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

Aditivos (ionóforo e não ionóforo), processamento de grãos de milho e concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de silagem de milho em dietas para bovinos em terminação

Cristiane Sitta

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

**Piracicaba
2016**

Cristiane Sitta
Zootecnista

Aditivos (ionóforo e não ionóforo), processamento de grãos de milho e concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de silagem de milho em dietas para bovinos em terminação
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **FLÁVIO AUGUSTO PORTELA SANTOS**

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

**Piracicaba
2016**

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

Sitta, Cristiane

Aditivos (ionóforo e não ionóforo), processamento de grãos de milho e concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de silagem de milho em dietas para bovinos em terminação / Cristiane Sitta. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016.
120 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Floculação 2. Monensina 2. Saúde ruminal I. Título

CDD 636.08552
S623a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Flávio Augusto Portela Santos, pela orientação, confiança, incentivo e amizade durante estes anos.

Aos meus familiares, em especial meus pais, Ciro Luis Sitta e Beatriz Aparecida Mendes, meu irmão Ciro Mendes Sitta, e meus avôs Tercílio Sitta (*in memorian*) e Hermantina Malvestiti Sitta (*in memorian*) e José Mendes Baptista e Martha Brendolan Mendes, por me apoiarem nesta caminhada e ao meu tio Tercílio Sitta Júnior, meu segundo pai e grande exemplo de vida.

À minha amiga-irmã, Gabriela Morello Oliveira, por toda força e incentivo durante essa jornada.

Ao Prof. Luis Orlindo Tedeschi (Texas A&M University), pela amizade, confiança e colaboração nos projetos.

Ao Prof. Danilo Domingues Millen (UNESP/Dracena) e às alunas Tássia Veluma e Ana Carolina Pinto pela contribuição com as análises dos parâmetros ruminais.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

Aos membros da banca examinadora pela atenção e contribuição nesta tese.

Aos colegas do NUTRIBOV (Diogo Fleury Azevedo Costa, Lucas Jado Chagas, Antônio Humberto Fleury de Melo, Carolina Guerra, Camila Delveaux Araújo Batalha, Maria Érika Picharillo, Murillo Alves Porto Meschiatti, João Rebouças Dórea, Murilo Garrett Moura Ferreira dos Santos, Luiz Roberto dell'Agostinho Neto, Jonas de Souza, Fernanda Batistel, Fernanda Lopes, Vinícius Nunes de Gouvêa).

Aos estagiários do NUTRIBOV e CPZ, em especial Wagner Figueiredo Angolini, pela dedicação e ajuda.

Ao casal Jonas de Souza e Fernanda Batistel, pela amizade e colaboração em todos os momentos do trabalho, desde a fase de campo até as análises estatísticas.

Ao João Paulo de Stéfani Machado pelo apoio.

Aos amigos de Piracicaba, em especial Fernanda Zinsly, pelo apoio em todos os momentos.

Aos amigos de Pirassununga Mateus Freua e Rosana Corte, sempre dispostos a ajudar desde os tempos de internship no Texas.

Ao Sr. Laureano Alves da Silva e família, sempre dispostos a ajudar em tudo que for preciso.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, em especial, Sr. Laureano, Émerson, Juscelino, Pomba, Adailton e Alexandre pela contribuição na execução dos experimentos.

À equipe do Laboratório de Nutrição “Dr. Flávio Prada” da UNESP, campus de Jaboticabal pela realização da análise de determinação do teor de amido fecal.

Às funcionárias da biblioteca Eliana Maria Garcia e Silvia Maria Zinsly, pela paciência e formatação da tese.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudo e pelo auxílio pesquisa concedidos.

À empresa Ourofino Saúde Animal pelo apoio financeiro concedido.

E a todos que diretamente e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importam quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho”

DALAI LAMA

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
Referências	21
2 DESENVOLVIMENTO	23
2.1 Revisão Bibliográfica	23
2.1.1 Processamento de grãos	23
2.1.1.1 Fatores limitantes para a digestão dos grãos de cereais	23
2.1.1.2 Tipos de processamento	25
2.1.1.3 Impactos do processamento na digestão do amido	27
2.1.2 Utilização de aditivos (ionóforos e não ionóforos) na alimentação de bovinos	29
2.1.2.1 Aditivos como promotores de crescimento	29
2.1.2.2 Ionóforos	30
2.1.2.3 Antibióticos não ionóforos	39
2.1.3 Inclusão de FDN de forragem (FDNf) em dietas para bovinos em terminação	43
Referências	49
3 DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E PARÂMETROS RUMINAIS DE BOVINOS NELORE CONFINADOS RECEBENDO ADITIVOS E TIPOS DE PROCESSAMENTO DE GRÃOS EM DIETAS COM ALTO TEOR DE CONCENTRADO	59
Resumo	59
Abstract	60
3.1 Introdução	60
3.2 Material e Métodos	62
3.2.1 Local do experimento e desenho experimental	62
3.2.2 Animais e dieta experimental	62
3.2.3 Amostras dos ingredientes e análises bromatológicas	66

3.2.4 Determinação do desempenho animal	67
3.2.5 Coleta de dados após o abate	67
3.2.6 Coleta de fezes, determinação do teor de amido fecal e digestibilidade do amido	69
3.2.7 Cálculo da energia líquida das dietas	70
3.2.8 Produção de gás <i>in vitro</i> dos ingredientes da dieta	71
3.2.9 Análise estatística	73
3.3 Resultados e Discussão	73
3.3.1 Desempenho animal e parâmetros de carcaça	73
3.3.2 Produção de gás <i>in vitro</i> dos ingredientes da dieta	78
3.3.3 Teor de amido fecal e digestibilidade de amido no trato total	79
3.3.4 Valores de ELM e ELg das dietas experimentais	81
3.3.5 Medidas morfológicas e histológicas das papilas ruminais	83
3.4 Conclusões	86
Referências	86
4 DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE BOVINOS NELORE CONFINADOS RECEBENDO DIFERENTES TIPOS DE PROCESSAMENTO DE GRÃOS E NÍVEIS DE FDN DE SILAGEM DE MILHO EM DIETAS COM ALTO TEOR DE CONCENTRADO	93
Resumo	93
Abstract	94
4.1 Introdução	94
4.2 Material e Métodos	95
4.2.1 Local do experimento e desenho experimental	95
4.2.2 Animais e dieta experimental	96
4.2.3 Amostragens dos ingredientes e análises bromatológicas	99
4.2.4. Determinação do desempenho animal	100
4.2.5 Coleta de dados após o abate	100
4.2.6 Coleta de fezes, determinação do teor de amido fecal e digestibilidade do amido	100
4.2.7 Cálculo da energia líquida das dietas	101
4.2.8 Produção de gás <i>in vitro</i> dos ingredientes da dieta	102
4.2.9 Análise estatística.....	103

4.3 Resultados e Discussão	104
4.3.1 Desempenho animal e parâmetros de carcaça	104
4.3.2 Produção de gás <i>in vitro</i> dos ingredientes da dieta	110
4.3.3 Teor de amido fecal e digestibilidade de amido no trato total	110
4.3.4 Valores de ELm e ELg das dietas experimentais	112
4.4 Conclusões	115
Referências	115
5 CONCLUSÕES GERAIS	120

RESUMO

Aditivos (ionóforo e não ionóforo), processamento de grãos de milho e concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de silagem de milho em dietas para bovinos em terminação

Foram conduzidos dois experimentos com o intuito de se avaliar o desempenho, características de carcaça e parâmetros ruminais de bovinos Nelore recebendo dietas contendo grãos de milho *flint* processados de diferentes formas em associação a diferentes aditivos e níveis de FDN de silagem de milho (FDNf). No Experimento 1, 239 tourinhos ($PCI=350\pm 26,79\text{kg}$) foram alojados em 40 baias de acordo com o peso corporal inicial e receberam dietas contendo dois tipos de processamento dos grãos de milho (moagem fina e floculação) e diferentes aditivos (monensina sódica; 25 ppm e formulação A062 a base de virginiamicina; produto teste, não comercial, fornecido pela Ourofino Saúde Animal; nas dosagens de 17 e 25 ppm), totalizando 8 tratamentos. Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS. A floculação aumentou o peso final, o ganho de peso diário, a eficiência alimentar, o peso da carcaça quente e tendeu a aumentar o rendimento de carcaça em comparação a moagem fina. Houve tendência de interação entre processamento e fornecimento de aditivos para a ingestão de matéria seca e ganho de peso diário. A floculação reduziu o teor de amido fecal, aumentou a digestibilidade do amido no trato total, aumentou os valores de energia líquida para manutenção e ganho da dieta e o número médio de papilas ruminais. Os aditivos aumentaram a altura, largura e área das papilas e reduziram a espessura de faixa de queratina em relação ao tratamento controle. Houve tendência das formulações à base de virginiamicina aumentarem o peso da carcaça quente dos animais em comparação com a monensina sódica, mas não em relação ao tratamento controle sem aditivo. A floculação foi mais efetiva para aumentar a digestibilidade do amido no trato total, o valor energético do milho e o desempenho dos bovinos enquanto que os aditivos não foram efetivos para aumentar o valor energético das dietas e a eficiência alimentar dos animais. No Experimento 2, 237 tourinhos ($PCI=350\pm 28,49\text{kg}$) foram alojados em 32 baias de acordo com o peso corporal inicial e receberam dietas contendo dois tipos de processamento (moagem grosseira e floculação) e diferentes níveis de FDNf (4; 7; 10 e 13% MS), totalizando 8 tratamentos. Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS. A floculação tendeu a aumentar a eficiência alimentar, o peso da carcaça quente e a espessura de gordura subcutânea, reduziu o teor de amido fecal, aumentou a digestibilidade do amido no trato total como também aumentou os valores de energia líquida para manutenção e para ganho das dietas. Os níveis de FDNf afetaram ingestão de matéria seca e o peso da carcaça quente independente do método de processamento. Houve tendência de aumento linear no GPD e tendência de redução quadrática na eficiência alimentar com inclusão crescente de FDNf. A inclusão de silagem de milho em dietas com alto teor de milho *flint* reduziu a eficiência alimentar dos animais, mas aumentou o peso da carcaça quente. A floculação aumentou o valor energético do cereal para tourinhos Nelore em dietas com alto teor de energia.

Palavras-chave: Floculação; Monensina; Saúde ruminal

ABSTRACT

Additives (ionophore and no ionophore), corn grain processing and level of neutral detergent fiber from corn silage on finishing cattle diets

Two experiments were conducted to evaluate animal performance, carcass characteristics and ruminal parameters of Nellore bulls fed with diets containing flint corn processed by different methods in association with additives and FDN levels of corn silage (FDNf). In the first experiment, two hundred and thirty nine Nellore bulls (IBW=350±26.79kg) were blocked based on their initial body weight and randomly divided into 40 pens. The objective was to evaluate two different corn processing methods (fine ground and steam-flaked corn) and additives (monensin; 25 ppm and A062 formulation based on virginiamycin; test product, non-commercial, provided by Ourofino Saúde Animal; 17 or 25 ppm), a total of 8 treatments. Data were analyzed using PROC MIXED of SAS. Steam-flaking increased the final body weight, average daily gain, feed efficiency, hot carcass weight and tended to increase the carcass yield. There was a tendency of interaction between corn processing and feed additives for dry matter intake and daily weight gain. Steam-flaking decreased fecal starch, increased total tract starch digestibility and increased net energy for maintenance and net energy for gain values of the diet and increased average number of papillae. Additives increased papillae length, width, and area and decreased keratin strip thickness in comparison to the control diet. There was a tendency of A062 formulations based on virginiamycin to increase hot carcass weight in comparison to monensin, but not in relation to the control treatment, without additive. Steam-flaking was more effective to increase total tract starch digestibility, corn energy values and animal performance while the feed additives were not effective to increase the net energy value of the diets and animal feed efficiency. In the second experiment, two hundred and thirty seven Nellore bulls (IBW=350±28.49kg) were blocked based on their initial body weight and randomly divided into 32 pens. The objective was to evaluate two different corn processing methods (ground and steam-flaked corn) and four FDNf levels (4; 7; 10; 13 %DM), a total of 8 treatments. Data were analyzed using PROC MIXED of SAS. Steam flaking tended to increase feed efficiency, hot carcass weight and fat thickness, decreased fecal starch, increased total tract starch digestibility and net energy for maintenance and net energy for gain diet values. Independent of corn processing, FDNf levels affected dry matter intake and hot carcass weight. There was a tendency of linear increase in daily weight gain and tendency of quadratic reduction on feed efficiency increasing FDNf levels. Corn silage in high grain diets decreased animal feed efficiency, but increased hot carcass weight. Steam-flaking increased the cereal energy value for Nellore bulls fed grain concentrate diets.

Keywords: Steam-flaked corn; Monensin; Ruminal health.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 - Relação entre vitreosidade do grão de milho e a disponibilidade ruminal do amido analisados em híbridos dentados norte-(■) e milho brasileiro do tipo *flint* (▲) 25
- Figura 2 - Efeito da virginiamicina (0; 11; 19,3 e 27,6 ppm) no ganho de peso diário de bovinos confinados 41
- Figura 3 - Efeito da virginiamicina (0; 11; 19,3 e 27,6 ppm) na conversão alimentar de bovinos confinados 41
- Figura 4 - Efeito da virginiamicina (0; 11; 19,3 e 27,6 ppm) na incidência de abscessos hepáticos 41

CAPÍTULO 2

- Figura 5 - Consumo de matéria seca ajustado em função do teor de FDN de forragem em dietas ricas em grãos de cereais 46
- Figura 6 - Eficiência alimentar ajustada em função do teor de FDN de forragem em dietas ricas em grãos de cereais 47
- Figura 7 - Consumo de matéria seca ajustado em função do teor de FDNf em dietas ricas em grãos de cereais em trabalhos nacionais 48
- Figura 8 - Ganho de peso ajustado em função do teor de FDN de forragem em dietas ricas em grãos de cereais em trabalhos nacionais 48
- Figura 9 - Eficiência alimentar ajustada em função do teor de FDN de forragem em dietas ricas em grãos de cereais em trabalhos nacionais 49
- Figura 10 - Imagem digitalizada da base do epitélio ruminal e das papilas (programa de análise de imagens UTHSCSA Image Tool) 68
- Figura 11 - Cortes histológicos de mucosa ruminal da região do recesso do saco ventral do rúmen, 69
- Figura 12 - IMS de animais Nelore alimentados com dietas contendo milho floculado e aditivos 75
- Figura 13 - IMS de animais Nelore alimentados com dietas contendo milho moído fino e aditivos 75
- Figura 14 - Ganho de peso diário de animais Nelore alimentados com dietas contendo milho floculado e aditivos 76
- Figura 15 - Ganho de peso diário de animais Nelore alimentados com dietas

	contendo milho moído fino e aditivos	76
Figura 16 -	IMS de bovinos Nelore confinados em função dos níveis de FDN de silagem de milho	107
Figura 17 -	Ganho de peso diário de bovinos Nelore confinados em função dos níveis de FDN de silagem de milho	108
Figura 18 -	Eficiência alimentar de bovinos Nelore confinados em função dos níveis de FDN de silagem de milho	109

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 -	Efeito da floculação do milho no desempenho de bovinos confinados em comparação com a laminação a seco	28
Tabela 2 -	Desempenho de animais confinados recebendo ionóforos	35
Tabela 3 -	Efeitos da monensina na conversão alimentar de bovinos em confinamento nas últimas quatro décadas	38
Tabela 4 -	Composição da dieta pré-experimental	63
Tabela 5 -	Composição da dieta experimental	64
Tabela 6 -	Composição química dos ingredientes das dietas experimentais ...	64
Tabela 7 -	Desempenho e parâmetros de carcaça de bovinos Nelore confinados alimentados com dietas contendo dois tipos de processamento de grãos (moagem fina e floculação) e aditivos (monensina sódica 25 ppm e formulação A062 à base de virginiamicina nas dosagens de 17 e 25 ppm)	74
Tabela 8 -	Resultados da produção de gás <i>in vitro</i> dos ingredientes da dieta ..	78
Tabela 9 -	Teor de amido fecal e digestibilidade do amido no trato total de bovinos Nelore confinados alimentados com dietas contendo milho floculado ou moído fino e aditivos (monensina sódica 25 ppm e formulação A062 à base de virginiamicina nas dosagens de 17 e 25 ppm)	80
Tabela 10 -	Valores observados de E _{LM} e E _{Lg} e relação entre entre a E _{LM} observada/esperada e E _{Lg} observada/esperada das dietas experimentais de bovinos Nelore confinados recebendo dois tipos de processamento de grãos (moagem fina e floculação) e aditivos (monensina sódica 25 ppm e formulação A062 à base de virginiamicina nas dosagens de 17 e 25 ppm)	82
Tabela 11 -	Medidas morfométricas e histológicas das papilas ruminais de bovinos Nelore confinados alimentados com dietas contendo dois tipos de processamento de grãos (moagem fina e floculação) e aditivos (monensina sódica 25 ppm e formulação A062 à base de virginiamicina nas dosagens de 17 e 25 ppm)	84

CAPÍTULO 2

Tabela 12 -	Composição das dietas do período de adaptação	97
Tabela 13 -	Composição da dieta experimental	97
Tabela 14 -	Composição química dos ingredientes das dietas experimentais ...	98
Tabela 15 -	Desempenho e parâmetros de carcaça de bovinos Nelore confinados alimentados com dietas contendo dois tipos de processamento de grãos (moagem grosseira e floculação) e níveis de FDN de silagem de milho (4, 7, 10 e 13%)	105
Tabela 16-	Resultados da produção de gás <i>in vitro</i> dos ingredientes da dieta.	110
Tabela 17 -	Teor de amido fecal e digestibilidade do amido no trato total de bovinos Nelore confinados alimentados com dietas contendo dois tipos de processamento de grãos (moagem grosseira e floculação) e níveis de FDN de silagem de milho (4, 7, 10 e 13%)	111
Tabela 18 -	Valores observados de ELM e ELg e relação entre entre a ELM observada/esperada e ELg observada/esperada das dietas experimentais de bovinos Nelore confinados recebendo dois tipos de processamento de grãos (moagem grosseira e floculação) e níveis de FDN de silagem de milho (4, 7, 10 e 13%)	113
Tabela 19 -	Incrementos na ELM e ELg em virtude da utilização da floculação do milho <i>flint</i>	114

1 INTRODUÇÃO

Dietas para bovinos em confinamento são de modo geral, ricas em alimentos concentrados, em virtude principalmente do custo elevado da energia dos volumosos tradicionais e da dificuldade operacional de se trabalhar com dietas ricas em forragens.

