conjuntos de peneiras, sendo Penn State Tradicional (abertura das malhas 19,00; 8,00; 1,18 e fundo) e as peneiras da ABNT (abertura das malhas: 4,76; 3,36; 2,38; 1,19; 0,71; 0,35 e fundo). Assim, para a silagem de milho, o pellet e o grão de milho inteiro foram utilizadas as peneiras do Penn State Tradicional e os cálculos para obter o TMP foram realizados de acordo com procedimentos adaptados de Heinrichs et al. (1999) e Lammers et al. (1996), conforme descritos por Jobim et al. (2007). Já para as formas físicas do milho quebrado, moído grosso, moído fino ou sorgo moído fino, utilizaram-se as peneiras da ABNT, as quais foram acopladas a um agitador

e o TMP foi estimado através de adaptações da técnica de peneiras descrita por Yu et al. (1998), tais procedimentos estão descritos detalhadamente no capítulo 1.

Período experimental

Os animais foram submetidos a uma adaptação à dieta experimental por 15 dias com gradual aumento da quantidade de milho ou sorgo e do suplemento proteico na dieta. O aumento gradual consistiu em fornecer metade da quantidade necessária de milho ou sorgo e do suplemento proteico na primeira semana e no fornecimento total da dieta na segunda semana de adaptação, exceto para a dieta sem volumoso, nesta, foi necessário utilizar inicialmente silagem de milho para estimular o consumo pelos animais, assim, foi fornecida metade da quantidade necessária do grão inteiro e do pellet nos dois primeiros dias de adaptação, 75% nos dois dias seguintes e fornecimento total nos últimos 11 dias de adaptação.

A silagem de milho foi coletada no silo tipo trincheira uma hora antes do fornecimento aos animais. A silagem de milho teve o teor de matéria seca avaliado semanalmente para ajuste da quantidade de milho ou sorgo e suplemento proteico a ser fornecido aos animais.

Metade da dieta foi fornecida a cada animal às 7h00 e o restante às 15h00. As quantidades de volumoso, milho ou sorgo e suplemento proteico fornecidos, bem como as sobras, foram registradas diariamente. A dieta fornecida aos animais foi ajustada para manter as sobras em torno de 50 a 100 g/kg de material ofertado e a água permaneceu sempre à disposição dos mesmos.

Amostragens dos alimentos e das sobras

Os ingredientes que compuseram o suplemento proteico foram amostrados diretamente dos silos da fábrica de ração nos dias das misturas dos mesmos. O milho e sorgo foram amostrados em todos os períodos do experimento.

O volumoso e as sobras de cada animal foram amostrados do 16º ao 21º dia de cada período experimental, sendo que as sobras foram amostradas em torno de 100 g/kg do total e posteriormente acondicionadas em freezer (-20°C). Uma amostra composta de silagem de milho e amostras compostas de sobras, do 16º ao 21º dia por período, de

cada animal, foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada (55°C) e processadas em moinho de facas (1 e 2 mm).

Coleta total de fezes

Os animais foram submetidos à coleta total de fezes durante três dias consecutivos, iniciando-se no 16º dia de cada período experimental. As fezes foram coletadas diretamente no piso de concreto e colocadas em baldes previamente pesados e com tampa. Ao final de 24 horas de coleta, os baldes contendo as fezes foram pesados, em seguida as mesmas foram homogeneizadas e amostradas (100 g/kg).

Uma amostra por dia de coleta foi seca em estufa com ventilação forçada (55°C). Após a secagem, as amostras foram trituradas em moinho de facas com peneira contendo crivos de 1 e 2 mm. Em seguida, foi feita uma amostra composta proporcional de fezes por animal.

Uma segunda amostra foi liofilizada para possibilitar a análise pela microscopia eletrônica de varredura (MEV). Para esta, uma pequena quantidade de fezes foi fixada em suportes metálicos e cobertas com uma fina camada de ouro em metalizador (FDU 010, Bal-Tec, Balzers, Liechtenstein). A captura de imagens foi realizada por um microscópio eletrônico de varredura com câmera digital acoplada (Zeiss, LEO1430 VP), localizado no Núcleo de microscopia e Microanálise da Universidade Federal de Viçosa, sendo então avaliados os aumentos de 250, 500, 1000 e 2000 X.

Uma terceira amostra foi separada para estimar o TMP das fezes, estas foram resfriadas e em seguida procedeu-se à realização do mesmo método descrito para a estimação do TMP do milho em diferentes granulometrias e sorgo moído fino. Antes do início do peneiramento foi realizada uma composta das fezes resfriadas, de forma a obter uma amostra por animal e por período de coleta sendo esta amostra posteriormente dissolvida com água para facilitar a passagem pelas peneiras.

Avaliação do pH ruminal

Nos mesmos dias da coleta total de fezes, ou seja, durante 72 horas, foi mensurado o pH ruminal utilizando-se um bolus (WellCowTM) inserido no rúmen do animal, via fístula. O bolus foi programado para realizar as leituras em intervalos pré-estabelecidos (de 15 em 15 minutos).

Procedimentos para amostragens

Do 19º ao 21º dia do período experimental, foram realizadas oito coletas de digesta ruminal, omasal, ileal e de fezes *spot* com intervalo de 9 horas, totalizando três dias de coletas por período experimental. Os horários de coleta foram 08h00, 17h00, 2h00, 11h00, 20h00, 5h00, 14h00, 23h00. Nas amostras de omaso, íleo e fezes *spot*, imediatamente após as coletas, foi mensurado o pH utilizando medidor de bancada microprocessado da marca Tecnal, modelo TEC-11.

Em todos os horários de coleta, nas amostras de digesta ruminal foi separada uma alíquota de 40 mL de líquido ruminal, a qual foi fixada com 1 mL de H₂SO₄ (1:1) e congelada (-20°C) para posterior análise da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR). Para estimar a concentração de ácidos graxos voláteis (AGV), nos horários de coleta 08h00, 11h00 e 14h00, representando estes os tempos 0, 3h00 e 6h00 após a alimentação, respectivamente, foi usada uma segunda alíquota de 8 mL de líquido ruminal, a qual foi fixada com 1 mL de solução de ácido metafosfórico (250 g/L) e mantida a -20°C.

Para a coleta de digesta omasal foi utilizada a técnica de Huhtanen et al. (1997). A coleta da digesta omasal foi realizada introduzindo-se no rúmen a extremidade de um tubo coletor, conduzindo-o em direção ao orifício retículo-omasal, até que a parte inicial ultrapassasse o referido orifício, onde foi mantido seguro manualmente durante o período da coleta. A outra extremidade do tubo coletor foi adaptada em uma das aberturas do kitassato e a mangueira da bomba a vácuo, na outra abertura do mesmo. No momento da coleta, a bomba a vácuo foi acionada, e por sucção, a digesta seguiu pela mangueira até o kitassato.

A coleta de digesta ileal foi realizada nos mesmos horários da coleta de digesta omasal. Para esta acoplou-se um saco plástico à fístula e a digesta fluiu naturalmente.

As leituras de pH foram feitas nas digestas integras de omaso e íleo.

Análises laboratoriais

As amostras de fezes da coleta total foram avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS) segundo método INCT - CA G-003/1, segundo método INCT - CA

N-001/1 (Detmann et al., 2012) e o amido foi estimado segundo adaptações do método descrito por Zinn et al. (1990a) descrito detalhadamente no capítulo 1.

A concentração de NAR foi quantificada pela técnica colorimétrica proposta por Chaney et al. (1962). As amostras de líquido ruminal relativas à avaliação da concentração de AGV, depois de descongeladas, foram avaliadas por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC; cromatógrafo Shimadzu, modelo SPD-10A VP), utilizando-se coluna de fase reversa (fase móvel de ácido ortofosfórico em água, 10 mL/L) e detector ultra-violeta em comprimento de onda de 210 nm.

Análises estatísticas

Os dados referentes ao consumo de amido e amido fecal foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.4) em que as diferentes granulometrias representaram o efeito fixo do modelo, enquanto que animal e período representaram os efeitos aleatórios, segundo o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + a_j + p_k + e_{ijk}$$

em que: μ = constante geral; D_i = efeito da dieta i (fixo); a_j = efeito do animal j (aleatório); p_k = efeito do período experimental k (aleatório); e_{ijk} = efeito aleatório residual entre parcelas.

As médias foram comparadas utilizando-se a diferença mínima significativa (DMS) de Fisher, adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Para os dados referentes ao pH ruminal, os resultados foram avaliados pelo modelo descrito anteriormente, considerando-se os diferentes tempos de mensuração como medidas repetidas por intermédio do procedimento MIXED do SAS (versão 9.4). A partir das informações obtidas na análise de variância, estimaram-se as médias de quadrados mínimos para cada tratamento em cada tempo de avaliação. Os valores foram plotados em gráficos de dispersão por tratamento e os gráficos foram avaliados por integração numérica no tocante à área total ($\text{pH} \times h$) localizada abaixo ou acima de patamares teóricos (Detmann et al., 2007) para interpretação do efeito total dos tratamentos ao longo do nictêmero representado por período de 24 horas. Os referenciais para esta avaliação foram: área total abrangida abaixo de pH 5,2, o que representaria quadro de acidose aguda (Krause et al., 2006; Plaizier et al., 2008); área

total abrangida abaixo de pH 5,8 para cada tratamento, o que compreenderia quadro total de acidose aguda e sub-aguda (Krause et al., 2006; Plaizier et al., 2008); e área total abrangida com pH acima de 5,8, o que corresponderia as condições adequadas de funcionamento ruminal. Estes dados foram comparados descritivamente.

O tempo, em minutos por dia, foi estimado considerando os mesmos intervalos utilizados para detectar indícios de acidose aguda ou subaguda.

Resultados e Discussão

Nitrogênio amoniacal ruminal e ácidos graxos voláteis

Não houve efeito ($P>0,05$) da granulometria sobre as concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR, mg/dL) e ácidos graxos voláteis (AGV, mmol/dL) (Tabela 3).

O suprimento de NAR é provido pela degradação da proteína dietética e pelos eventos de reciclagem de nitrogênio na forma de ureia via saliva e epitélio ruminal (Van Soest, 1994), sendo que, a reciclagem de nitrogênio é assumida como significativa somente quando o consumo de nitrogênio for baixo (Huntington et al., 2000), o que possibilita atender as exigências microbianas, quando as exigências do hospedeiro são baixas (Van Soest, 1994). O nitrogênio reciclado tem potencial para contribuir significativamente para o suprimento de nitrogênio no rúmen (Wickersham et al., 2004; NRBC, 2016).

Não houve efeito ($P>0,05$) da granulometria e tipo cereal quanto às proporções molares de butirato.