Segundo Theurer (1986) e Huntington et al. (2006), o amido representa 70 a 80% da matéria seca dos grãos, portanto, o uso eficiente do amido contido nos cereais é fator decisivo para a eficiência de utilização destas dietas. Grãos de milho e sorgo, por exemplo, possuem digestibilidade afetada pela presença do pericarpo e principalmente pela presença de uma matriz proteica densa envolvendo o grânulo de amido. O processamento adequado desses grãos permite romper essas barreiras e proporciona melhor digestibilidade do amido. Os métodos mais eficientes para romper essas barreiras e aumentar a digestibilidade do amido são a ensilagem de grãos úmidos e a floculação.

No Brasil os cultivares de milho são, em sua maioria, de milho duro ou *flint*, que apresentam maior proporção de endosperma vítreo, onde os grânulos de amido são armazenados de forma compacta e revestidos por densa matriz proteica rica em zeína, que limita a digestão do amido. Os cultivares de milho dentado, cultivados nos Estados Unidos, apresentam menor proporção de endosperma vítreo que as cultivadas no Brasil e, portanto, têm amido mais digestível (CORREA et al., 2002; CORONA et al., 2006). De acordo com Santos, Carareto e Marques (2011), métodos de processamento mais intensos como a floculação e a ensilagem de grãos úmidos podem proporcionar incrementos maiores na digestibilidade do amido de cultivares de milho duro que em cultivares de milho dentado.

Entretanto, pequenas quantidades de forragem são incluídas na grande maioria das dietas de confinamento por duas razões principais: a) minimizar os riscos de acidose; b) estimular o consumo dos animais (GALYEAN; DEFOOR, 2003; ZINN; CORONA; WARE, 2004; GALYEAN; VASCONCELOS, 2008; GALYEAN; HUBBERT, 2012; CAETANO et al., 2015). A variação no nível de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de forragem na dieta explica a maior parte da variação no consumo de matéria seca de bovinos confinados com dietas com baixo teor de forragem. Na literatura internacional tem sido demonstrado que a utilização de dietas com teores mínimos ou nulos de forragem é viável tecnicamente para bovinos

terminados em confinamento (GALYEAN; DEFOOR, 2003). A inclusão de forragem em dietas com altos teores de concentrado estimula a ingestão de matéria seca (IMS), o consumo de energia e o ganho de peso dos animais, mas normalmente compromete a eficiência alimentar. A literatura é carente de trabalhos conduzidos nas condições tropicais sobre níveis de forragem nas dietas de terminação para animais zebuínos (CAETANO et al., 2015; MARQUES et al., 2016)

Para que os produtores rurais produzam cada vez mais de forma sustentável, cientistas do mundo todo têm trabalhado de forma intensa para o desenvolvimento de novas tecnologias. Aditivos promotores de crescimento adicionados às dietas de bovinos são exemplos dessas tecnologias. Os aditivos mais utilizados são os antibióticos, que têm permitido aumento expressivo na produção de carne em menor área e com menor emissão de gases do efeito estufa por unidade de alimento produzido. O aditivo mais utilizado em dietas de confinamento é o ionóforo monensina sódica. Mais recentemente o uso de virginiamicina, um antibiótico não ionóforo tem sido adotado no Brasil, porém há poucos dados sobre o uso desse aditivo para bovinos em confinamento na literatura internacional.

Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de testar as hipóteses que: a) o antibiótico não-ionóforo virginiamicina é efetivo em substituir o ionóforo monensina sódica na alimentação de bovinos em terminação; b) a floculação do milho *flint* melhora o valor energético deste cereal acima dos valores relatados na literatura com milho dentado; c) a floculação aumenta a ingestão de energia e a eficiência alimentar de machos zebuínos; d) as vantagens do método de floculação dos grãos de milho devem ser maiores com cultivares de milho duro utilizadas no Brasil do que com cultivares de milho dentado utilizadas nos Estados Unidos; e) a inclusão de níveis baixos de FDN de silagem de milho na dieta não compromete o desempenho de animais zebuínos em confinamento.

No experimento 1 foi avaliado métodos de processamento de milho (moagem fina e floculação) em combinação com aditivos (ionóforo e não ionóforo) e no experimento 2 foi avaliado métodos de processamento de milho (moagem grosseira e floculação) em combinação com diferentes níveis de FDN de silagem de milho (4, 7, 10 e 13%) em dietas para bovinos Nelore em confinamento.

Referências

- 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**, Albany, v. 93, p. 4023-4033, 2015.
- 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**, Albany, v. 84, p. 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**, Lancaster, v. 85, p. 3008-3012, 2002.
- GALYEAN, M.L.; DEFOOR, P.J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 81, p. E8-E16, 2003.
- GALYEAN, M.L.; HUBBERT, M.E. Traditional and alternative sources of fiber: roughage values, effectiveness, and concentrations in starting and finishing diets. In: PLAINS NUTRITION COUNCIL - SPRING CONFERENCE, 2012, San Antonio. **Proceedings...** Amarillo: Texas Agrilife Research and Extension Center, 2012. p. 75-97.
- GALYEAN, M.L.; VASCONCELOS, J.T. Optimizing the use of forages in feedlot finishing diets. In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE, 29., 2008, Edmonton. **Proceedings...** Alberta: University of Alberta, 2008. p. 139-151.
- HUNTINGTON, G.B.; HARMON, D.L.; RICHARDS, C.J. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 84, p. E14-E24, 2006.
- 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**, Albany, v. 94, p. 339-348, 2016.
- SANTOS, F.A.P.; CARARETO, R.; MARQUES, R.S. Grain processing for beef cattle. In: SYMPOSIUM OF RUMINANT NUTRITION, 9., 2011, Piracicaba. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2011. p. 403-432.
- THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, p. 1649-1662, 1986.
- ZINN, R.A.; CORONA, L.; WARE, R.A. Forage quality: Impacts on cattle performance and economics In: NATIONAL ALFALFA SYMPOSIUM; CALIFORNIA ALFALFA SYMPOSIUM, 34., 2004, San Diego. **Proceedings...** San Diego, 2004. p. 209-216.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 Processamento de grãos

2.1.1.1 Fatores limitantes para a digestão dos grãos de cereais

Para uma digestão eficiente e aproveitamento da energia dos carboidratos em grãos de cereais, alguns aspectos devem ser levados em consideração, como por exemplo, a presença do pericarpo, endosperma vítreo, porcentagem de amilose, retrogradação e gelatinização do amido (OWENS; BASALAN, 2012a).

De acordo com Owens e Basalan (2012a), a fração FDN de um alimento é sempre menos digestível que o conteúdo celular e o pericarpo é composto principalmente por FDN. Felizmente a maioria dos grãos de cereais é baixa em FDN, como é o caso de cultivares de milho tipo dentado, com teor de FDN ao redor de 10%. Em virtude do grão de milho ser uma semente, este é protegido pelo pericarpo contra umidade e ataque de insetos e microrganismos. Portanto, o grão de milho só pode ser digerido se houver o rompimento do pericarpo, proporcionando a entrada de umidade, microrganismos e enzimas.

O amido compõe 70% a 80% dos grãos de cereais (HUNTINGTON et. al., 2006; THEURER, 1986) e seus grânulos são armazenados no endosperma que pode ser de dois tipos básicos – o endosperma vítreo no qual os grânulos individuais são armazenados de forma bastante compacta e envoltos por uma matriz protéica (zeína) de baixa degradabilidade e o endosperma farináceo no qual os grânulos são armazenados de forma menos compacta. Nos Estados Unidos, prevalece o milho do tipo dentado, com endosperma farináceo ou poroso, enquanto no Brasil destaca-se o cultivo do milho com endosperma vítreo ou duro, milho do tipo *flint* (CORREA et al., 2002).

Os mesmos autores ainda relatam que quanto mais vítreo é o grão, maior é o peso específico e menor é a digestibilidade do amido. A extensão da digestão ruminal do amido (e provavelmente no trato digestivo total) é frequentemente maior para os híbridos farináceos. Para se obter uma digestibilidade similar, os tipos de grão de milho mais vítreos têm que ser laminados ou moídos mais finamente (menor tamanho de partícula) do que os tipos de grão mais farináceos.

As unidades de glicose da molécula de amido podem estar ligadas formando uma cadeia linear (amilose) ou uma cadeia ramificada (amilopectina). A amilose é um polímero longo e linear, com 99% dos resíduos de glicose unidos por ligação α (1;4), dipostos em dupla hélice, sendo menos digestível que a amilopectina (WANG et al., 1998; TESTER; KARKALAS, 2004).

Já a amilopectina pode conter mais de quinze mil resíduos de glicose, sendo considerada uma das maiores moléculas conhecidas. Apresenta estrutura bastante ramificada com 95% dos resíduos de glicose unidos por ligações α (1;4) e 5% por ligações α (1;6) a cada 20-25 resíduos de glicose, constituindo os pontos de ramificações (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986; TESTER; KARKALAS, 2004).

O amido na maioria dos grãos dentados comerciais contém 25 a 29% de amilose vítrea. Por ser linear, a amilose pode sofrer retrogradação. Nem a amilose nem o amido que sofreu retrogradação é fermentado ou digerido tão prontamente quanto a amilopectina que contém cadeias ramificadas. Durante a retrogradação, as cadeias de amilose se associam fisicamente e endurecem tornando-se insolúveis em água. Isto reduz o acesso das enzimas digestivas às moléculas de amilose. Ainda assim, microrganismos ruminais ainda parecem digerir amido retrogradado (WARD; GALYEAN, 1999 apud OWENS; BASALAN, 2012a).

Quando exposto à umidade e calor, os grânulos de amido incham, se expandem e explodem resultando no amido gelatinizado. A extensão ideal de gelatinização do amido determinada microscopicamente, está entre 40 e 60%, sendo que o menor valor é necessário para maximizar a digestão ruminal, enquanto que o maior valor é o ponto acima do qual a digestão ruminal se torna extremamente rápida ou a extensão de retrogradação ou formação de amido resistente aumenta (OWENS; BASALAN, 2012a).

Analisando o efeito da vitreosidade de híbridos brasileiros e americanos sobre a cinética de degradação ruminal da matéria seca e do amido, Correa et al. (2002) constataram que híbridos brasileiros apresentaram em média 73,2% de vitreosidade enquanto que a vitreosidade média dos híbridos americanos foi de 47%; além de uma alta correlação negativa entre o grau de vitreosidade e a degradabilidade ruminal do amido (Figura 1).

Figura 1 - Relação entre vitreosidade do grão de milho e a disponibilidade ruminal do amido analisados em híbridos dentados norte-americanos (■) e milho brasileiro do tipo *flint* (▲)

Fonte: Adaptado de Correa et al. (2002)

2.1.1.2 Tipos de processamento

Os grãos de cereais podem ser processados mecanicamente sem adição de calor (para produzir grão quebrado ou laminado com variados tamanhos de partícula, de grosseiras à finas) ou com adição de vapor (para produzir grão laminado a vapor ou grão floculado), podem ser fermentados (com a umidade presente no grão na colheita para se produzir silagem de grão úmido ou com umidade adicionada ao grão seco para se produzir silagem de grão reconstituído) e também podem ser processados por outros métodos (tostado, transformado em pipoca e extrusado) (OWENS; BASALAN, 2012a).

Vasconcelos e Galyeen (2007) realizaram pesquisa com 29 consultores responsáveis pelo manejo nutricional de bovinos confinados nos Estados Unidos e reportaram a utilização de dietas com alto teor de concentrado (de 50 a 90%) contendo milho processado. O principal método foi floculação (65,52%), seguido da ensilagem de grão úmido (13,79%) e laminação a seco (13,79%). Para dietas utilizadas em confinamentos brasileiros, Millen et al. (2009) relataram o uso em média de 71,2% de concentrado, sendo que, para 79,3% dos nutricionistas, o milho era a primeira opção de grão de cereal.

Em outro levantamento realizado por Oliveira e Millen (2014), nutricionistas reportaram que o principal método de processamento utilizado foi a quebra do grão

(57,6%), enquanto 36,4% dos participantes responderam moagem fina do grão, com partícula média do milho ao redor de 3,6mm para dietas de bovinos em terminação. A floculação e ensilagem de grão úmido foram mencionados por um nutricionista (3%) como sendo a fonte primária de processamento. A fonte primária de grão utilizada nas dietas de terminação foi o milho (87,9%) seguido do sorgo (12,1%) sendo a maior parte do milho do tipo *flint* (96,5%).

O processo de moagem fragmenta a partícula do grão, resultando em vários tamanhos de partículas. Este tipo de processamento é realizado em moinho do tipo “martelo” e irá aumentar a superfície de contato do grão e romper a matriz proteica que envolve o grânulo de amido, aumentando a digestibilidade do amido no trato digestivo total dos ruminantes. Em vez de martelos, pode-se também utilizar rolos, garantindo partículas mais homogêneas (MENDES; MENDO, 2009).

Com relação ao tamanho de partículas, milho moído fino é caracterizado com tamanho médio de partículas igual ou inferior a 1,2 mm, enquanto milho grosso ou laminado é caracterizado com tamanho médio de partículas ao redor de 2 a 4 mm. O aumento da digestibilidade do amido é determinada pelo grau de redução do tamanho das partículas (CORONA et al., 2006).

A moagem dos grãos é o tipo de processamento mais simples e funcional, proporcionando diversos tamanhos de partículas, o que irá influenciar na degradação ruminal e digestão intestinal (TURGEON JR.; BRINK; BRITTON, 1983). De acordo com Santos; Pereira e Pedroso (2004), este tipo de processamento geralmente consegue proporcionar resultados satisfatórios de desempenho em virtude do aumento da disponibilidade do amido.

A ensilagem de grãos úmidos baseia-se na colheita dos grãos com teor de umidade ao redor de 28% a 35%, logo após a maturidade fisiológica, caracterizada pelo momento em que cessa a translocação de nutrientes da planta para os grãos (COSTA et al., 2002).

Grãos ensilados com alta umidade proporcionam amido com maior digestibilidade do que grãos moídos ou laminados a seco, devido à solubilização da matriz proteica dos grãos por ação de enzimas proteolíticas microbianas (OWENS; SODERLUND, 2006).

O processo de floculação dos grãos consiste na exposição do grão ao vapor em uma câmara vertical de aço inoxidável por um período de 30 a 60 minutos. O grão absorve água e é floculado em rolos pré-aquecidos, chegando à densidade

desejada. Para bovinos de corte confinados, sugere-se flocular os grãos de milho ou sorgo para se obter uma densidade entre 310 a 360g/L (ZINN, 1990; REINHARD et al., 1997; SWINGLE et al, 1999; THEURER et al., 1999; BROWN et al., 2000; ZINN; OWENS; WARE, 2002; HALES et al., 2010).