O fornecimento do grão de milho inteiro reduziu ($P<0,05$) as proporções molares de acetato, isobutirato e isovalerato e ampliou ($P<0,05$) as proporções molares de propionato e valerato quando comparado às demais dietas. Como consequência, verificou-se menor ($P<0,05$) relação acetato:propionato com o fornecimento do grão de milho inteiro. Quanto aos demais processamentos, não houve diferença ($P>0,05$) na relação acetato:propionato, independente da granulometria ou tipo de cereal, milho ou sorgo. Fontes de amido de alta degradação ruminal geraram maior produção de propionato e AGVs em geral, sendo que os AGVs são a maior fonte de energia para os

ruminantes, podendo representar até 80% dos requerimentos energéticos diários dos animais (Van Soest, 1994). Além disto, vale ressaltar, que a ausência de forragem na dieta de grão inteiro também pode ter grande influência sobre a relação acetato:propionato, visto que, o volumoso é um dos maiores responsáveis por aumentar a proporção molar de acetato. Em dietas à base de forragem, a proporção de AGV seria de aproximadamente 65-70% de acetato, 15- 25% de propionato e 5-10% de butirato (Van Soest, 1994).

Tabela 3 - Concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR, mg/dL), ácidos graxos voláteis (AGV, mmol/dL), proporção molar de acetato, propionato, butirato, isobutirato, valerato, isovalerato (mmol/100mmol) e relação acetato:propionato (A:P) em função dos diferentes tratamentos

Itens	Dietas ¹					EPM	Valor-P
	MI	MQ	MG	MF	SF		
NAR	12,19	11,85	14,14	13,35	10,60	1,85	0,116
AGV	6,77	6,09	7,01	7,30	7,19	0,55	0,349
Acetato	46,60 ^b	71,49 ^a	72,12 ^a	71,20 ^a	70,28 ^a	1,16	<0,001
Propionato	41,97 ^a	13,84 ^b	14,14 ^b	15,33 ^b	15,41 ^b	1,31	<0,001
Butirato	5,54	8,60	8,29	7,70	8,80	0,66	0,071
Isobutirato	0,30 ^b	1,08 ^a	0,99 ^a	0,86 ^a	0,80 ^a	0,16	0,025
Valerato	5,21 ^a	1,94 ^b	1,87 ^b	2,12 ^b	2,02 ^b	0,35	0,013
Isovalerato	1,12 ^b	2,86 ^a	2,65 ^a	2,74 ^a	2,63 ^a	0,35	0,028
A:P	1,17 ^b	5,23 ^a	5,05 ^a	4,43 ^a	4,72 ^a	0,29	0,004

¹MI = grão de milho inteiro, MQ = grão de milho quebrado, MG = grão de milho moído grosso, MF = grão de milho moído fino, SF = grão de sorgo moído fino.

O processamento de grão de cereais tem sido reportado como o responsável pelo aumento no desempenho animal (Galyean et al., 1979; Zinn et al., 2002). Entretanto, segundo Shaver (2005), aumentos na degradabilidade ruminal do amido de cereais, devido a maior intensidade de processamento, podem proporcionar excessiva produção de ácidos graxos no rúmen, reduzindo o pH, assim, poderá ocorrer desempenhos similares entre animais alimentados com dietas com diferentes níveis de processamento de grãos.

pH ruminal

Apenas na dieta em que o milho foi fornecido inteiro, verificou-se pH ruminal abaixo de 5,2, durante todo o dia, o que indica elevada incidência de acidose aguda (Krause et al., 2006; Plaizier et al., 2008). Para as dietas em que o milho foi fornecido moído grosso ou fino e para a dieta à base de sorgo moído fino, o pH manteve-se abaixo de 5,8 a maior parte do dia, indicando a presença de acidose subaguda (Krause et al., 2006; Penner et al., 2006; Plaizier et al., 2008). Apenas para a dieta de milho quebrado, obteve-se pH ruminal ao longo de todo o dia acima de 5,8. Para as dietas de milho moído grosso, milho moído fino e sorgo moído fino é possível verificar que estas se mantiveram acima de 5,8 durante alguns intervalos do dia (Tabela 5; Figura 1; Figura 2).

Tabela 5 – Valores médios de tempo de pH ruminal e área sob a curva de pH em dietas com diferentes granulometrias de milho e sorgo moído fino

Itens	Dietas ¹				
	MI	MQ	MG	MF	SF
$\Delta pH \times H$					
Abaixo de 5,2	16,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Abaixo de 5,8	30,55	0,00	2,33	3,27	3,79
Acima de 5,8	0,00	11,06	0,61	0,13	0,35
Tempo (minutos/dia)					
Abaixo de 5,2	1440	0,00	0,00	0,00	0,00
Abaixo de 5,8	1440	0,00	1035	1290	1170
Acima de 5,8	0,00	1440	405	150	270

¹MI = grão de milho inteiro, MQ = grão de milho quebrado, MG = grão de milho moído grosso, MF = grão de milho moído fino, SF = grão de sorgo moído fino.

Segundo Elam (1976), animais com acidose subaguda ajustam o consumo, diminuindo a ingestão de matéria seca, a fim de estabilizar o ambiente ruminal. Para a maioria dos microrganismos, o valor ótimo de pH varia entre 6 e 7, com atividade máxima no pH próximo de 6,5 (Coelho da Silva e Leão, 1979). Grant et al. (1992) sugeriram o valor de 6,2 como ideal para o crescimento microbiano, sendo que, de modo geral, quando o pH é mantido abaixo de 6,0, ocorre redução da síntese de proteína microbiana e da digestibilidade da fibra (Hoover, 1986).

No entanto, de acordo com Pina et al. (2010), por haver pouca fibra presente em dietas com altos teores de concentrado e, sendo a forragem frequentemente processada,

a retenção ruminal seletiva pode prolongar o tempo de permanência ruminal da fibra para a sua digestão nesse compartimento.

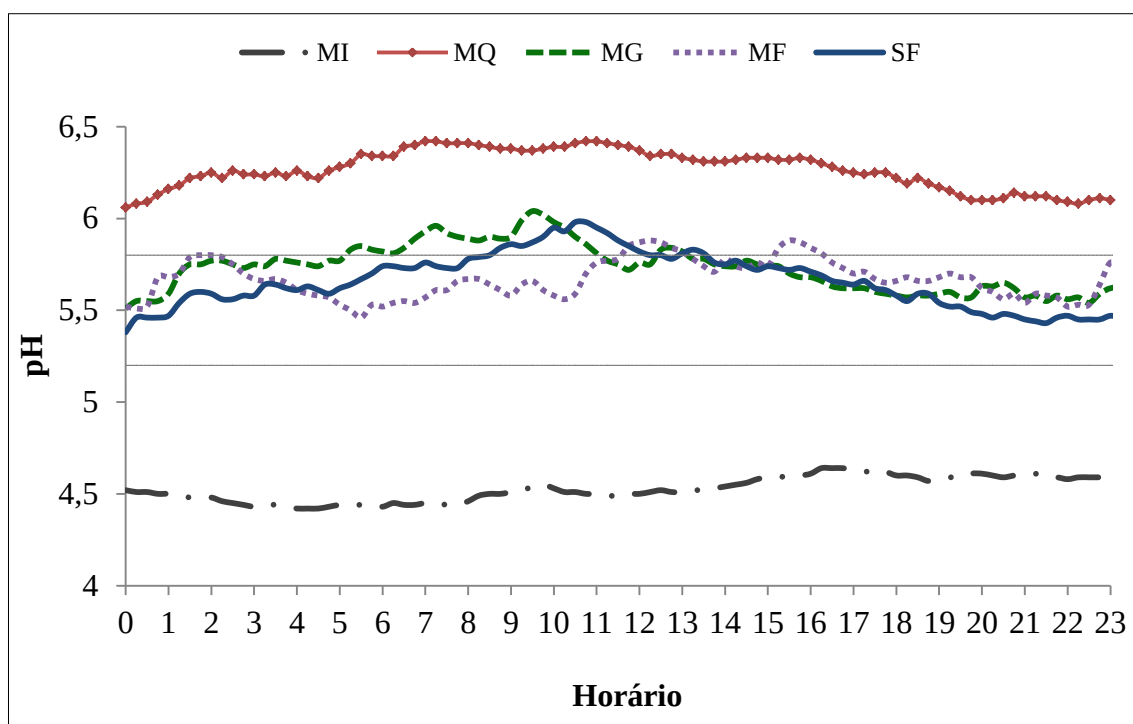


Figura 1. Variação do pH ruminal ao longo do dia em dietas à base de milho em diferentes granulometrias e sorgo finamente moído.

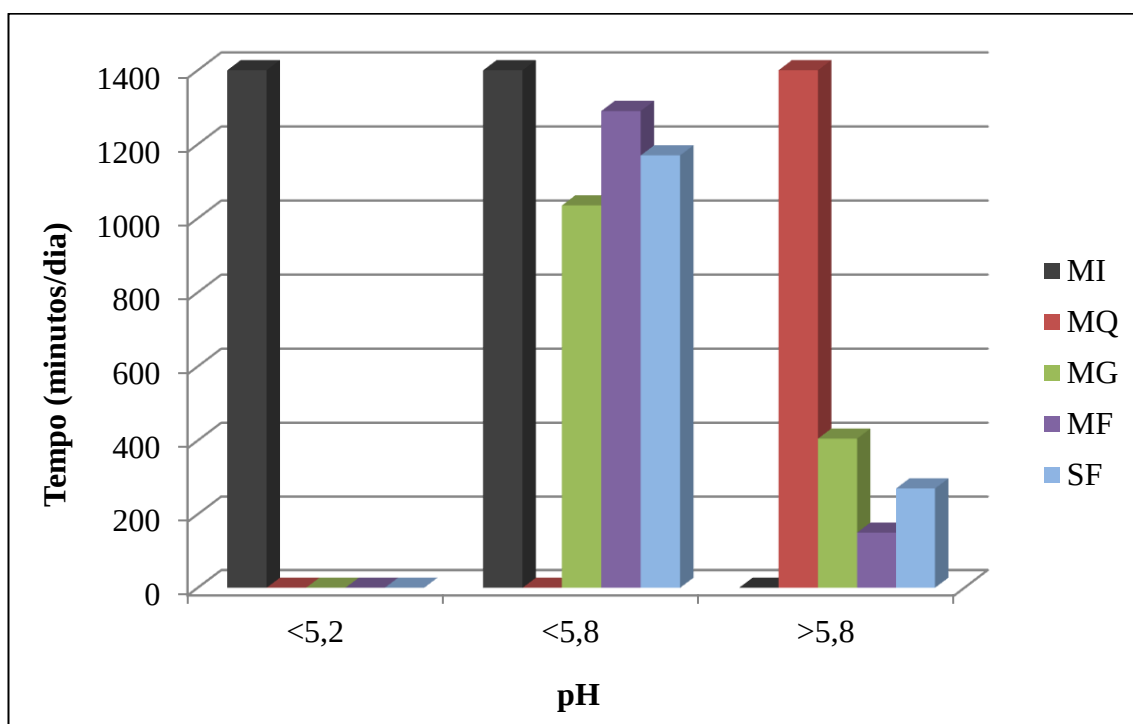


Figura 2. Tempo diário de pH ruminal em dietas com diferentes granulometrias de milho e sorgo moído fino.

Perda de amido nas fezes e avaliação do pH fecal

Os consumos de amido, expressos em kg/dia ou em g/kg de PC, foram menores ($P<0,05$) para a dieta contendo milho inteiro e não diferiram ($P>0,05$) entre as demais dietas (Tabela 6).

O pH da digesta omasal foi menor ($P<0,05$) para a dieta de MI e não diferiu ($P>0,05$) entre as demais dietas.