De acordo com Millen et al. (2009) o processamento mais eficiente é caracterizado por apresentar efeito térmico, com a presença de água e expansão do material, como a floculação. Owens et al. (1997), revisaram comparações de fontes de amido e concluíram que em comparação à laminação a seco, a floculação do milho reduz a ingestão de matéria seca em 11,6% ($9,45 \times 8,35 \text{ kg cab}^{-1}$), não afeta o ganho de peso diário (GPD) ($1,45 \times 1,43 \text{ kg cab}^{-1}$) e melhora a eficiência alimentar (GPD/IMS) em 12%.

2.1.1.3 Impactos do processamento na digestão do amido

O rúmen é o principal sítio de digestão do amido em bovinos e não parece haver limitação para a digestão do amido nesse compartimento. O ponto central da discussão envolvendo sítio de digestão e limitação para a digestão do amido é o intestino delgado (OWENS et al., 1986; NOCEK; TAMINGA, 1991); HUNTINGTON, 1997). Nocek e Taminga (1991) sugerem que a digestão pós-ruminal do amido aumenta à medida que mais amido escapa do rúmen, porém a eficiência de digestão pós-ruminal diminui. Owens et al. (1986) relatam que os fatores que limitam a digestão do amido no intestino delgado são principalmente o tamanho e forma físico-química da partícula que contém o amido e o seu tempo de permanência no intestino, sendo estes fatores mais limitantes que a abundância ou a atividade de enzimas amilolíticas.

De acordo com Owens et al. (1986) a digestão intestinal do amido é energeticamente mais eficiente que a digestão ruminal, em virtude da menor produção de calor e ausência de produção de metano. Entretanto, aumentar o fluxo de amido para ser digerido no intestino delgado só é energeticamente vantajoso se a digestibilidade intestinal do amido for igual ou maior que 75% (HUNTINGTON et al., 2006). Valores de digestibilidade do amido no intestino delgado iguais ou superiores a 75% normalmente só são observados quando o milho é ensilado úmido ou floculado (OWENS; SODERLUND, 2006).

Os mesmos autores compilaram dados de experimentos relacionados com a influência do processamento do grão de milho na digestão do amido em bovinos confinados. Foi constatado que a digestibilidade ruminal do amido para milho laminado a seco, fornecido inteiro, floculado ou ensilado úmido foi de 63,8%; 68,34%; 84,05% e 86,55%, respectivamente. Os autores ainda afirmaram que a digestão do amido no intestino delgado foi de 58,83% para milho laminado, 64,64% para milho inteiro, 92,48% para milho milho floculado e 94,86% para milho ensilado úmido enquanto que a digestão do amido no intestino grosso foi de 56,32% para milho laminado a seco, 24,8% para milho ensilado úmido, 20,47% para milho floculado e 32,09% para milho inteiro. Com relação à digestibilidade de amido no trato total, milho laminado a seco, milho inteiro, floculado e ensilado úmido apresentaram 91,03%; 87,08; 99,09 e 99,25% de digestibilidade, respectivamente.

Na Tabela 1 são apresentados trabalhos que confirmam as vantagens do método de floculação do milho em relação à laminação a seco (SANTOS; CARARETO; MARQUES, 2011). A floculação apresentou um aumento de 24% na digestão ruminal e 30% na digestibilidade pós-ruminal do amido quando comparada à laminação a seco.

Tabela 1 - Efeito da floculação do milho no desempenho de bovinos confinados em comparação com a laminação a seco

Referência	Teor de concentrado % MS	Variação IMS, %	Variação GPD, %	Variação GPD/IMS, %
Barajas e Zinn (1998)	88	-8,4	7,58	17,1
Huck et al. (1998)	85	0	7,7	8,6
Brown et al. (2000)	90	-5,47	10,9	17,1
Brown et al. (2000)	90	-2,55	6,9	9,4
Scott et al. (2003)	92,5	0	3,4	4,3
Scott et al.(2003)	92,5	0	10,2	8,4
LaBrune et al. (2008)	92	1,03	17,3	12,5
Leibovich et al. (2009)	90	-6,8	1,3	8,33
Corringan et al. (2009)	92,5	-8,91	0,6	11,65
Média	90,28	-3,46	7,32	10,82

Adaptado de Santos, Carareto e Marques (2011).

A hipótese de que as vantagens do método da floculação e da ensilagem de grãos de milho para bovinos confinados devem ser maiores com cultivares de milho duro utilizadas no Brasil do que com cultivares de milho dentado utilizadas nos Estados Unidos vem sendo confirmada em trabalhos recentes conduzidos no Brasil (SANTOS; CARARETO; MARQUES, 2011).

Peres (2011) observou que em comparação à laminação a seco, a floculação do milho aumentou o ganho de peso diário, o rendimento de carcaça, e apresentou um incremento na eficiência alimentar (25,5%) de animais Nelore em terminação semelhante à Carareto (2011), que constatou resultados similares ao de Peres (2011), onde a floculação do milho *flint* aumentou o ganho de peso diário, o rendimento de carcaça, com incremento de 26% na eficiência alimentar e redução na IMS de animais Nelore em terminação em comparação à laminação a seco.

A dimensão em que as diferenças entre Brasil e América do Norte quanto ao animal (raça, idade, peso e descontos de mercado) e outros componentes da dieta (fonte, nível, processamento e umidade da forragem e o uso de aditivos), irão interagir com as respostas gerais ao processamento de grão necessita maiores estudos (OWENS; BASALAN, 2012b).

De acordo com Tedeschi et al. (2012) há pouca evidência científica que suporte a teoria de que zebuínos puros ou cruzados apresentem menor digestibilidade quando comparados a animais taurinos e seus cruzamentos. A maioria dos resultados de digestibilidade, comparações no momento do abate dos animais e experimentos de desempenho foram influenciados por uma variedade de fatores interagindo entre si, o que impossibilita que uma identificação clara seja feita em relação aos efeitos de raça na digestibilidade do amido no rúmen, intestino delgado e grosso.

2.1.2 Utilização de aditivos (ionóforos e não ionóforos) na alimentação de bovinos

2.1.2.1 Aditivos como promotores de crescimento

As primeiras descobertas envolvendo os antimicrobianos como promotores de crescimento surgiram na década de 1940 em pesquisas cujo objetivo inicial foi estudar as características farmacológicas de antibióticos em diversos tipos de animais (PAGE, 2003).

Os ionóforos são os antimicrobianos mais extensivamente utilizados em ruminantes e a primeira identificação de um ionóforo aconteceu em 1951, quando se isolou o X-537A (posteriormente chamado de lasalocida) de uma bactéria *Streptomyces* sp., encontrada no solo de Hyde Park, Boston, MA, EUA (BERGER et al., 1951). A monensina sódica foi descoberta dezesseis anos depois e as primeiras pesquisas envolvendo a utilização de monensina para bovinos de corte e bovinos leiteiros ocorreram no início da década de 1970 (OLIVER, 1975; DAVIS; ERHART, 1976; PERRY; BEESON; MOHLER, 1976; RAUN et al., 1976; DINIUS et al., 1976; RICHARDSON et al., 1976; UTLEY et al., 1976).

De acordo com Page (2003), a salinomicina foi relatada pela primeira vez em 1972, produzida por um organismo isolado de amostra de solo da cidade de Fuji, Japão e, foi na década de 1980 que surgiram as primeiras pesquisas envolvendo a salinomicina como promotora de crescimento para bovinos (FERREL; OWENS, 1983; MERCHEN; BERGER, 1985; ZINN, 1986a, 1986b; REFFETT-STABEL et al., 1989).

A virginiamicina, um antimicrobiano não ionóforo, foi isolada em 1954 de uma amostra de solo Belga (DeSOMER; Van DIJCK, 1955 apud PAGE, 2003). As primeiras indicações deste antimicrobiano como promotor de crescimento em bovinos encontradas na literatura são de Parigi-Bini (1979) apud Page (2003) e Hedde et al. (1982) apud Gottschall, Wang e Kingston (1988).

No Brasil, iniciou-se o uso dos antimicrobianos promotores de crescimento em ruminantes com a aprovação da monensina em 1981. A virginiamicina recebeu aprovação em maio de 2002 (GOULART, 2010) enquanto que a salinomicina foi aprovada para uso em bovinos no Brasil em abril de 2005.. Constam como antimicrobianos promotores de crescimento autorizados para bovinos no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (dados atualizados em 25-04-2015): avilamicina, colistina, clorexidina, enramicina, bacitracina, flavomicina, halquinol, lasalocida, lincomicina, monensina, narasina, ractopamina, salinomicina, tiamulina, tilosina, virginiamicina.

2.1.2.2 Ionóforos

Os ionóforos mais utilizados no Brasil são a monensina, a lasalocida e a salinomicina. Artigos científicos têm sido publicados em número considerável nas

últimas décadas sobre a utilização de ionóforos em dietas de bovinos, principalmente sobre o uso de monensina. Esses artigos foram compilados em diversas revisões de literatura sobre seus mecanismos de ação (SCHELLING, 1984), efeitos nos padrões de fermentação ruminal (PAGE, 2003; TEDESCHI et al., 2003; ELLIS et al., 2012), produção de metano (PAGE, 2003; TEDESCHI et al., 2003; APPUHAMY et al., 2013), metabolismo animal (PAGE, 2003; DUFFIELD et al., 2008a), desempenho de bovinos de corte em confinamento (GOODRICH et al., 1984; PAGE, 2003; DUFFIELD; MERRILL; BAGG, 2012), em pastagens (GOODRICH et al., 1984; KUNKLE et al., 2000; PAGE, 2003) e desempenho de bovinos leiteiros (McGUFFEY, 2001; DUFFIELD et al., 2008b).

Os ionóforos são os antimicrobianos mais utilizados na alimentação de bovinos como promotores de crescimento. O termo ionóforo é utilizado para se referir a moléculas com estruturas químicas diversas, mas com propriedades antimicrobianas causadas por um mecanismo de ação em comum. Os ionóforos são altamente efetivos contra bactérias gram-positivas e exibem pouca ou nenhuma atividade contra bactérias gram-negativas. As bactérias gram-negativas possuem uma camada lipídica externa que contém porinas (canais de proteínas) com tamanho limite de aproximadamente 600 Dalton. A maioria dos ionóforos é maior que 600 Dalton, não passando através das porinas. As bactérias gram-positivas não possuem essa camada externa e o ionóforo pode penetrar livremente na membrana celular (MORAIS et al., 2006).

O nome ionóforo, do grego “carregador de íon” sugere a capacidade que tais substâncias têm de formar complexos lipossolúveis com cátions (em virtude das suas estruturas moleculares) e mediar seu transporte através das membranas lipídicas (PRESSMAN, 1976).

O ionóforo (na forma aniônica) se adere a um cátion apropriado, formando um complexo cátion-ionóforo que atravessa a parede e se solubiliza na membrana lipídica, onde o cátion é trocado por um próton (H^+). As bactérias mantêm altas concentrações internas de K^+ , (maiores do que no meio externo) o que favorece a saída de K^+ e entrada de H^+ extracelular, havendo redução da concentração de K^+ intracelular e queda de pH. Altas concentrações de K^+ no interior da célula são necessárias para tamponar o pH por meio da troca de K^+/H^+ . Para que o pH se estabilize, o excesso de prótons deve ser expulso da célula, o que faz com que mecanismos homeostáticos sejam ativados, consumindo energia. Com essa

diminuição do ATP intracelular, a célula se mantém em um estado de letargia, ou acaba morrendo (RUSSEL; STROBEL, 1989).

Os diferentes ionóforos têm modo de ação comum, com pequenas diferenças, como a especificidade por cátions. De acordo com Pressman (1976), a ordem de seletividade para a monensina é $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Rb}^+ > \text{Li} > \text{Cs}^+$ enquanto que para a salinomicina a ordem de seletividade é descrita como: Rb^+ , $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Cs}^+ > \text{Sr}^{++} > \text{Ca}^{++}$, Mg^{++} (MITANI et al., 1975).

Em virtude do seu efeito inibitório sobre bactérias gram-positivas, a utilização de ionóforos permite a manipulação da fermentação ruminal, com aumento na concentração de propionato e redução nas concentrações de acetato e butirato (McGUFFEY, 2001). A diminuição na produção de acetato e butirato reduz a disponibilidade de íons H^+ para as bactérias metanogênicas e consequentemente diminui a produção de metano (TEDESCHI et al., 2003). A redução na perda de energia na forma de metano resulta em maior aporte de energia para o animal e maior disponibilidade de substrato para a produção hepática de glicose.

De acordo com a compilação feita por Sitta (2011) de trabalhos publicados na literatura de 1976 a 2011, para bovinos em terminação, a monensina aumentou a concentração ruminal de propionato em 16,85% e reduziu as concentrações de acetato e butirato em 5,86% e 16,47%, respectivamente. Com relação à salinomicina a média observada foi de 14,47% de aumento na concentração de propionato e reduções de 5,39% e 17,95% nas concentrações de acetato e butirato, respectivamente.

Ellis et al. (2012) realizaram meta-análise com dados de 16 trabalhos publicados na literatura para avaliar os efeitos de doses de monensina sódica no perfil de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal de bovinos de corte alimentados com dietas com alto teor de grãos. A dose média de monensina foi de $30,9 \pm 3,7$ mg/kg MS e variou de 0,0 à 88,0 mg/kg MS. Os resultados deste estudo indicaram que a mudança no perfil de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) pode depender da dose, com um aumento de propionato e redução de acetato e butirato.

De acordo com Tedeschi et al. (2003), no ambiente ruminal ocorre produção de hidrogênio durante a fermentação da glicose, sendo o excesso desse hidrogênio eliminado primeiramente através da formação de metano (CH_4). O balanço estequiométrico de AGCC, gás carbônico e CH_4 indica que a síntese de acetato e

butirato promove a produção de CH₄, enquanto a de propionato reduz o hidrogênio, portanto reduzindo a produção de metano (WOLIN, 1960).

Para se apurar os efeitos da monensina sobre a produção de metano, Appuhamy et al. (2013) realizaram meta-análise reunindo dados de 22 trabalhos envolvendo bovinos de corte e bovinos leiteiros. Os autores concluíram que o consumo de matéria seca e a dose de monensina podem influenciar o efeito deste ionóforo na produção de metano. Houve redução na ingestão de matéria seca tanto para bovinos de corte quanto para bovinos leiteiros. A monensina reduziu em 9% a perda de energia bruta da dieta na forma de metano em bovinos de corte confinados.

O efeito depressor da monensina sódica na ingestão de matéria seca pode ser consequência do aumento da densidade energética da dieta devido à menor produção de metano e maior produção de propionato (NRC, 1996).

Com relação aos efeitos da monensina no metabolismo energético dos ruminantes, avaliações indicam que o valor da energia metabolizável da dieta é aumentado devido ao incremento da digestibilidade de matéria seca e a uma mudança na fermentação ruminal, direcionada ao aumento da produção de propionato (BYERS, 1980 apud TEDESCHI et al., 2003).

Bactérias produtoras de lactato (*Streptococcus* e *Lactobacillus*) também são inibidas pelos ionóforos, favorecendo a redução da concentração ruminal de lactato e evitando a queda de pH e incidência de distúrbios metabólicos, como a acidose ruminal (BEEDE; FARLIN, 1977; BARTLEY et al., 1979; DENNIS; NAGARAJA; BARTLEY, 1981; NAGARAJA et al., 1982, 1987; GOODRICH et al., 1984; BURRIN; BRITTON, 1988).

Os ionóforos também atuam no metabolismo proteico. Foi demonstrado em estudos *in vitro* e *in vivo* redução da degradação de proteína e do acúmulo de amônia no rúmen (DINIUS et al., 1976; Van NEVEL; DEMEYER, 1977; POSS et al., 1979; WHETSTONE et al., 1981; RUSSEL; MARTIN, 1984; CHEN; RUSSEL, 1989). De acordo com Chen e Russel (1991), em virtude do acúmulo de α -N-aminoácidos e peptídeos, a monensina possui maior poder de inibição na deaminação de aminoácidos do que na proteólise da proteína ruminal. Com a adição de monensina maior proporção da proteína de origem alimentar escapa do rúmen (MUNTIFERRING et al., 1981; ZINN; OWENS, 1983; FAULKNER et al., 1985; SURBER; BOWMAN, 1998; SPEARS, 1990; ROGERS et al., 1997), além disso a

retenção de N é aumentada (BEEDE et al., 1980). Com base nos dados da literatura Schelling (1984) concluiu que a monensina exerce efeito de economizar proteína por aumentar a eficiência de uso do N da dieta.

De acordo com os dados revisados por Shelling (1984), a monensina pode afetar negativamente a digestibilidade dos alimentos em animais não adaptados ao aditivo, entretanto, em animais já adaptados a monensina parece resultar em leve aumento da digestibilidade da dieta, podendo esse efeito estar relacionado à alterações na IMS, enchimento ruminal e taxa de passagem ruminal.

A utilização de monensina pode proporcionar redução de 5 a 6% na ingestão de matéria seca (IMS) de bovinos de corte alimentados com dieta com alto teor de concentrado (SCHELLING, 1984). Entretanto, de acordo com Nagaraja et al. (1997), para ruminantes alimentados com dietas com alta proporção de forragem, os aditivos não diminuem a ingestão de alimentos.

Na década de 80 Goodrich et al. (1984) revisaram 228 ensaios que envolveram 11.274 bovinos em confinamento suplementados ou não com monensina. A dietas com monensina continham em média $31,8 \pm 7,5$ mg de monensina por kg de MS. Os animais que receberam dietas contendo o aditivo apresentaram redução da ingestão de matéria seca de 6,4% e aumento do ganho de peso (GPD) e da conversão alimentar de 1,6% e 7,5%, respectivamente.

Raun (1990) sumarizou 37 experimentos envolvendo bovinos de corte alimentados com dietas de alto teor de concentrado, conduzidos de 1981 a 1990 em que a dosagem média de monensina foi de 28 mg/kg. A monensina aumentou o ganho de peso na ordem de 1,6 a 1,8%, reduziu a ingestão de matéria seca de 4 a 6,4% e aumentou conversão alimentar entre 5,6 e 7,5%.

Page (2003) realizou uma das mais extensas revisões de literatura sobre o uso de antibióticos na produção animal. Na Tabela 2 são apresentados os trabalhos e revisões compiladas por Page (2003) sobre o uso de ionóforos para bovinos em confinamento.

Tabela 2 - Desempenho de animais confinados recebendo ionóforos (continua)

Dieta (nº ensaios)	Desempenho (% em relação ao controle)			Referência
	IMS	GPD	IMS/GPD	
Monensina				
Confinamento (6)	91	101	90	Grueter et al; 1976
Confinamento (19)	94	102	92	Chalupa, 1977
Silagem de milho	95	109	87	Mowat et al., 1977
Alfafa	96	123	78	Dinius et al., 1978
Confinamento	95	100	95	Pendlum et al., 1978
Confinamento	91	95	95	Heinemann et al., 1978
Confinamento	96	107	90	Brethour, 1970
Confinamento	104	110	94	Brown e Davidovich, 1979
Confinamento	93	102	93	Sherrod et al., 1979
Confinamento	94	104	90	Embry et al., 1979
Confinamento	94	93	100	Johnson et al., 1979
Confinamento	92	100	93	Muller et al., 1979c
Silagem de milho	94	100	94	Byers, 1980
Confinamento	96	100	96	Berger, 1980
Confinamento	93	93	99	Dyer et al., 1980
Confinamento (6)	95	99	95	Witt et al., 1980
Confinamento	96	109	87	Horton, 1980
Confinamento	96	104	90	Berger et al., 1981
Confinamento	99	102	97	Ferrel at al., 1982a
Confinamento	102	105	96	Berger e Fahey, 1983
Confinamento (228)	94	102	92	Goodrich et al., 1984
Confinamento (14)	92	100	91	Potter et al.; 1985
Silagem de gramínea (3)	96	105		Drennan et al., 1979
Silagem de gramínea (4)	110	103	92	Wanyoike e Holmes, 1979
Confinamento	102	100	102	Martin et al., 1984a
Confinamento	94	107	88	Beacom et al., 1988

Tabela 2 - Desempenho de animais confinados recebendo ionóforos

(continuação)

Dieta (nº ensaios)	Desempenho (% em relação ao controle)			Referência
	IMS	GPD	IMS/GPD	
Silagem	93	106	88	Dobson et al., 1988
Polpa de beterraba e melaço	100	153	67	Garrett et al., 1989
Confinamento	96	98	98	Galyean et al., 1992
Silagem de azevém perene	89	112		Gibb e Baker, 1992
Confinamento	97	101	95	Casey et al., 1994
Silagem de sorgo e milho grão inteiro	99	109	91	Wagner et al., 2000
Lasalocida				
Confinamento (16)	96	103	94	Givens et al., 1982
Confinamento	98	117	86	Brethour, 1979
Confinamento	97	108	88	Brown e Davidovich, 1979
Confinamento	100	108	94	Berger, 1980
Milho e silagem de milho	95	103	92	Ricke e Berger, 1980
Confinamento	95	103	93	Berger et al., 1981
Confinamento	92	102	90	Brandt et al., 1981
Alfafa	105	138	80	Thonney et al., 1981
Silagem de sorgo	96	107	90	Brethour, 1981
Confinamento	97	106	91	Ferrell et al., 1982a
Confinamento	95	109	88	Droumev et al., 1983a
Confinamento	96	107	90	Beacom et al., 1988
Alta forragem (6)	96	105	93	Bartley et al., 1979
				Berger et al., 1981
				Brown et al., 1982
				Gutierrez et al., 1982

Tabela 2 - Desempenho de animais confinados recebendo ionóforos

(continuação)

Dieta (nº ensaios)	Desempenho (% em relação ao controle)			Referência
	IMS	GPD	IMS/GPD	
Confinamento (16)	95	94	90	Wagner, 1984a
Confinamento	99	102	97	Martinet al., 1984a
Confinamento	100	105	95	Hicks et al., 1985
Silagem de milho	88	99	90	Reffett-Stabel et al., 1989
Confinamento	97	106	92	McMeniman et al., 1996
Salinomicina				
Confinamento (5)	98	106	90	Owens et al., 1982 Owens e Gill, 1982 McClure et al., 1980
Confinamento	92	100	88	Nakashima et al., 1982
Confinamento (2)	98	105	94	Berger e Fahey, 1983
Confinamento (2)	101	103	92	Turgeon et al., 1983
Milho	97	103	94	Droumev et al., 1983b
Confinamento	107	119	90	Martin et al., 1984a
Confinamento	96	105	91	Hicks et al., 1985
Silagem de milho e milho grão inteiro	92	116	79	Fontenot et al., 1985a
Confinamento	98	103	94	Zinn, 1986a
Milho pipoca	104	105	97	Strasia et al., 1986
Confinamento	101	105	95	Zinn, 1986b
Silagem de milho e farelo de soja	98	107	92	Fontenot et al., 1986a
Concentrado e palha de arroz	97	101	91	Wakita et al., 1987a,b
Silagem	89	103	86	Wakita et al., 1989
Silagem de milho	86	95	91	Reffet-Stabel et al., 1989
Confinamento (2)	99	101	97	Suda e Kuo, 1992 Suda et al., 1993

Tabela 2 - Desempenho de animais confinados recebendo ionóforos

(conclusão)

Dieta (nº ensaios)	Desempenho (% em relação ao controle)			Referência
	IMS	GPD	IMS/GPD	
Confinamento	104	112	93	Casey et al., 1994
Narasina				
Milho, silagem, feno		112	112	Dinusson et al., 1979
Confinamento (4)	84	97	90	Wagner, 1984

Fonte: Adaptado de Page (2003)

Duffield, Merrill e Bagg (2012) realizaram meta-análise com dados de 40 artigos científicos publicados e de 24 relatórios experimentais publicados entre 1972 e 2010, para avaliar os efeitos da monensina no desempenho bovinos de corte em confinamento. A dose média de monensina nas dietas foi de 28,1 mg/kg MS (6,1 a 60,7 mg/kg MS) e os valores médios de IMS, GPD e conversão alimentar foram 8,6 kg, 1,15 kg e 8,33 kg de MS/kg GPD. A suplementação com monensina reduziu a IMS em 3,1% (+0,27 kg), aumentou o GPD em 2,5% (+0,029 kg/cab) e melhorou a conversão alimentar em 6,4% (-0,53 kg de MS/kg GPD). Os efeitos da monensina foram dose dependentes, ou seja, foram observados efeitos lineares de doses crescentes de monensina na redução da IMS, na redução do GPD e melhoria da conversão alimentar. O efeito da monensina na conversão alimentar variou ao longo das 4 décadas estudadas (Tabela 3). De acordo com os dados, a eficácia da monensina em melhorar a conversão alimentar diminuiu com o passar dos anos, com 8,1% na década de 1970, 6,4% na década de 1980 e 2,3% e 3,5% nas décadas de 1990 e 2000 respectivamente.

Tabela 3 - Efeitos da monensina na conversão alimentar de bovinos em confinamento nas últimas quatro décadas

Década	Nº ensaios	Dose média monensina (mg/kg alimento)	Conversão alimentar	Diferença (%)	Valor P
1970	85	26	8,79	+8,1	0,0001
1980	21	31,7	8,39	+6,4	0,0001
1990	13	33,9	6,39	+2,3	0,0001
2000	11	32,3	6,38	+3,5	0,0001

Fonte: Adaptado de Duffield, Merrill e Bagg (2012)

A redução do efeito da monensina ao longo dos anos provavelmente se deve à alterações nas dietas ao longo dos anos nos confinamentos americanos. A proporção de grãos aumentou, assim como o grau de processamento dos grãos também aumentou, com adoção em grande escala da floculação e de grãos úmidos ensilados. Esses fatores resultam em aumento na proporção de propionato no rúmen e redução de metano, provavelmente o principal efeito positivo da monensina para aumentar a ingestão de energia pelo animal.

2.1.2.3 Antibióticos não ionóforos

Dentre os antimicrobianos promotores de crescimento autorizados para uso em bovinos pelo MAPA, a virginiamicina é o antibiótico não ionóforo mais utilizado nos últimos anos para bovinos no Brasil.

A virginiamicina é um antibiótico pertencente à classe das estreptograminas, produzido por uma cepa mutante de *Streptomyces virginiae* (DeSOMER; VAN DIJCK, 1955 apud PAGE, 2003). É uma mistura de dois componentes químicos distintos: fator M ($C_{28}H_{35}N_3O_7$) e fator S ($C_{43}H_{49}N_7O_{10}$) (CROOY; De NEYS, 1972 apud PAGE, 2003) e sua atividade antibacteriana depende da interação sinérgica destes dois componentes.

A virginiamicina é ativa principalmente contra bactérias gram-positivas e são inativas contra *Enterobacteriaceae*, incluindo *Escherichia coli* e *Salmonella* ssp. A maioria das bactérias gram-negativas são resistentes à estreptograminas devido à impermeabilidade da parede celular bacteriana, no entanto, muitas espécies permanecem suscetíveis, por exemplo, algumas espécies como *Serpulina*, *Haemophilus*, *Neisseria*, *Mycoplasma* e *Pasteurella* genera (PAGE, 2003).

Em nível intracelular, os fatores M e S se ligam especificamente e irreversivelmente a subunidades ribossomais 50S, inibindo a formação da ligação peptídica durante a síntese de proteína (VASQUEZ, 1975; COCITO, 1979; COCITO; CHINALI, 1985; COCITO et al., 1997; DiGIAMBATTISTA et al., 1989 apud PAGE, 2003).

Na presença do fator M, complexos de iniciação ribossomais são formados aparentemente de forma normal, mas são funcionalmente inativos, sugerindo a inibição da fase de alongação. O fator S também interfere na síntese de peptídeo

através da prevenção da extensão da cadeia polipeptídica, induzindo o rompimento das cadeias incompletas de proteína. O resultado da ruptura deste importante processo metabólico cessa o crescimento ou mesmo causa a morte da bactéria. Além disso, o crescimento das células bacterianas são inibidos quando estas estão em contato com pequenas doses de virginiamicina por um curto período de tempo e esta inibição no crescimento se estende por um período prolongado mesmo depois que a virginiamicina é retirada (PAGE, 2003).

Em ruminantes, a virginiamicina atua inibindo as bactérias gram-positivas e como resultado pode-se observar redução na produção de lactato, incidência de abscessos hepáticos e acidose ruminal (PAGE, 2003). Estudos com bovinos em confinamento foram conduzidos com o objetivo de testar a dose ótima de virginiamicina (SMITH et al., 1989; GILL et al., 1990). Smith et al. (1989) compararam as doses de 0, 10, 17,5 e 25 ppm de virginiamicina na dieta de bovinos confinados. Não houve efeito do aditivo na IMS e no ganho de peso dos animais. Houve efeito linear da dose de virginiamicina na eficiência alimentar dos animais. A dose de 25 ppm melhorou a eficiência alimentar em 2,6% em comparação ao tratamento controle.

Gill et al. (1990) compararam dietas para bovinos confinados com 0, 10 e 17,5 ppm de virginiamicina ou 25 ppm de monensina sódica. Tanto a virginiamicina quanto a monensina reduziram a IMS, não afetaram o ganho de peso e melhoram a eficiência alimentar dos animais. A virginiamicina na dose de 17,5ppm melhorou a eficiência alimentar em 4,7% contra 2,7% da monensina em relação ao tratamento controle.

Rogers et al. (1995) conduziram uma série de sete estudos sobre dose de virginiamicina para bovinos em confinamento. Quatro estudos foram compilados para avaliação dos efeitos das doses de virginiamicina (0; 11; 19,3 e 27,6 ppm) sobre ingestão de matéria seca, ganho de peso diário e eficiência alimentar. A IMS não foi afetada pelas doses testadas. Houve resposta linear positiva para ganho de peso e eficiência alimentar. De acordo com o modelo de platô linear testado, a dose de virginiamicina exigida para maximizar o GPD foi entre 19,3 e 27,3 mg/kg de MS; para maximizar a conversão alimentar a dose exigida foi entre 13,2 e 19,3 mg/kg de MS e para reduzir a incidência de abscessos hepáticos a dose foi entre 16,5 e 19,3 mg/kg de MS (Figuras 2, 3 e 4).

Figura 2 - Efeito da virginiamicina (0; 11; 19,3 e 27,6 ppm) no ganho de peso diário de bovinos confinados
Fonte: Rogers et al. (1995)

Figura 3 - Efeito da virginiamicina (0; 11; 19,3 e 27,6 ppm) na conversão alimentar de bovinos confinados
Fonte: Rogers et al. (1995).

Figura 4 - Efeito da virginiamicina (0; 11; 19,3 e 27,6 ppm) na incidência de abscessos hepáticos.
Fonte: Rogers et al. (1995)

Salinas-Chavira et al. (2009) estudaram três doses de virginiamicina na dieta (0, 16 e 22,5 ppm) ou monensina (28 ppm) para machos Holandeses confinados por 340 dias, com peso inicial de 119 kg e peso final entre 586 e 600 kg. A IMS (7,77; 7,70; 7,72; 7,78) e o ganho de peso (1,37; 1,38; 1,41; 1,38) não foram afetados pelos tratamentos. A eficiência alimentar aumentou linearmente com as doses de virginiamicina e não respondeu a monensina (0,176; 0,18; 0,183; 0,178; respectivamente).

Coe et al. (1999) conduziram dois estudos com bovinos canulados no rúmen para comparar virginiamicina (0, 175 ou 250 mg/cab/dia) com monensina + tilosina (250mg + 90 mg/cab/dia) durante a fase de adaptação à dietas com alto teor de concentrado (experimento 1) ou quando os animais foram induzidos à acidose (experimento 2). De modo geral a virginiamicina foi mais efetiva que a monensina no controle de *Lactobacillus* e *Streptococcus bovis* e no controle da produção de lactato no rúmen.

Ives et al. (2002) relataram que para bovinos confinados com dietas com teores altos de concentrado, a virginiamicina foi eficaz para reduzir a deaminação de aminoácidos no rúmen o que pode favorecer o fluxo de proteína para o intestino do animal. A combinação de antibióticos tem sido estudada como possibilidade de potencializar os benefícios obtidos individualmente com cada aditivo.

No trabalho de Silva et al. (2004) foi observado que a combinação de salinomicina com virginiamicina aumentou o ganho de peso diário de bovinos em terminação na ordem de 17,9% em relação ao tratamento controle, efeito este não observado para os antibióticos fornecidos isoladamente. Neste estudo os tratamentos contendo salinomicina e virginiamicina isoladamente apresentaram menor consumo de matéria seca em relação à combinação destes aditivos (10,1; 10,2 e 11,3 kg/dia).