Segundo alguns autores (Tamminga et al., 1988; Peters et al., 1990; Daniel et al., 2006), os AGVs produzidos no rúmen são absorvidos pela parede do órgão e o restante passa para o omaso juntamente com a fase fluída ruminal, o que por sua vez, pode ter influenciado os valores de pH omasal. Liu et al. (2014), trabalhando com caprinos, encontraram pH omasal de $5,43\pm0,07$ para dieta com 65% de grãos e de $6,26\pm0,1$ para dieta à base de feno (0% de grãos). Porém, Salvio et al. (2001) obtiveram pH de 5,3 para bovinos consumindo dieta à base de volumoso e submetidos a jejum de 12 horas. Assim, verifica-se que mais estudos são necessários para relacionar a influencia das dietas na produção e absorção de AGVs e sobre o pH ruminal e omasal no aproveitamento dos nutrientes pelos animais.

Tabela 6 - Efeito do consumo e excreção de amido sobre o pH fecal e nos diferentes locais de coleta

Itens	Dietas ¹					EPM	Valor-P
	MI	MQ	MG	MF	SF		
Consumo de amido							
kg/dia	2,34 ^b	3,93 ^a	3,76 ^a	3,96 ^a	4,20 ^a	0,33	0,017
g/kg PC	6,55 ^b	10,55 ^a	9,93 ^a	9,71 ^a	10,67 ^a	0,80	0,029
pH							
Omasal	5,89 ^b	6,81 ^a	6,70 ^a	6,58 ^a	6,73 ^a	0,06	0,004
Ileal	7,56	7,21	7,04	7,22	7,18	0,10	0,119
Fecal	6,70 ^a	5,60 ^b	5,67 ^b	5,69 ^b	5,57 ^b	0,09	<0,001
Amido fecal							
%	17,80 ^b	31,41 ^a	29,99 ^a	28,14 ^a	30,71 ^a	0,89	0,002

¹MI = grão de milho inteiro, MQ = grão de milho quebrado, MG = grão de milho moído grosso, MF = grão de milho moído fino, SF = grão de sorgo moído fino.

Não houve efeito ($P < 0,05$) no pH da digesta ileal. As secreções do intestino delgado tem um pH ligeiramente alcalino na faixa de 7,5 a 8,0 (Guyton et al., 2006), o que justifica o pH próximo a neutralidade neste compartimento.

O pH fecal foi maior ($P < 0,05$) para a dieta de milho inteiro e não diferiu ($P > 0,05$) entre as demais ($P > 0,05$), o que condiz com o teor de amido fecal, que foi menor ($P < 0,05$) para a dieta de milho inteiro e não diferiu ($P > 0,05$) entre as demais.

Observa-se que houve redução de aproximadamente 10 e 6% do amido fecal, quando se compara o milho moído fino em relação ao milho moído grosso ou quebrado. Assim espera-se que quanto maior for o teor de amido nas fezes menor será o pH das mesmas, indicando que, o grau de processamento do grão pode influenciar o pH fecal (Xiong et al., 1991), podendo ser um indicador simples da digestibilidade do amido (Channon et al., 2004). Depenbusch et al. (2008), trabalhando com novilhas, observaram que a dieta com maior amido fecal promoveu um menor pH.

Silva et al. (2012) encontraram 28,46% de amido fecal para dieta contendo 75% de milho inteiro em animais Nelore, valor esse que não diferiu dos encontrados em dietas tradicionais à base de sorgo moído (54 ou 44% de grãos na base da MS). Marques et al. (2016), trabalhando com animais Nelore, encontraram 32,28% de amido fecal em dietas de grão inteiro. No presente estudo, foi verificado menor teor de amido fecal para a dieta de milho inteiro, possivelmente devido ao baixo consumo de matéria seca.

Caetano et al. (2015), trabalhando com Nelore e milho tipo Flint, encontraram valor médio de 13,3% de amido fecal para dietas com diferentes proporções (aproximadamente 50% de amido na dieta total) de milho finamente moído, o que difere dos resultados encontrados no presente estudo.

Diante do exposto, verifica-se a necessidade de mais estudos em condições brasileiras, com a utilização do milho tipo Flint. Além disto, torna-se de grande importância a padronização do método para análises de amido, visto que, várias técnicas são utilizadas, o que dificulta a comparação dos resultados.

Tamanho médio de partículas fecal (TMP)

As informações sobre a granulometria dos alimentos e das fezes possibilitam fazer inferências sobre a fermentação ruminal (Malafaia, 2014). O TMP dos grãos constituintes das dietas experimentais assim como das fezes reduziu numericamente à

medida que intensificou-se a moagem dos grãos. No entanto, observa-se que o TMP das fezes foi maior do que o TMP dos grãos nas respectivas dietas, possivelmente devido a presença de outros ingredientes na alimentação, como por exemplo, a silagem de milho (Tabela 7).