Sitta (2011) analisou o efeito de diferentes aditivos no desempenho de tourinhos Nelore recebendo dietas com alto teor de concentrado. Foi avaliado o uso isolado e combinações entre monensina, virginiamicina e salinomicina. A combinação entre monensina e virginiamicina (30 e 15ppm, respectivamente) foi mais eficaz em melhorar o desempenho dos animais do que o uso destes aditivos isoladamente. Houve redução da ingestão de matéria seca e aumento da eficiência alimentar com a combinação entre estes dois aditivos.

Nuñez et al. (2013) testaram dois tipos de dietas, uma com 73% e a outra com 91% de concentrado. As dietas continham 13 ppm de salinomicina e duas doses de virginiamicina (0 e 15 ppm). A presença dos aditivos proporcionou uma diminuição da ingestão de matéria seca e melhor eficiência alimentar, sendo que a combinação de aditivos resultou em melhor desempenho animal em relação ao fornecimento de salinomicina exclusiva.

Por outro lado, Camilo (2014) comparou dietas contendo monensina (30 ppm), combinações de monensina com virginiamicina (30:15; 30:25; 30:34 ppm respectivamente) e virginiamicina sozinha (34 ppm). A IMS e o GPD não diferiu entre os tratamentos. A monensina resultou em melhor eficiência alimentar que a virginiamicina e a combinação entre os dois antibióticos não melhorou o desempenho dos animais em relação ao fornecimento da monensina sozinha.

Com base nos poucos trabalhos revisados sobre combinação de antibióticos, parece que a combinação de salinomicina com virginiamicina é superior ao uso

exclusivo da salinomicina. Entretanto, com relação à combinação entre monensina e virginiamicina os dados são inconsistentes até o momento.

2.1.3 Inclusão de FDN de forragem (FDNf) em dietas para bovinos em terminação

Duas premissas básicas tais como a preservação de um ambiente ruminal saudável e o estímulo para a ingestão de matéria seca e energia, explicam a inclusão de fontes de forragem em dietas para bovinos em terminação (OWENS et al., 1998; ZINN; CORONA; WARE, 2004; GALYEAN; VASCONCELOS, 2008; GALYEAN; HUBBERT, 2012).

Dietas para bovinos em terminação em confinamento contém baixas concentrações de forragem, o que pode propiciar a incidência de distúrbios nutricionais, como acidose. De acordo com Owens et al. (1998), acidose pode ser definida como a redução no excesso de bases em relação ao teor de ácidos (íons de hidrogênio) nos fluidos corporais e pode ser aguda ou crônica. A acidose aguda é constatada após a ingestão de carboidratos não fibrosos de alta degradabilidade em quantidade considerável para se reduzir o pH ruminal ao redor de 5,2 e a acidose crônica caracteriza-se por pH ruminal ao redor de 5,6, com redução na ingestão de alimentos, sem que o animal aparente estar doente (OWENS et al., 1998; GALYEAN; RIVERA, 2003).

A acidose ruminal está associada a muitas outras doenças em bovinos de corte confinados, sendo que dentre estas doenças, rumenite e abscesso hepático receberam maior atenção devido à sua alta prevalência (NAGARAJA, 2007).

De acordo com o mesmo autor, rumenite é uma condição com desenvolvimento de alterações inflamatórias no epitélio e nos tecidos subjacentes de bovinos alimentados com dietas ricas em cereais e com forragem inadequada e pode ser aguda ou crônica, sendo esta última podendo ser denominada de paraqueratose ruminal, onde as papilas ruminais se tornam escuras, maiores, grossas, irregulares e comprimidas umas contra as outras, tornando-se susceptível à invasões de micróbios ruminais tais como *Fusobacterium necrophorum* e *Arcanobacterium pyogenes*, que podem chegar ao fígado, causando os abscessos hepáticos.

De acordo com Santos et al. (2013) o desempenho animal é afetado pela

ocorrência de abscessos hepáticos nos confinamentos da América do Norte enquanto no Brasil, a ocorrência de abscessos hepáticos tem sido mínima em animais zebuínos confinados com dietas de alto grão. Segundo os autores, de modo geral, as dietas dos confinamentos brasileiros contêm menor teor de energia que dos confinamentos americanos em virtude da maior inclusão de forragem, menor valor energético do milho *flint* e maior inclusão de co-produtos fibrosos nas dietas. Além disso, o período de confinamento é mais curto e o animal típico é mais velho que o utilizado na América do Norte.

Nos trabalhos conduzidos no Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”(ESALQ/USP), com bovinos da raça Nelore alimentados com dietas contendo milho floculado entre 75 a 85% da MS da dieta, ainda assim a incidência de abscessos hepáticos tem sido insignificante, mas a ocorrência de danos nas papilas ruminais e ruminite tem sido observada (SANTOS et al., 2013).

Armentano e Pereira (1997) sugeriram que a inclusão de fibra insolúvel em detergente neutro de forragem (FDNf) na dieta aumenta o tempo de mastigação. Com um maior tempo de mastigação, conseqüentemente há uma maior produção de saliva, que irá neutralizar os ácidos provenientes da fermentação ruminal de carboidratos, evitando a queda de pH (OWENS et al., 1998). Zinn, Corona e Ware (2004) recomendam a utilização de 6 a 11% de FDNf em dietas de terminação enquanto que Goulart e Nussio (2011) sugerem 10 a 18% de FDNf para animais zebuínos afim de se assegurar as exigências mínimas de saúde ruminal maximizando a eficiência alimentar dos animais.

Mertens (1997) sugeriu o termo fibra fisicamente efetiva (FDNfe) para determinar de forma mais apropriada a capacidade da fibra da dieta em estimular a mastigação e ruminação em bovinos, em que apenas partículas de FDN maiores que 1,18mm seriam consideradas fisicamente efetivas para estimular a mastigação e ruminação. O valor mínimo de FDNfe recomendado para dietas contendo alto teor energético é de 8% (valor necessário para manter o pH ruminal acima de 5,7), sendo que este valor pode ser reduzido até 5% com a utilização de ionóforos na dieta (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 2000).

No levantamento de recomendações nutricionais adotadas por nutricionistas de bovinos confinados no Brasil realizado por Oliveira e Millen (2014), a inclusão média de forragem nas dietas de terminação mencionada pelos nutricionistas foi de

21% (mínimo = 10% e máximo = 40%) e os nutricionistas reportaram que a silagem de milho foi a fonte primária de forragem utilizada em dietas para bovinos em terminação (27,3%), seguida de silagem de sorgo (24,2%), bagaço de cana-de-açúcar (21,2%), cana fresca picada (15,2%), e silagem de capim (12,1%).

De acordo com Van Soest (1994) apud Reis e Silva (2011), o consumo de silagens muitas vezes tende a ser menor do que o esperado em relação ao de um feno com conteúdo de FDN e digestibilidade similares em virtude do desbalanço de nutrientes que ocorre devido às alterações qualitativas ocorridas durante o processo fermentativo.

Kreikemeier et al. (1990) avaliando a influência do nível de FDNf no desempenho de animais em terminação observaram que os animais alimentados com dietas contendo os níveis de 5 e 10% de FDNf obtiveram um ganho mais rápido e foram mais eficientes em relação aos animais que receberam 0 e 15% de FDNf na dieta. Como fonte de forragem foi utilizada mistura de silagem de milho e feno de alfafa (50 e 50% respectivamente).

Stock et al. (1990) avaliaram diferentes níveis de FDNf (0; 3; 6 e 9% na MS) com a mesma mistura de forragem utilizada por Kreikemeier et al. (1990) e observaram que conforme se aumentou o nível de forragem da dieta houve redução da eficiência alimentar dos animais.

Gorocica-Buenfil e Loerch (2005) analisaram os efeitos dos níveis de FDNf e processamento de grãos no desempenho de bovinos em terminação. Foram utilizadas dietas com alta e baixa forragem (18,2 e 5,2%, respectivamente) e a fonte de forragem utilizada foi silagem de milho em combinação com milho inteiro e milho laminado. Foi constatado que a dieta com alta forragem e milho laminado aumentou em 7% a IMS enquanto que as dietas com baixa forragem não afetaram a ingestão de matéria seca. Não houve interação entre o nível de forragem e processamento para ganho de peso diário e eficiência alimentar.

Com o intuito de se avaliar o papel da FDN proveniente de forragem nas variações da ingestão de matéria seca de bovinos confinados, Galyean e Defoor (2003) revisaram dados de 11 experimentos publicados em 7 artigos científicos onde os níveis de forragem variaram de 0 a 30% da MS e as forragens utilizadas foram feno de alfafa, silagem de milho, silagem de sorgo, silagem de capim sudão, casca de algodão e palha de trigo. Os autores observaram que a inclusão de forragem teve efeito positivo na IMS e que a troca de forragem na dieta pode ser feita sem que

ocorra grande variação na IMS. O nível de forragem explicou 69,9% ($R^2 = 0,699$) da variação na IMS, o nível de FDN de forragem da dieta explicou 92% ($R^2 = 0,920$) da variação na IMS e o nível de peFDN explicou 93,1% ($R^2 = 0,931$) da variação na IMS.

Santos et al. (2013) compilaram dados de 17 experimentos publicados em 12 artigos científicos na América do Norte e realizaram meta-análise com procedimento similar ao de Galyean e Defoor (2003) para se avaliar o efeito da inclusão de forragem na IMS, GPD e GPD/IMS de bovinos confinados recebendo dietas com alto teor de grãos.

Segundo os autores, houve aumento linear no consumo de matéria seca de bovinos com a inclusão de forragem na dieta (Figura 5) e resposta quadrática do GPD em relação ao aumento do nível de FDN de forragem enquanto que a eficiência alimentar foi reduzida de forma linear (Figura 6). O teor de FDN de forragem da dieta respondeu por 93,2% da variação na IMS da dieta, em acordo com o relatado por Galyean e Defoor (2003) de 92%.

Figura 5 - Consumo de matéria seca ajustado em função do teor de FDN de forragem em dietas ricas em grãos de cereais

Fonte: Santos et al. (2013)

Figura 6 - Eficiência alimentar ajustada em função do teor de FDN de forragem em dietas ricas em grãos de cereais
 Fonte: Santos et al. (2013)

Os mesmos autores ainda realizaram uma compilação de 6 experimentos nacionais conduzidos no Brasil com o mesmo intuito de se avaliar o efeito da inclusão de forragem na IMS, GPD e GPD/IMS de bovinos da raça Nelore recebendo dietas com alto teor de grãos e utilizaram o procedimento de análise similar ao de Galeyan e Defoor (2003).

Com os dados nacionais, os autores observaram uma resposta quadrática no consumo de matéria seca e GPD em relação os níveis crescentes de FDN de forragem na dieta enquanto que a eficiência alimentar também foi reduzida de forma linear com o aumento de FDN de forragem na dieta (Figuras 7, 8 e 9). Os autores sugerem que a maior IMS nos zebuínos do que nos taurinos se deve à menor densidade energética das dietas brasileiras com milho *flint*, da forragem de menor qualidade (bagaço de cana-de-açúcar em 5 experimentos e silagem de cana em 1 experimento, totalizando os 6 experimentos) e também devido ao uso de animais mais velhos que os utilizados na América do Norte.

Com relação à resposta quadrática na IMS, os autores reportaram que ainda é difícil de precisar em virtude do banco de dados ainda limitado, porém pode estar relacionado ao tipo de forragem utilizada ou mesmo à limitação na ingestão de energia dos animais. O teor de FDN de forragem da dieta respondeu por grande parte (88,15%) da variação na IMS ($R^2 = 0,8815$). Isso implica que assim com para

taurinos, também para zebuínos o teor de FDN de forragem pode ser utilizado como critério para a troca de alimentos volumosos na dieta com o objetivo de se atingir IMS similar (SANTOS et al., 2013).

Figura 7 - Consumo de matéria seca ajustado em função do teor de FDN de forragem em dietas ricas em grãos de cereais em trabalhos nacionais
Fonte: Santos et al. (2013)

Figura 8 - Ganho de peso ajustado em função do teor de FDN de forragem em dietas ricas em grãos de cereais em trabalhos nacionais
Fonte: Santos et al. (2013)

Figura 9 - Eficiência alimentar ajustada em função do teor de FDN de forragem em dietas ricas em grãos de cereais em trabalhos nacionais

Fonte: Santos et al. (2013)

Nuñez et al. (2013) testaram dois diferentes níveis de silagem de milho (9 e 27%, respectivamente) em animais da raça Nelore com aproximadamente 36 meses de idade. A dieta com menor nível de forragem apresentou maior IMS, GPD, EA, peso da carcaça quente e rendimento de carcaça em relação à dieta contendo 27% de silagem de milho.

Referências

- APPUHAMY, J.A.D.N.; STRATHE, A.B.; JAYASUNDARA, S.; WAGNER-RIDDLE, C.; DIJKSTRA, J.; FRANCE, J. KEBREAB, E. Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: A meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 96, p. 1–13, 2013.
- ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, p. 1416-1425, 1997.
- BARTLEY, E.E.; HEROD, E.L.; BECHTLE, R.M.; SAPIENZA, D.A.; BRENT, B.E. & DAVIDOVICH, A. Effect of monensin or lasalocid, with and without niacin or amicloral, on rumen fermentation and feed efficiency. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 49, n. 4, p. 1066-1075, 1979.
- BEEDE, D.K.; FARLIN, S.D. Effects of antibiotics on apparent studies. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 45, p. 385, 1977.

BEEDE, D.K.; GILL, W.W.; KOENIG, S.E.; LINDSEY, T.O.; SCHELLING, G.T.; MITCHELL, G.E.; TUCKER, R.E. Nitrogen utilization and fiber digestibility in growing steers fed a low protein diet with monensin. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 51, suppl. 1, p. 5, 1980.

BERGER, J.; RACHLIN, A.J.; SCOTT, W.E.; STERNBACH, L.H.; GOLDBERG, M.W. The isolation of three new cristaline antibiotics from Streptomyces. **Journal of the American Chemical Society**, Salt Lake City, v. 73, p. 5295-5298, 1951.

BURRIN, D.G.; BRITTON, R.A. Response to monensin in cattle during subacute acidosis. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, p. 888-893, 1988.

BROWN, M.S.; KREHBIEL, C.R.; DUFF, G.C.; GALYEAN, M.L.; HALLFORD, D.M.; WALKER, D.A. Effect of degree of corn processing on urinary nitrogen composition, serum metabolite and insulin profiles, and performance by finishing steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 78, p. 2464-2474, 2000.

CARARETO, R. **Fontes de nitrogênio, níveis de forragem e métodos de processamento de milho em rações para tourinhos da raça Nelore terminados em confinamento**. 2011. 106 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CHEN, G.; RUSSELL, J.B. More monensin-sensitive, ammonia producing bacteria from the rumen. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 55, p. 1052-1057, 1989.

_____. Effect of monensin and a protonophore on protein degradation, peptide accumulation and deamination by mixed ruminal microorganisms in vitro. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 69, p. 2196–2203, 1991.

COE, M.L.; NAGARAJA, T.G.; SUN, Y.D.; WALLACE, N.; TOWNE, E.G.; KEMP, K.E.; HUTCHESON, J.P. Effect of virginiamycin on ruminal fermentation in cattle during adaptation to a high concentrate diet and during an induced acidosis, **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, p. 2259-2268, 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**, Nebraska, v. 21, p. 200-206, 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**, Lancaster, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.

COSTA, C.; ARRIGONI, M.D.B.; SILVEIRA, A.C.; 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 of Animal Science**, Maringá, v. 24, n. 4, p. 1175-1183, 2002.

DAVIS, J.V.; ERHART, A.B. Effects of monensin and urea in finishing steer rations. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 43, p. 1-8, 1976.

DENNIS, S.M.; NAGARAJA, T.G. Effect of lasalocid or monensin on lactate producing or using rumen bacteria. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 52, p. 418-426, 1981.

DINIUS, D.A.; SIMPSON, M.E.; MARSH, P.B. Effect of monensin fed with forage on digestion and the ruminal ecosystem of steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 42, p. 229-234, 1976.

DUFFIELD, T.F.; MERRILL, J.K.; BAGG, R.N. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 90, p. 4583-4592, 2012.

DUFFIELD, T.F.; RABIEE, A.R.; LEAN, I.J. A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 1. Metabolic effects. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 91, p. 1334-1346, 2008a.

_____. A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 2. Production effects. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 91, p. 1347-1360, 2008b.

ELLIS, J.L.; DJJKSTRA, J.; BANNINK, A.; KEBREAB, E.; HOOK, S.E.; ARCHIBEQUE, S.; FRANCE, J. Quantifying the effect of monensin dose on the rumen volatile fatty acid profile in high-grain fed beef cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, 90, p. 2717-2726, 2012.

FAULKNER, D.B.; KLOPFENSTEIN, T.J.; TROTTER, T.N.; BRITTON, R.A. Monensin effects on digestibility, ruminal protein escape and microbial protein synthesis on high fiber diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 61, p. 654-660, 1985.

FERRILL, M.C.; OWENS, F.N.; GILL, D.R. **Salinomycin levels for feedlot steers and heifers**. Stillwater: Oklahoma Animal Science Research, 1983. 45 p. (Report, MP-114).

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

GALYEAN, M.L.; HUBBERT, M.E. Traditional and alternative sources of fiber: roughage values, effectiveness, and concentrations in starting and finishing diets. In: PLAINS NUTRITION COUNCIL - SPRING CONFERENCE, 2012, San Antonio. **Proceedings...** Amarillo: Texas Agrilife Research and Extension Center, 2012. p. 75-97.

GALYEAN, M.L.; RIVERA, J.D. Nutritionally related disorders affecting feedlot cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, p. 13-20, 2003.

GALYEAN, M.L.; VASCONCELOS, J.T. Optimizing the use of forages in feedlot finishing diets. In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE, 29., 2008, Edmonton. **Proceedings...** Alberta: University of Alberta, 2008. p. 139-151.

GILL, D.R.; STRASIA, C.A.; MARTIN, J.J.; DOLEZAL, H.G.; OWENS, F.N. **Virginiamycin versus monensin for feedlot steers**. Oklahoma: Agricultural Experiment Station, 1990. p.122-127.

GOODRICH, R.D.; GARRET, J.E.; GAST, D.R.; KIRICK, M.A.; LARSON, D.A.; MEISKE, J.C. Influence the monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 58, p. 1484-1498, 1984.

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

GOTTSCHALL, D.W.; WANG, R.; KINGSTON, D.G. Virginiamycin metabolism in cattle rumen fluid. **Drug Metabolism and Disposition: the Biological Fate of Chemicals**, Beltsville, v. 16, p. 804-812, 1988.

GOULART, R.C.D. **Avaliação de antimicrobianos como promotores de crescimento via mistura mineral para bovinos de corte em pastejo**. 2010. 128 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2010.

GOULART, R.S.; NUSSIO, L.G. Exigências de fibra fisicamente efetiva para bovinos confinados. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 7.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF BEEF CATTLE, 2., 2011, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2011. p. 111-153.

HALES, K.E.; MCMENIMAN, J.P.; LEIBOVICH, J.; VASCONCELOS, J.T.; QUINN, M.J.; MAY, M.L.; DILORENZO, N.; SMITH, D.R.; GALYEAN, M.L. Effects of varying bulk densities of steam-flaked corn and dietary roughage concentration on in vitro fermentation, performance, carcass quality, and acid-base balance measurements in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 80, p. 1135-1147, 2010.

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

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

IVES, S.E.; TITGEMEYER, E.C.; NAGARAJA, T.G.; DeIBARRIO, A.; BINDEL, D.J.; HOLLIS, L.C. Effects of virginiamycin and monensin plus tylosin on ruminal protein metabolism in steers fed corn-based finishing diets with or without wet corn gluten feed. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 80, p. 3005-3015, 2002.

KREIKEMEIER, K.K.; HARMON, D.L.; BRANDT, R.T., JR; NAGARAJA, T.G.; COCHRAN, R.C. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, Lancaster, v. 68, p. 2130-2141, 1990.

KUNKLE, W.E.; JOHNS, J.T.; POORE, M.H.; HERD, D.B. Designing supplementation programs for beef cattle fed forage based diets. **Proceedings of the American Society of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. E-Suppl, p. 1-11, 2000. Disponível em: <<http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/1912.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2014.

MENDES, J.L.; MENDO, C. **Conheça o process milling**. 2009. Disponível em: <<http://www.mendesemendo.com.br/process/manual.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

MERCHEN, N.R.; BERGER, L.L. Effect of salinomycin level on nutrient digestibility and ruminal characteristics of sheep and feedlot performance of cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 60, p. 1338-1346, 1985.

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

McGUFFEY, R.K.; RICHARDSON, L.F.; WILKINSON, J.I.D. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 84, suppl. E, p. E194-E203, 2001.

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**, Albany, v. 87, p. 3427-3439, 2009.

MITANI, M.; YAMANISHI, T.; MIYAZAKI, Y. Salinomycin: a new monovalent cation ionophore. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, New York, v. 66, n. 4, p. 1231-1236, 1975.

MORAIS, J.A.S.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A. Aditivos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 539-570.

MUNTIFERING, R.B.B.; THEURER, B.; NOON, T.H. Effects of monen sin on site and extent of whole corn digestion and bacterial protein synthesis in beef steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 53, p. 1565-1573, 1981.

NAGARAJA, T.G. Saúde ruminal. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES – SAÚDE DO RÚMEN, 3., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2007. p. 6-18.

NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.). **The rumen microbial ecosystem**. 2nd ed. London: Chapman & Hall, 1997. p. 524-632.

NAGARAJA, T.G.; TAYLOR, M.B.; HARMON, D.L.; BOYER, J.E. In vitro lactic acid inhibition and alterations in volatile fatty acid production by antimicrobial feed additives. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 65, p. 1064-1076, 1987.

NAGARAJA, T.G.; AVERY, T.B.; BARTLEY, E.E.; ROOF, S.K.; DAYTON, A.D. Effect of lasalocid, monensin or thiopeptin on lactic acidosis in cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 54, p. 649-658, 1982.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7th. Ed. Washington: National Academic Press, 2000. 248p.

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

NUÑEZ, A.J.C.; CAETANO, M.; BERNDT, A.; DEMARCHI, J.J.A.A.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. Combined use of ionophore and virginiamycin for finishing Nellore steers fed high concentrate diets. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 4, p. 239-236, 2013.

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

OLIVER, W.M. Effect of monensin on gains of steers grazed on coastal bermudagrass. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 41, p. 999-1001, 1975.

OWENS, F.N.; BASALAN, M. Gain and efficiency responses to various grain processing methods. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 7., 2012, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2012a. 1 CD-ROM.

_____. Limits to ruminal and post ruminal starch digestion and energetic efficiency. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 7., 2012, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2012b. 1 CD-ROM.

OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminal and postruminal starch digestion by cattle. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Proceedings...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006. p. 116-128. Disponível em: <http://beefextension.com/proceedings/cattle_grains06/06-17.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2016.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, p. 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**, Albany, v. 75, p. 868-879, 1997.

_____. Acidosis in cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 275-286, 1998.

PAGE, S.W. Mode of action. In: _____. (Ed.). **The role of enteric antibiotics in livestock production**. Canberra: Avcare, 2003. p.1-14.

PERES, S.M. **Processamento de grãos de milho do tipo *flint* ou duro e adequação proteica em rações para bovinos em terminação**: desempenho animal e digestibilidade do amido. 2011. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

PERRY, T.W.; BEESON, W.M.; MOHLER, M.T. Effect of monensin on beef cattle performance. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 42, p. 761-765, 1976.

POOS, M.I.; HANSON, T.L.; KLOPFENSTEIN, T.J. Monensin effects on diet digestibility, ruminal protein bypass and microbial protein synthesis. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 48, p. 1516, 1979.

PRESSMAN, B.C. Biological applications of ionophores. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 45, p. 501-503, 1976.

RAUN, A.P. Rumensin “then and now”. In: ELANCO ANIMAL HEALTH. **Rumens in the 1990s**. Denver, 1990. p. A1–A20.

RAUN, A.P.; COOLEY, C.O.; POTTER, E.L.; RATHMACHER, R.P.; RICHARDSON, L.F. Effect of monensin on feed efficiency of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 43, p. 670-677, 1976.

REFFLET-STABEL, J.; SPEARS, J.W.; HARVEY, R.W.; LUCAS, D.M. Salinomycin and lasalocid effects on growth rate, mineral metabolism and ruminal fermentation in steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 67, p. 2735-2742, 1989.

REINHARDT, C.D.; BRANDT JR., R.T. ECK, T.P.; TITGEMEYER, E.C. Performance, digestion, and mastication efficiency of Holstein steers fed whole or processed corn in limit- or full-fed growing-finishing systems. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 1778-1788, 1997.

REIS, R.A.; SILVA, S.C. Consumo de forragens. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2011. p. 83-109.

RICHARDSON, L.F.; RAUN, A.P.; POTTER, E.L.; COOLEY, C.O.; RATHMACHER, R.P. Effect of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 43, p. 657-664, 1976.

ROGERS, J.A.; BRANINE, M.E.; MILLER, C.R.; WRAY, M.I.; BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L.; GILL, D.R.; PRITCHARD, R.H.; STILBORN, R.P.; BECHTOL, D.T. Effects of dietary virginiamycin on performance and liver abscess incidence in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 73, p. 9-2, 1995.

ROGERS, M.; JOUANY, J.P.; THIVEND, P.; FONTENOT, J.P. The effect of short term and long term monensin supplementation and its subsequent withdrawal on

digestion in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 65, p. 113–127, 1997.

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

RUSSEL, J.B.; MARTIN, S.A. Effects of various methane inhibitors on the fermentation of amino acids by mixed rumen microorganisms in vitro. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 59, p. 1329-1338, 1984.

RUSSELL, J.B.; STROBEL, H.J. Effect of ionophores on ruminal fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 55, p. 1-6, 1989.

SALINAS-CHAVIRA, J.; LENIN, J.; PONCE, E.; SANCHEZ, U.; TORRENTERA, N.; ZINN, R.A. Comparative effects of virginiamycin supplementation on characteristics of growth- performance, dietary energetics, and digestion of calf-fed Holstein steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 4101-4108, 2009.

SANTOS, F.A.P.; CARARETO, R.; MARQUES, R.S. Processamento de grãos para bovinos de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 9., 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2011. p. 403-432.

SANTOS, F.A.P.; PEREIRA, E.M.; PEDROSO, A.M.P. Suplementação energética de bovinos de corte em confinamento. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 5., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004, p. 262-297.

SANTOS, F.A.P.; SOUZA, J.; BATISTEL, F.; COSTA, D.F.A. Modalidades de confinamento sem o uso de volumosos: realidade e limitações. In: ENCONTRO DA COAN CONSULTORIA; ENCONTRO DE CONFINAMENTO: GESTÃO TÉCNICA E ECONÔMICA, 8., 2013, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel, 2013. p. 261-291.

SHELLING, G.T. Monensin mode of action in the rumen. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 61, p. 1518-1527, 1984.

SILVA, S.L.; ALMEIDA, R.; SCHWAHOFFER, D.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. Effects of salinomycin and virginiamycin on performance and carcass traits of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 82, Abstract M166, 2004.

SITTA, C. **Aditivos (ionóforos, antibióticos não ionóforos e probióticos) em dietas com altos teores de concentrado para tourinhos da raça Nelore em terminação**. 2011. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SMITH, M.T.; GILL, D.R.; OLTJEN, J.W.; DOLEZAL, H.G.; STRAZIA, C.A.; MARTIN, J.J.; ROGERS, J.A. **The effect of virginiamycin on performance of feedlot cattle**. Oklahoma: Animal Science Research Report, 1989. p. 137-141.

SPEARS, J.W. Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. **Journal of Nutrition**, Rockville, v. 120, p. 632–638, 1990.

STOCK, R.A.; SINDT, M.H.; PARROTT, J.C.; GOEDEKEN, F.K. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. **Journal of Animal Science**, Lancaster, v. 68, p. 3441-3455, 1990.

SURBER, L.M.M.; BOWMAN, J.G P. Monensin effects on digestion of corn or barley high concentrate diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 1945-1954, 1998.

SWINGLE, R.S.; ECK, T.P.; THEURER, C.B.; LA LLATA, M.; POORE, M.H.; MOORE, J.A. Flake density of steam-processed sorghum grain alters performance and sites of digestibility by growing-finishing steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 77, p. 1055-1065, 1999.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P. Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 32, p. 1591-1602, 2003.

TEDESCHI, L.O.; OWENS, F.N.; POPPI, D.P.; CARSTENS, G.E.; BOIN, C. Interações do processamento de grãos com raças bovinas (*Bos indicus* e *Bos taurus*). In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 7., 2012, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2012. 1 CD-ROM.

TESTER, R.F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch: composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, p. 151-164, 2004.

THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, p. 1649-1662, 1986.

THEURER, C.B.; LOZANO, O.; ALIO, A.; DELGADO-ELORDUY, A.; SADIK, M.; HUBER, J.T.; ZINN, R.A. Steam-processed corn and sorghum grain flaked at different densities alter ruminal, small intestinal, and total tract digestibility of starch by steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 77, p. 2824-2831, 1999.

TURGEON, J.R.; BRINK, D.R.; BRITTON, R.A. Corn particle size mixtures, roughage level and starch utilization in finishing steers diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 57, p. 739-749, 1983.

UTLEY, P.R.; NEWTON, R.J.; RITTER III; McCORMICK, W.C. Effects of feeding monensin in combination with zeranol and testosterone-estradiol implants for growing and finishing heifers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 42, p. 754-760, 1976.

Van NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Effect of monensin on rumen metabolism *in vitro*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 34, p. 251-257, 1977.

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

VASCONCELOS, J.T.; GALYEAN, M.L. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: the 2007 Texas Tech University survey. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 85, p. 1261-1274, 2007.

WANG, T.L.; BOGRACHEVA, T.Y.; HEDLEY, C.L. Starch: as simple as A, B, C? **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 49, p. 481–502, 1998.

WARD, C.F.; GALYEAN, M.L. **The relationship between retrograde starch as measured by starch availability estimates and in vitro dry matter disappearance of steam-flaked corn**. Lubbock: Texas Tech University, Department of Animal and Food Sciences, 1999. 3 p. (Burnett Ctr. Prog. Report, 2).

WHETSTONE, H.D.; DAVIS, C.L.; BRYANT, M.P. Effect of monensin on breakdown of protein by ruminant microorganisms in vitro. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 53, p. 803-809, 1981.

WOLIN, M.J. A theoretical rumen fermentation balance. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 43, p.1452-1459, 1960.

ZINN, R.A. Effect of salinomycin supplementation on characteristics of digestion and feedlot performance of cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, p. 1996-2004, 1986a.

_____. Influence of forage level on response of feedlot steers to salinomycin supplementation. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, p. 2005-2012, 1986b.

_____. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 68, p. 767–775, 1990.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N. Influence of feed intake level on site of digestion in steers fed a high concentrate diet. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 56, p. 471-475, 1983.

ZINN, R.A.; CORONA, L.; WARE, R.A. Forage quality: Impacts on cattle performance and economics In: NATIONAL ALFALFA SYMPOSIUM; CALIFORNIA ALFALFA SYMPOSIUM, 34., 2004, San Diego. **Proceedings...** San Diego: University of California, 2004. p. 209-216.

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**, Albany, v. 80, p. 1145-1156, 2002.

3 DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E PARÂMETROS RUMINAIS DE BOVINOS NELORE CONFINADOS RECEBENDO ADITIVOS E TIPOS DE PROCESSAMENTO DE GRÃOS EM DIETAS COM ALTO TEOR DE CONCENTRADO

Resumo

A finalidade deste estudo foi avaliar o desempenho, características de carcaça e parâmetros ruminais de tourinhos da raça Nelore alimentados com dietas contendo milho *flint* processado de duas formas (moagem fina e floculação) e aditivos (monensina sódica e formulação A062 à base de virginiamicina; produto teste, não comercial, fornecido pela Ourofino Saúde Animal). Foram utilizados 239 tourinhos ($PCI=350\pm 26,79$ kg) bloqueados de acordo com o peso corporal inicial e alojados em 40 baias em um arranjo fatorial 2x4. Os tratamentos foram: MF: milho moído fino, sem a inclusão de aditivos; MF17V: milho moído fino e inclusão de 17ppm de formulação A062 à base de virginiamicina; MF25V: milho moído fino e inclusão de 25ppm de formulação A062 à base de virginiamicina; MF25M: milho moído fino e inclusão de 25ppm de monensina sódica (Rumensin®); FL: milho floculado; sem a inclusão de aditivos; FL17V: milho floculado e inclusão de 17ppm formulação A062 à base de virginiamicina; FL25V: milho floculado e inclusão de 25ppm formulação A062 à base de virginiamicina; FL25M: milho floculado e inclusão de 25ppm de monensina sódica (Rumensin®). Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS. A floculação proporcionou aumento no peso final ($P = 0,01$), ganho de peso diário ($P = 0,02$), eficiência alimentar (GPD/CMS) ($P = 0,002$), peso da carcaça quente ($P=0,006$) e tendeu a aumentar ($P=0,08$) o rendimento de carcaça dos animais em comparação com a moagem fina. Houve tendência de interação entre o processamento e o fornecimento de aditivos para ingestão de matéria seca ($P = 0,11$) e para ganho de peso diário ($P = 0,15$). A floculação proporcionou redução ($P = 0,001$) do teor de amido fecal (4,5 vs. 11,5%) e aumento ($P = 0,0001$) na digestibilidade do amido no trato total (97,7 vs. 91,72%) em relação à moagem fina. A floculação proporcionou aumento ($P = 0,001$) dos valores de energia líquida para manutenção e ganho observadas da dieta em comparação com a moagem fina (1,98 vs. 1,9; 1,33 vs. 1,25 Mcal/kg, respectivamente). A floculação aumentou ($P=0,05$) o número médio de papilas em relação à moagem fina e os aditivos aumentaram a altura ($P = 0,04$), a largura ($P=0,01$), a área das papilas ($P=0,05$) e reduziram a espessura de faixa de queratina ($P = 0,001$) em relação ao tratamento controle. Houve tendência das formulações à base de virginiamicina aumentarem o peso da carcaça quente ($P = 0,08$) (283,2 vs. 277,5 kg) dos animais em comparação com a monensina sódica, mas não em relação ao tratamento controle sem aditivos. A floculação foi mais efetiva que a moagem fina para aumentar a digestibilidade do amido no trato total, o valor energético do milho e o desempenho de bovinos confinados enquanto que os aditivos não foram efetivos para aumentar o valor energético das dietas e a eficiência alimentar dos animais.