Tabela 7 - Tamanho médio de partículas dos principais alimentos das dietas e das fezes
Tamanho dos furos das peneiras (mm)

Itens	19,00	8,00	1,18	PRP ¹	4,76	3,36	2,38	1,19	0,71	0,35	PRP ¹	TMP ²
	Penn State Antiga				ABNT							
	% retida na peneira				% retida na peneira							
	Ingredientes											
SM	19,5	32,9	46,9	0,7	-	-	-	-	-	-	-	13,32
Pellet	0,0	100,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	13,50
MI	0,0	100,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	13,50
MQ	-	-	-	-	0,0	26,0	25,3	20,1	18,7	7,3	2,6	2,36
MG	-	-	-	-	0,0	5,3	14,2	27,1	30,9	20,2	2,2	1,51
MF	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	12,4	51,6	33,7	2,3	0,90
SF	-	-	-	-	0,0	2,6	7,1	19,7	41,2	27,0	2,3	0,89
	Fezes											
MI	-	-	-	-	32,1	12,7	4,7	19,1	6,5	6,4	18,5	3,17
MQ	-	-	-	-	32,8	20,0	6,4	15,2	5,5	5,3	14,8	3,15
MG	-	-	-	-	18,0	22,5	7,6	19,1	8,9	7,1	16,6	2,61
MF	-	-	-	-	4,7	13,1	8,7	33,3	12,6	6,4	21,2	1,83
SF	-	-	-	-	8,8	17,4	6,1	30,2	12,3	5,5	19,7	1,91

SM = silagem de milho, MI = grão de milho inteiro, MQ = grão de milho quebrado, MG = grão de milho moído grosso, MF = grão de milho moído fino, SF = grão de sorgo moído fino. ¹PRP = % de partícula retida no fundo do prato;

²TMP = tamanho médio de partícula. As partículas que passaram pelo peneira de crivo 0,35 mm, foram consideradas como tendo 0,12 mm e as partículas que ficaram retidas na peneira de 4,76 mm, foram consideradas para os cálculos um tamanho médio de 6 mm.

No presente estudo, nas dietas de milho inteiro e milho quebrado, verificou-se em torno de 50% de partículas retidas na peneira de 3,36 e 4,75 mm.

Para a dieta de milho inteiro, de maior granulometria, o baixo consumo pode ter colaborado para uma maior fermentação dos grãos, mas não o suficiente para reduzir a maioria das partículas, além disto, o pH nesta dieta permaneceu ao longo de todo o dia abaixo de 5,2 (Tabela 5) indicando a presença de acidose aguda, o que pode ter prejudicado os eventos de ruminação e mastigação

Para as dietas de MG, MF e SF, apesar da incidência de acidose subaguda (Tabela 5), não houve comprometimento do TMP das fezes, pois, tais dietas já apresentavam tamanhos de partículas reduzidos.

Segundo Malafaia et al. (2011), quando os ruminantes estão com acidose ruminal subaguda ou sob forte estresse térmico, esses geram fezes com partículas maiores que 4 a 5 mm, devido à redução no tempo de ruminação, o que implica em menor produção de saliva e, conseqüentemente, maior acúmulo de ácidos graxos voláteis no rúmen, causando redução no pH que prejudicará o desenvolvimento da microbiota ruminal, principalmente das bactérias fibrolíticas. Sabe-se que a ruminação e a produção de saliva são eventos fisiológicos que reduzem o tamanho das partículas (Mertens, 1997; Hall, 2002).

Microscopia eletrônica de varredura

Independente do tipo de processamento, observou-se alta concentração de grânulos de amido nas fezes. Nas figuras B e M é possível observar alguns poros, indicando que houve ataque dos microrganismos, porém, não foi suficiente para que houvesse total degradação dos grânulos, o que explica alta perda de amido nas fezes.

Segundo Lempp (2007), por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV), pode-se observar que a forma com que os microrganismos degradam os grânulos de amido é diferente, reflexo da composição da parede celular e sua interação com a matriz proteica e da ação dos diferentes microrganismos.

A MEV é também uma ferramenta útil para se avaliar o efeito do dano mecânico nos grãos pelo processamento. Usando a MEV, McAllister et al. (1993) observaram que mesmo após a moagem do milho, os grânulos de amido permaneceram na matriz proteica, o que pode em parte, explicar resultados obtidos entre degradação do amido e características físicas do grão de milho, pois a matriz proteica do endosperma de milho é extremamente resistente à digestão pelos microrganismos do rúmen. Da mesma forma que o milho, os grânulos de amido do sorgo também apresentam a matriz proteica resistente à degradação ruminal (McAllister et al., 1994).