Palavras-chave: Aditivos; Nelore; Floculação.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the performance, carcass characteristics and ruminal parameters of finishing Nellore cattle fed high-grain diets containing different flint corn processing (fine ground and flaked corn) and additives (sodium monensin and A062 formulation based on virginiamycin; test product, non-commercial, provided by Ourofino Saúde Animal). Two hundred and thirty nine Nellore bulls (IBW=350±26.79kg) were blocked based on their initial body weight and randomly divided into 40 pens in a factorial 2x4 arrangement. The treatments were: MF: fine ground corn, without additive; MF17V: fine ground corn + 17 ppm of A062 formulation based on virginiamycin; test product, non-commercial, provided by Ourofino Saúde Animal; MF25V: fine ground corn + 25 ppm of A062 formulation based on virginiamycin; test product, non-commercial, provided by Ourofino Saúde Animal; MF25M: fine ground corn + 25ppm of sodium monensin (Rumensin®); FL: steam-flaked corn, without additive; FL17V: steam-flaked corn + 17 ppm of A062 formulation based on virginiamycin; test product, non-commercial, provided by Ourofino Saúde Animal; FL25V: steam-flaked corn + 25 ppm of A062 formulation based on virginiamycin; test product, non-commercial, provided by Ourofino Saúde Animal; FL25M: steam-flaked corn + 25ppm of sodium monensin (Rumensin®). Data were analyzed using PROC MIXED of SAS. Steam-flaking provided an increase in final body weight ($P = 0.01$), average daily gain ($P = 0.02$), feed efficiency (GPD/CMS) ($P = 0.002$), hot carcass weight ($P=0.006$) and tended to increase ($P=0.08$) carcass yield. There was a tendency between corn processing and feed additives for dry matter intake ($P = 0.11$) and average daily gain ($P = 0.15$). Steam-flaking provided a reduction in ($P = 0.001$) fecal starch (4.5 vs. 11.5%) and an increase ($P = 0.0001$) in total tract starch digestibility (97.7 vs. 91.72%) in comparison to fine ground corn. Steam-flaking provided an increase in the values of ($P = 0.001$) net energy for maintenance and net energy for gain values of the diet (1.98 vs. 1.9; 1.33 vs. 1.25 Mcal/kg, respectively and increased ($P=0.05$) the average number of papillae. Additives increased ($P = 0.04$) papillae leight, width ($P=0.01$) and area ($P=0.05$) and decreased keratin strip thickness ($P = 0.001$) in comparison to the control diet. There was a tendency of A062 formulations based on virginiamycin to increase hot carcass weight ($P = 0.08$) (283.2 vs. 277.5 kg) in comparison to monensin , but not in relation to the control treatment, without additive. Steam-flaking were more effective to increase total tract starch digestibility, corn energy values and animal performace while the additives were not effective to increase the net energy value of the diets and animal feed efficiency.

Keywords: Additives; Nellore; Steam-flaked corn.

3.1 Introdução

O milho é a principal fonte energética em dietas para bovinos confinados no Brasil. A maior parte dos grãos é composta pelo amido, que pode ter sua digestibilidade afetada principalmente por fatores que limitam o acesso das enzimas amilolíticas ao amido, tais como a presença do pericarpo que reveste o grão e a presença da matriz proteica de baixa solubilidade que envolve os grânulos de amido na porção vítrea do endosperma (OWENS; BASALAN, 2012).

Determinados métodos de processamento de grãos são eficientes para eliminar essas barreiras, aumentando a digestibilidade do amido no trato digestivo e proporcionando melhor desempenho animal. O tipo de milho predominante no Brasil é o milho duro ou *flint*, com alta proporção de endosperma vítreo, onde os grânulos de amido são estocados de forma compactada e revestidos por uma densa matriz de proteína rica em zeína (CORREIA et al., 2002). A moagem a seco, método de processamento mais utilizado no Brasil não é efetiva para romper de forma efetiva as barreiras físicas à digestão do amido discutidas acima. Métodos mais intensos de processamento como a ensilagem de grãos úmidos e floculação são efetivos para romperem essas barreiras e podem ser mais benéficos para cultivares de milho duro do que para milho dentado utilizado na América do Norte.

Aditivos alimentares são utilizados com a finalidade de reduzir riscos de distúrbios metabólicos e aumentar o ganho de peso e ou a eficiência alimentar dos animais. Os ionóforos são os antimicrobianos mais utilizados na alimentação de bovinos como promotores de crescimento. Diversas revisões de literatura ilustram seu mecanismo de ação e efeitos nos padrões de fermentação ruminal (SCHELLING, 1984; PAGE, 2003; TEDESCHI et al., 2003; ELLIS et al., 2012) e produção de metano (PAGE, 2003; TEDESCHI et al., 2003; APPUHAMY et al., 2013). O ionóforo monensina sódica é o aditivo mais utilizado nas dietas de confinamento. Dentre os não ionóforos, a virginiamicina tem sido bastante utilizada no Brasil, exclusiva ou combinada com a monensina. Em ruminantes, a virginiamicina atua inibindo as bactérias gram-positivas e como resultado pode-se observar redução na produção de lactato, incidência de abscessos hepáticos e acidose ruminal (PAGE, 2003).

Este estudo foi conduzido com o objetivo de testar as hipóteses que: a) o antibiótico não-ionóforo virginiamicina é efetivo em substituir o ionóforo monensina sódica na alimentação de bovinos em terminação; b) a floculação do milho *flint* melhora o valor energético deste cereal acima dos valores relatados na literatura com milho dentado; c) a floculação aumenta a ingestão de energia e a eficiência alimentar de machos zebuínos; d) as vantagens do método de floculação dos grãos de milho devem ser maiores com cultivares de milho duro utilizadas no Brasil do que com cultivares de milho dentado utilizadas nos Estados Unidos. Foi avaliado o desempenho, características de carcaça e parâmetros ruminais de tourinhos da raça Nelore confinados alimentados com dietas contendo milho *flint* processado de duas

formas (moagem fina e floculação) em associação a aditivos (monensina sódica e virginiamicina).

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Local do experimento e desenho experimental

O experimento foi conduzido nas instalações do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), localizada no município de Piracicaba/SP, de 19/04/2012 a 12/08/2012.

Foi adotado o delineamento em blocos casualizados totalizando 8 tratamentos (fatorial 2x4). Foram testados dois métodos de processamento do milho *flint* (moagem fina ou floculação) e dois aditivos (monensina sódica e virginiamicina):

MF: Milho moído fino, sem a inclusão de aditivos (Controle);

MF17V: Milho moído fino e inclusão de 17ppm de Formulação A062 à base de virginiamicina (produto teste, não comercial, fornecido pela Ourofino Saúde Animal);

MF25V: Milho moído fino e inclusão de 25ppm de Formulação A062 à base de virginiamicina (produto teste, não comercial, fornecido pela Ourofino Saúde Animal);

MF25M: Milho moído fino e inclusão de 25ppm de monensina sódica (Rumensin®);

FL: Milho floculado; sem a inclusão de aditivos;

FL17V: Milho floculado e inclusão de 17ppm de Formulação A062 à base de virginiamicina (produto teste, não comercial, fornecido pela Ourofino Saúde Animal);

FL25V: Milho floculado e inclusão de 25ppm de Formulação A062 à base de virginiamicina (produto teste, não comercial, fornecido pela Ourofino Saúde Animal);

FL25M: Milho floculado e inclusão de 25ppm de monensina sódica (Rumensin®).

3.2.2 Animais e dieta experimental

Foram separados em fazenda comercial 300 animais da raça Nelore, não castrados, com aproximadamente 24 meses de idade e transportados para as instalações do confinamento experimental da ESALQ/USP, onde passaram a receber dieta pré-experimental (Tabela 4) pelo período de 05/03/2012 à 18/04/2012.

Tabela 4 - Composição da dieta pré-experimental

Ingredientes	kg de MS
Bagaço de cana-de-açúcar <i>in natura</i>	3,1
Silagem de milho	1,5
Milho moído fino	0,7
Polpa cítrica peletizada	0,7
Caroço de algodão	0,6
Farelo de soja	0,2
Ureia	0,12
Núcleo mineral*	0,08

*Composição do núcleo mineral: Ca = 70 g/kg; P = 30 g/kg; K = 70 g/kg; Na = 130 g/kg; S = 70 g/kg; Cu = 1000 mg/kg; I = 50 mg/kg; Mn = 1000 mg/kg; Se = 17 mg/kg; Zn = 3500 mg/kg; Vitamina A = 450.000 UI; Vitamina D = 30.000 UI; Vitamina E = 1000 UI

No dia 19/04/2012 teve início o período experimental. Após 10 horas de jejum hídrico e 16 horas de jejum alimentar, os animais foram pesados, receberam aplicação de vermífugo (Albendazol; 20 ml por cabeça e Ivermectina; 8 ml por cabeça) e foram vacinados contra clostridioses (Sintoxan®; 2 ml por cabeça). Para o experimento, foram selecionados 240 animais com peso corporal médio inicial de $350 \pm 26,79$ kg, distribuídos em 5 blocos de acordo com o peso corporal inicial e alojados em 40 baias de 32m² cada, parcialmente cobertas, com piso de concreto e providas de bebedouro (6 animais por baia).

A dieta experimental foi formulada de acordo com o LRNS (LARGE RUMINANT NUTRITION SYSTEM; FOX et al., 2004) para suprirem as exigências dos bovinos na fase de terminação. A composição das dietas é apresentada na Tabela 5 e a composição química dos ingredientes das dietas experimentais é apresentada na Tabela 6.

Tabela 5 - Composição da dieta experimental

Ingredientes (% MS)	Tratamentos							
	MF	MF17V	MF25V	MF25M	FL	FL17V	FL25V	FL25M
Bagaço de cana-de-açúcar	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Milho moído fino	50,0	50,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Milho floculado	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Polpa cítrica peletizada	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9
Caroço de algodão	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Farelo de soja	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Ureia	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Núcleo mineral ¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
PB ² , %	14,5	14,5	14,5	14,5	14,2	14,2	14,2	14,2
Proteína degradável no rúmen (PDR, % PB)	74,0	74,0	74,0	74,0	69,0	69,0	69,0	69,0
FDN ² , %	25,3	25,3	25,3	25,3	27,6	27,6	27,6	27,6
NDT estimado ³ , %	86,0	86,0	86,0	86,0	83,0	83,0	83,0	83,0

¹Composição do núcleo mineral: Ca = 70 g/kg; P = 30 g/kg; K = 70 g/kg; Na = 130 g/kg; S = 70 g/kg; Cu = 1000 mg/kg; I = 50 mg/kg; Mn = 1000 mg/kg; Se = 17 mg/kg; Zn = 3500 mg/kg; Vitamina A = 450.000 UI; Vitamina D = 30.000 UI; Vitamina E = 1000 UI.

²Valores de proteína bruta (PB) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) baseados na composição química dos ingredientes analisados.

³Estimado pelo LRNS (LARGE RUMINANT NUTRITION SYSTEM; FOX et al., 2004).

Tabela 6 - Composição química dos ingredientes das dietas experimentais

Item ¹	Ingredientes					
	BIN ²	Milho moído fino	Milho floculado	Polpa cítrica peletizada	Caroço de algodão	Farelo de soja
MS, %	94,40	94,40	93,90	93,90	94,50	95,00
PB, % MS	5,50	9,40	8,70	8,50	20,60	47,80
EE, % MS	2,48	6,14	3,93	3,27	16,30	2,28
Cinzas, % MS	3,10	2,07	1,87	9,36	4,66	6,05
FDN, % MS	78,40	15,60	20,30	27,30	49,20	17,90
FDA, % MS	67,20	5,70	6,70	21,30	37,50	11,10
Lignina, % MS	15,32	8,91	2,03	4,85	10,89	1,15
Amido, % MS	0,00	62,70	64,70	0,60	0,30	1,90
NDT ³	45,0	86,0	84,0	67,0	70,0	81,0

¹MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; FDN = Fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = Fibra insolúvel em detergente ácido; NDT=Nutrientes digestíveis totais.

²BIN = Bagaço de cana-de-açúcar *in natura*.

³Estimado pelo LRNS (LARGE RUMINANT NUTRITION SYSTEM; FOX et al., 2004).

No primeiro dia experimental os animais receberam 1,5% do peso corporal em MS e foi realizado um ajuste crescente de no máximo 0,4 kg de MS por animal por dia. Antes da alimentação foi realizada a leitura de cocho, para ajustar a ingestão de matéria-seca e manter no máximo 3% de sobras. As sobras foram retiradas semanalmente e pesadas para avaliação do consumo por baia.

Diariamente, às 13:30 horas a dieta foi preparada e fornecida na forma totalmente misturada com o uso de um vagão misturador com capacidade de 2,3 m³, equipado com balança eletrônica com precisão de 2 kg e sistema de mistura por tombamento (SILTOMAC – Misturadora de dieta total S – 2.3).

Os aditivos foram adicionados ao núcleo mineral pela utilização de misturador em “Y” com capacidade de 40 kg/batida e estocados em bombonas plásticas. O bagaço de cana-de-açúcar, o milho e a polpa cítrica peletizada foram pesados diretamente no vagão misturador enquanto que o farelo de soja, a ureia e o núcleo mineral foram pesados individualmente em balança com capacidade para 100 kg com precisão de 0,1 kg (MARTE®). Os bebedouros de água foram drenados e lavados semanalmente e os pisos das baias raspados a cada 7 dias com o auxílio de trator provido de lâmina.

O milho processado a seco foi moído em moinho de martelo na fábrica de ração do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP. O milho floculado utilizado no experimento foi adquirido da Fazenda Conforto em Nova Crixás, Goiás. O material foi parcialmente secado ao ar e entregue no Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP a cada 15 dias e estocado esparramado em camada fina, em barracão coberto e com piso revestido de concreto. Foi evitada ao máximo a quebra dos flocos de milho e diariamente o material foi inspecionado para se verificar as condições de armazenamento. A densidade do floco de milho ao sair do floculador foi de 360 g/L, conforme relatado pela empresa responsável pelo processamento.

Amostras de bagaço de cana-de-açúcar *in natura*, milho (moído e floculado), polpa cítrica peletizada, caroço de algodão e farelo de soja foram coletadas uma vez por semana para determinação da matéria seca de acordo com metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists – AOAC (2000) para posterior aferição da quantidade dos ingredientes da ração.

Foi determinado o tamanho médio de partículas (TMP) dos grãos de milho moído fino e floculado de acordo com a metodologia descrita por Yu et al. (1998). O

TMP para os grãos de milho moído fino foi de 1,31 mm e 5,29 mm para o milho floculado. A vitreosidade dos grãos foi determinada de acordo com Dombrink-Kurtzman e Bietz (1993), por meio da dissecação manual de 50 grãos inteiros para cada tipo de processamento, obtendo-se 74,72 e 71,04% de vitreosidade para os grãos de milho floculado e moído fino, respectivamente.

O TMP do bagaço de cana-de-açúcar foi calculado com base na metodologia da estratificação em peneiras conforme descrito pelo método *Penn State Particle Size Separator* (LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRICH, 1996), obtendo-se TMP médio de 8,33 mm.