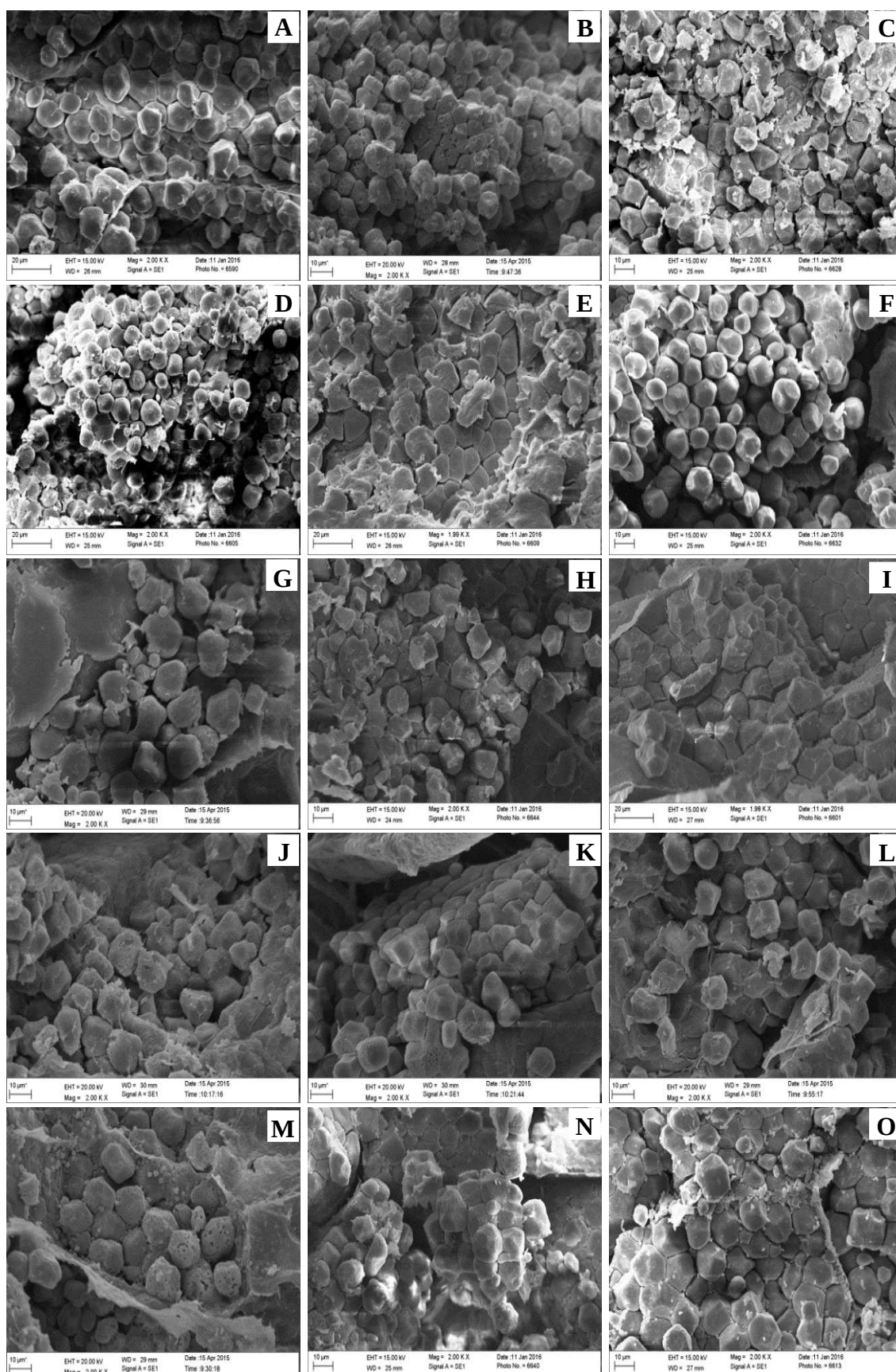


Figura 1. Microscopia eletrônica de varredura de fezes. A, B e C – Fezes da dieta de milho inteiro; D, E e F – Fezes da dieta de milho quebrado; G, H e I – Fezes da dieta de milho moído grosso; J, K e L - Fezes da dieta de milho moído fino; M, N e O - Fezes da dieta de sorgo moído fino.

Conclusão

A granulometria não altera a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR, mg/dL) e de ácidos graxos voláteis (AGV, mmol/dL), porém altera as proporções molares destes, reduzindo a relação acetato:propionato quando o milho é fornecido inteiro ou quando os cereais são mais intensamente processados, o que favorece a incidência de acidose aguda ou subaguda, respectivamente. No entanto, a incidência de acidose subaguda não compromete o aproveitamento do amido.

Para a escolha de um determinado método de processamento deve-se considerar múltiplos fatores de forma a simplificar as atividades diárias e ao mesmo tempo garantir mínimo desconforto aos animais, o que favorece adequado aproveitamento do amido e um melhor custo benefício para o sistema de produção.

Referências Bibliográficas

- Caetano, M.; Goulart, R. S.; Silva, S. L.; Drouillard, J. S.; Leme, P. R.; Lanna, D. P. D. Effect of flint corn processing method and roughage level on finishing performance of Nellore-based cattle. *Journal of animal science*, 93:4023-4033, 2015.
- Chaney, A. L.; Marbach, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical chemistry*, 8:130-132, 1962.
- Channon, A. F.; Rowe, J. B.; Herd, R. M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. *Animal Production Science*, 44:469-474, 2004.
- Coelho da Silva, J.F., Leão, M.I. Fundamentos de nutrição dos ruminantes. Piracicaba: Livroceres, 380p, 1979.
- Daniel, J. L. P.; Júnior, J. C. R.; Cruz, F. J. Participação do ruminotério e omaso na superfície absorptiva total do proventrículo de bovinos. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 43:688-694, 2006.
- Depenbusch, B. E.; Nagaraja, T. G.; Sargeant, J. M.; Drouillard, J. S.; Loe, E. R.; Corrigan, M. E. Influence of processed grains on fecal pH, starch concentration, and shedding of O157 in feedlot cattle. *Journal of animal science*, 86:632-639, 2008.
- Detmann, E.; Cecon, P. R.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. D. C.; Henriques, L. T.; Detmann, K. D. S. C. Variáveis ruminais avaliadas por meio de funções matemáticas contínuas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:1651-1657, 2007.
- Detmann, E.; Souza, M. A.; Valadares filho, S. C.; Queiroz, A.C.; Berchielli, T.T.; Saliba, E.O.S.; Cabral, L.S.; Pina, D.S.; Ladeira, M.M.; Azevedo, J.A.G. (Eds.) Métodos para análise de alimentos. Visconde do Rio Branco: Suprema, 214 p., 2012.
- Elam, C.J. Acidosis in feedlot cattle: Practical observations. *Journal of Animal Science*, 43:898-901, 1976.

- Galyean, M. L.; Wagner, D. G.; Owens, F. N. Level of feed intake and site and extent of digestion of high concentrate diets by steers. *Journal of Animal Science*, 49: 199-203, 1979.
- Grant, R.J.; Mertens, D.R. Influence of butter pH and raw corn starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. *Journal of Dairy Science*, 75:2762-2768, 1992.
- Guyton, A. C.; Hall, J. E.; Guyton, A. C. *Tratado de fisiologia médica*. Elsevier Brasil, 2006.
- Hall, M. B. Characteristics of Manure: What Do They Mean?. In: *Proc. Tri-State Dairy Nutrition Conference*, 16-17, 2002.
- Heinrichs, A. J.; Buckmaster, D. R.; Lammers, B. P. Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. *Journal of animal science*, 77:180-186, 1999.
- Hoover, W. H. Chemical Factors Involved in Ruminal Fiber Digestion¹. *Journal of Dairy Science*, 69:2755-2766, 1986.
- Huntington, G. B.; Archibeque, S. L. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. *Journal of Animal Science*, 77:1-11, 2000.
- Huhtanen, P.; Brotz, P. G.; Satter, L. D. Omasal sampling technique for assessing fermentative digestion in the forestomach of dairy cows. *Journal of Animal Science*, 75:1380-1392, 1997.
- Jobim, C.C.; Nussio, L.G.; Reis, R.A.; Schmidt, P. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:101-119, 2007.
- Krause, K. M.; Oetzel, G. R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126:215-236, 2006.

- Lammers, B. P.; Buckmaster, D. R.; Heinrichs, A. J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, 79:922-928, 1996.
- Lempp, B. Avanços metodológicos da microscopia na avaliação de alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:315-329, 2007.
- Liu, J. H.; Xu, T. T.; Zhu, W. Y.; Mao, S. Y. A high-grain diet alters the omasal epithelial structure and expression of tight junction proteins in a goat model. *The Veterinary Journal*, 201:95-100, 2014.
- Malafaia, P.; Neto, J. D. B.; Tokarnia, C. H.; Oliveira, C. M. C. Distúrbios comportamentais em ruminantes não associados a doenças: origem, significado e importância. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 31:781-790, 2011.
- Malafaia, P. *Aspectos nutricionais e clínico-patológicos de bovinos de corte criados sob dois sistemas de confinamento e seu impacto econômico*. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 75 p, 2014.
- Marques, R. S.; Chagas, L. J.; Owens, F. N.; Santos, F. A. P. Effects of various roughage levels with whole flint corn grain on performance of finishing cattle. *Journal of Animal Science*, 94:339-348, 2016.
- McAllister, T. A.; Phillippe, R. C.; Rode, L. M.; Cheng, K. J. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. *Journal of Animal Science*, 71:205-212, 1993.
- McAllister, T. A.; Bae, H. D.; Jones, G. A.; Cheng, K. J. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *Journal of animal science*, 72:3004-3018, 1994.
- Mertens, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80:1463-1481, 1997.
- Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press, 2016.

- Ørskov, E. R. *Nutrición proteica de los rumiantes*. Acibia, 1988.
- Owens, F. N.; Zinn, R. A. Corn grain for cattle: Influence of processing on site and extent of digestion. In *Proc. Southwest Nutr. Conf* , 86-112, 2005.
- Penner, G. B.; Beauchemin, K. A.; Mutsvangwa, T. An evaluation of the accuracy and precision of a stand-alone submersible continuous ruminal pH measurement system. *Journal of Dairy Science*, 89:2132-2140, 2006.
- Peters, J. P.; Shen, R. Y.; Robinson, J. A.; Chester, S. T. Disappearance and passage of propionic acid from the rumen of the beef steer. *Journal of animal science*, 68:3337-3349, 1990.
- Pina, D. S.; Valadares, R. F. D.; Valadares Filho, S. C.; Chizzotti, M. L. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. *Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR CORTE*, 2ª ed, Viçosa: Sebastião de Campos Valadares Filho, Marcos Inácio Marcondes, Mário Luiz Chizzotti, Pedro Veiga Rodrigues Paulino, 13-46, 2010.
- Plaizier, J. C.; Krause, D. O.; Gozho, G. N.; McBride, B. W. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*, 176:21-31, 2008.
- Russell, J. B.; O'connor, J. D.; Fox, D. G.; Van Soest, P. J.; Sniffen, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, 70:3551-3561, 1992.
- Salvio, G. M. M.; D'Agosto, M. Ciliados nas cavidades do estômago de bovinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 53:686-690, 2001.
- Silva, H.L.; A.F.S. França, F.G.C. Ferreira, E.S. Fernandes, A. Landim, E.R. Carvalho. Fecal indicators of Nellore bovines fed high concentrate diets. *Ciência Animal Brasileira*, 13:145-156, 2012.

- Shaver, R.. Feeding to minimize acidosis and laminitis in dairy cows. In Proceedings of the seventh Western Dairy Management Conference, March, Reno, NV, US 157-166, 2005.
- Tamminga, S.; Van Vuuren, A. M. Formation and utilization of end products of lignocellulose degradation in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 21:141-159, 1988.
- Tedeschi, L.O.; Fox, D.G.; Russell, J.B. Accounting for the effects of a ruminal nitrogen deficiency within the structure of the Cornell Net carbohydrate and protein system. *Journal of Animal Science*, 78:1648-1658, 2000.
- Van Soest, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p, 1994.
- Wickersham, T. A.; Cochran, R. C.; Titgemeyer, E. C.; Farmer, C. G.; Klevesahl, E. A.; Arroquy, J. I.; Johnson, D.E.; Gnad, D. P. Effect of postruminal protein supply on the response to ruminal protein supplementation in beef steers fed a low-quality grass hay. *Animal Feed Science and Technology*, 115:19-36, 2004.
- Xiong, Y.; Bartle, S. J.; Preston, R. L. Density of steam-flaked sorghum grain, roughage level, and feeding regimen for feedlot steers. *Journal of animal science*, 69:1707-1718, 1991.
- Yu, P.; Huber, J. T.; Santos, F. A. P.; Simas, J. M.; Theurer, C. B. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 81:777-783, 1998.
- Zinn, R. A. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *Journal of animal science*, 68:767-775, 1990a.
- Zinn, R. A.; Owens, F. N.; Ware, R. A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 80:1145-1156, 2002.