3.2.3 Amostras dos ingredientes e análises bromatológicas

Amostras do bagaço de cana-de-açúcar, milho (moído, floculado e íntegro; no caso do milho floculado, foram enviadas amostras de milho íntegro pela empresa produtora), polpa cítrica peletizada, caroço de algodão e farelo de soja foram coletadas semanalmente, pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas e moídas em moinho tipo “Wiley” providos de peneira de 1 mm de porosidade e armazenadas. Ao final do período experimental, as amostras de cada um dos ingredientes foram compostas, formando amostras homogêneas que posteriormente foram analisadas quimicamente.

As análises químicas foram realizadas no Ruminant Nutrition Laboratory (Texas A&M University, College Station, Texas). A determinação de matéria seca foi realizada de acordo com a metodologia proposta pela Association of Official Analytical Chemists – AOAC (2000).

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi determinado de acordo com Van Soest, Robertson e Lewis (1991), teor de FDA, cinzas e proteína bruta de acordo com Association of Official Analytical Chemists – AOAC (2000) enquanto que lignina foi determinada de acordo com Goering e Van Soest. (1970), extrato etéreo de acordo com Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2006) e amido de acordo com Hall (2009).

3.2.4 Determinação do desempenho animal

A ingestão de matéria seca (IMS) (kg/dia) foi calculada como a diferença entre o ofertado e as sobras. Para a determinação do ganho de peso diário (GPD), os animais foram pesados no primeiro e no último dia do período experimental, após jejum hídrico de 10 horas e jejum alimentar de 16 horas. E pelos dados de IMS e GPD foi calculada a eficiência alimentar dos animais (GPD/IMS).

3.2.5 Coleta de dados após o abate

Os animais foram abatidos no Frigorífico Angeleli Ltda, localizado em Piracicaba/SP. Após o abate foram determinados o peso da carcaça quente e o rendimento de carcaça (peso da carcaça quente dividido pelo peso corporal final do animal).

Após resfriamento das carcaças por 24 horas a 0°C, a espessura de gordura subcutânea (EGS) e a área de olho de lombo (AOL) foram determinadas na altura da 12ª e 13ª costelas de acordo com Luchiari Filho (2000). Para a leitura da EGS foi utilizado paquímetro digital de precisão de 0,05 mm e para AOL foi utilizado transparência graduada em centímetros quadrados (grid Linbif).

Para análise de morfologia e histologia do epitélio ruminal os animais foram eviscerados e os compartimentos rúmen + retículo foram isolados. Após a limpeza, foram abertos, esvaziados, e lavados em água corrente. Um fragmento de aproximadamente 1cm² foi coletado da região do saco cranial do rúmen, para análise morfológica das papilas, e um fragmento de mesma dimensão foi coletado do recesso do saco ventral do rúmen, para análise histológica.

As amostras para análise de morfologia das papilas foram imediatamente colocadas em frascos contendo solução de tampão fosfato (PBS = 0,79 g de NaCl; 0,223 g de Na₂HPO₄; 0,0524 g de NaH₂PO₄; em 100 mL de H₂O) a 0,1 M e pH 7,4. e foram mantidas por até três dias refrigeradas para a realização das mensurações morfológicas macroscópicas da parede ruminal. E as amostras coletadas para avaliação histológica das papilas foram fixadas em paraformaldeído (LILLIE; FULLMER, 1976).

As análises de morfometria e histologia foram realizadas no Laboratório de Morfologia e Histologia da UNESP campus de Dracena. Para as análises de

morfometria e histologia das papilas do rúmen, dois animais de cada baia foram escolhidos aleatoriamente. As variáveis morfométricas macroscópicas avaliadas foram: número médio de papilas por cm^2 de parede (NMP), área média das papilas (AMP), área total de superfície absorptiva por cm^2 de parede (ASA) e representatividade das papilas ruminais na área total de superfície absorptiva (RPSA). O NMP em todo fragmento foi mensurado por três avaliadores e o dado final foi o valor médio das três contagens. A AMP foi mensurada por meio de imagens digitalizadas das papilas por meio do programa de análise de imagens UTHSCSA Image Tool (RESENDE JÚNIOR et al., 2006).

Em cada fragmento foi analisado a área média de doze papilas seccionadas aleatoriamente da base (Figura 10). O dado final para AMP foi a média das doze papilas*2. A ASA foi calculada pela seguinte fórmula: $1 + (\text{NMP} \times \text{AMP}) - (\text{NMP} \times 0,002)$, onde o número 1 representa o fragmento de 1 cm^2 coletado, e o 0,002 é a área basal estimada de cada papila ruminal (DANIEL et al., 2006). Por fim, a RPSA foi calculada: $(\text{NMP} \times \text{AMP} / \text{ASA}) \times 100$.

Figura 10 – Imagem digitalizada da base do epitélio ruminal e das papilas (programa de análise de imagens UTHSCSA Image Tool).

Para avaliação histológica das papilas, as amostras foram removidas do fixador (paraformaldeído) por uma série crescente de alcoóis. Para a inclusão do material, foram montadas as travas e preenchido de parafina (Histosec® III). Terminada essa inclusão e passado o período de secagem total dos blocos fabricados, foram feitos cortes desse material, no micrótomo, em secções de $5 \mu\text{m}$ e

caracterizados como cortes definitivos. A coloração dos cortes nas lâminas foi efetuada com a inclusão destas em sequência crescente de xilol, corantes e álcoois, para a finalização da confecção das lâminas e posterior análise.

Foi utilizado o analisador de imagens Leica Qwin, contido no microscópio eletrônico de luz Leica, para obtenção de imagens de cada corte (Figura 11), captadas por uma microcâmara para posterior digitalização e mensurações histológicas, sendo elas, altura, largura, área das papilas e espessura de faixa de queratina (EFQ) das papilas ruminais, escolhendo aleatoriamente quatro papilas por animal, sendo o valor final, a média destas.

Figura 11 – Cortes histológicos de mucosa ruminal da região do recesso do saco ventral do rúmen.

A altura papilar (em cm) foi definida como sendo uma linha reta traçada desde a base ao ápice da papila. Para a aferição da largura das papilas, foram traçadas retas em quatro lugares distintos, para que a média fosse considerada. Da mesma forma, para se obter a espessura de faixa de queratina, foram traçadas retas delimitando tal camada em quatro posições distintas, para que a média fosse estabelecida. Para determinar a área das papilas, foram delimitadas a área de quatro papilas a fim de se obter a média desta variável.

3.2.6 Coleta de fezes, determinação do teor de amido fecal e digestibilidade do amido

Coletas de fezes de 3 animais por baia foram realizadas nos dias 33 e 91 do período experimental. As coletas foram efetuadas diretamente do piso da baia logo

após o animal ter defecado, evitando assim uma possível contaminação. As fezes foram colocadas em caixas de isopor providas de gelo e levadas para o laboratório imediatamente após a coleta para secagem em estufa com ventilação forçada (55°C) por 72 horas (SILVA, 1990). Após a secagem em estufa, foram moídas em moinhos tipo “Wiley” providos de peneiras com malha de 1,0 mm e compostas por baia formando uma amostra homogênea para a determinação do teor de amido fecal.

A análise de determinação do teor de amido fecal foi realizada no Laboratório de Nutrição “Dr. Flávio Prada” na UNESP, campus de Jaboticabal. O teor de amido fecal foi quantificado pelo método da amiloglicosidase descrito por Hendrix (1995).

Pelo teor de amido fecal, foi calculada a digestibilidade do amido no trato total (DTA) utilizando-se a fórmula proposta por Zinn et al. (2007):

$$\text{DTA, \%} = 99,9 - (0,413 \times \% \text{ AF}) - (0,0104 \times \text{AF}^2)$$

Onde: AF é o teor de amido nas fezes.

3.2.7 Cálculo da energia líquida das dietas

Com base nos dados de peso corporal médio, IMS e GDP obtidos no experimento, foram calculados os valores observados de energia líquida das dietas de acordo com a metodologia proposta por Zinn e Shen (1998).

As exigências de ganho (E_g) e de manutenção (E_m) dos animais foram calculadas através das fórmulas 1 e 2, respectivamente. Calculadas as exigências energéticas relacionadas aos ganhos de peso corporal (kg/dia) e aos pesos metabólicos (kg) dos animais, foram então calculados os valores de energia líquida das dietas (Mcal/kg de MS) para manutenção (EL_m) e ganho (EL_g) pelas fórmulas 3 e 4.

$$^{(1)} E_g = [0,0493 \text{ PC}^{0,75}] \text{ GPD}^{1,097}; (\text{NRC}, 1984)$$

$$^{(2)} E_m = 0,077 \text{ CV}^{0,75}; (\text{LOFGREEN}; \text{GARRETT}, 1968)$$

$$^{(3)} EL_m = \left(x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2c} \right); (\text{ZINN}; \text{SHEN}, 1998)$$

Em que:

$$a = -0,41 E_m$$

$$b = 0,877 E_m + 0,41 \text{ IMS} + E_g$$

$$c = -0,877 \text{ IMS}$$

$$^{(4)} EL_g = 0,877 EL_m - 0,41; (\text{ZINN}; \text{SHEN}, 1998)$$

Em que:

E_g = exigência em energia para ganho (Mcal/dia)

E_m = exigência em energia para manutenção (Mcal/dia)

EL_m = energia líquida de manutenção (Mcal/kg de MS)

EL_g = energia líquida de ganho (Mcal/kg de MS)

Os valores de energia líquida observada das dietas foram comparados com os valores esperados que foram calculados com base na composição química dos ingredientes e estimados pelo LARGE RUMINANT NUTRITION SYSTEM (LRNS) (FOX et al., 2004).

3.2.8 Produção de gás *in vitro* dos ingredientes da dieta

A análise da produção de gás *in vitro* dos ingredientes da dieta foi realizada no Ruminant Nutrition Laboratory (Texas A&M University, College Station, Texas) em câmara de fermentação anaeróbica de acordo com Tedeschi, Schofield e Pell (2008).

A câmara de fermentação anaeróbica *in vitro* descrita por Tedeschi, Schofield e Pell (2008) utiliza o mesmo princípio descrito por Pell e Schofield (1993) e Schofield e Pell (1995). A câmara de fermentação engloba uma incubadora (câmara) com um agitador multi-local, sensores de pressão ligados à balões de incubação (frascos Wheaton de 125 ml), um conversor de analógico para digital, e um IBM-PC equipado com software adequado (Pico Tecnologia, Eaton Socon, Cambridgeshire, Reino Unido). O software foi ajustado para coletar o sinal de pressão a cada 5 minutos durante 48h. Técnica anaeróbia estrita foi empregada em todas as transferências (BRYANT, 1972; HUNGATE, 1950 apud TEDESCHI; SCHOFIELD; PELL; 2008) pela adição de CO₂ em todos os recipientes durante pelo menos 5 minutos, utilizando baixa à média taxa de fluxo de CO₂.

Feno de alfafa (*Medicago sativa*) foi utilizado como padrão interno para a todas as fermentações realizadas na câmara de fermentação. O feno de alfafa foi seco a 60 a 65°C em estufa de ventilação forçada e depois moído a 2 mm em moinho Wiley (Modelo 3375-E25, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ 08085) (TEDESCHI; SCHOFIELD; PELL, 2008).

Preparação do meio de cultura (*media*): *media* de bicarbonato-fosfato e solução redutora de Goering e Van Soest (1970) (não foi adicionado tripticase) foram utilizadas. Foi adicionado CO₂ no frasco de *media* o tempo todo. A *media* foi aquecida separadamente até um pouco abaixo da temperatura de ebulição e, em seguida, aquecida até à temperatura ambiente. Neste ponto, foi adicionado cloridrato de cisteína. O pH médio e a saturação de CO₂ foi controlada pela mudança de cor do indicador resazurina do roxo ao rosa / incolor; o pH ótimo utilizado foi entre 6,8 e 6,9 (TEDESCHI; SCHOFIELD; PELL, 2008).

Preparação de amostras e incubação: Amostras dos ingredientes da dieta (200 mg) foram transferidos para frascos Wheaton de 125 mL. No interior dos frascos, amostras dos ingredientes foram umidificadas com 2,0 ml de água fervida, duplamente destilada que havia sido previamente resfriada até à temperatura ambiente. Cada frasco foi preenchido com 14 mL de *media*, como descrito acima, e vedados com rolhas de borracha (Geo-microbianas Technologies, Ochelata, OK 74051), e selados com tampas de alumínio. Todos os frascos foram colocados na câmara de fermentação e o respectivo sensor para cada frasco foi inserido utilizando agulhas. Quando a câmara de fermentação atingiu 39°C, 4 ml do inóculo de bactérias ruminais foram injetados nos frascos Wheaton. A câmara de fermentação foi fechada e quando a temperatura interna atingiu 39°C, a pressão no interior de cada frasco foi zerada por punção da tampa com uma agulha por 5 segundos e a gravação da pressão foi iniciada. A pressão atmosférica foi gravada no início e no final de todas as rodadas (TEDESCHI; SCHOFIELD; PELL, 2008).

Preparação do resíduo de fermentação: Após 48h de fermentação (2880 pontos por amostra foram coletados), cada frasco foi despressurizado, o pH e potencial de oxidação/ redução foram medidos, e 40 ml de solução de detergente neutro (Van SOEST et al., 1991) foram adicionados a cada frasco Wheaton para determinar resíduos de detergente neutro; não foram utilizados sulfeto de sódio e amilase. Os frascos foram selados e levados para autoclave durante 60 minutos a 105°C para determinar fibra não degradada, filtrados em papel de filtro Whatman 54, e secos em estufa utilizando o método para de determinação de fibra residual (PELL; SCHOFIELD, 1993). O resíduo de detergente neutro foi determinado por gravimetria (TEDESCHI; SCHOFIELD; PELL, 2008).

3.2.9 Análise estatística

Os dados foram testados antes da análise geral final, na intenção de assegurar que todas as premissas da análise de variância fossem respeitadas. A baia foi considerada unidade experimental e os dados foram analisados por meio do pacote estatístico do SAS (SAS, 2002), por meio do Proc MIXED. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + b_i + A_j + P_k + A_j \times P_k + e_{ijk}$$

Onde, μ é a media geral; b_i representa o efeito aleatório de bloco; A_j representa o efeito fixo de aditivo; P_k representa o efeito fixo do processamento do milho; $A_j \times P_k$ representa o efeito fixo da interação entre o efeito de aditivo e do processamento do milho; e, e_{ijk} representa o erro residual. As médias foram geradas pelo LSMEANS e contrastes ortogonais foram testados para avaliar o efeito dos aditivos. Quando a interação entre o efeito de aditivo e do processamento do milho tendeu a ser significativa ($P < 0,15$), o comando slice do SAS foi utilizado para testar o efeito do aditivo dentro de cada processamento do milho.

3.3. Resultados e Discussão

3.3.1 Desempenho animal e parâmetros de carcaça

De 240 animais selecionados, foi utilizado 239 animais em virtude de rejeição de cocho por um animal, o qual foi retirado do experimento. A floculação do milho aumentou o PF ($P = 0,01$), o GPD ($P = 0,02$), a eficiência alimentar (GPD/CMS) ($P = 0,002$), o PCQ ($P=0,006$) e tendeu a aumentar ($P=0,08$) o rendimento de carcaça dos animais em comparação com a moagem fina do milho *flint*. Os aumentos no GPD (1,35 vs. 1,24 kg/dia) foram de 8,9%, no PF (509 vs. 496 kg) de 13 kg/cabeça e no GPD/CMS (159,8 vs 147,5 kg) de 8,33%.

Tabela 7 - Desempenho e parâmetros de carcaça de bovinos Nelore confinados alimentados com dietas contendo dois tipos de processamento de grãos (moagem fina e floculação) e aditivos (monensina sódica 25 ppm e formulação A062 à base de virginiamicina nas dosagens de 17 e 25 ppm)

Tratamentos																	
Variáveis ¹	Processamento (P)								EPM ²	Valor de P ³						Contrastes ⁴	
	Floculação				Moagem fina					P ⁵	Ad ⁶	P*Ad ⁷	Controle vs. aditivos	25M vs. 17V e 25V	17V vs. 25V		
	Aditivos (Ad)																
	FL	FL25M	FL17V	FL25V	MF	MF25M	MF17V	MF25V									
n	29	30	30	30	30	30	30	30									
PCI, kg	351	351	351	351	351	350	351	350	12,9	0,23	0,76	0,33	0,77	0,99	0,79		
PF, kg	504	502	509	522	497	493	498	497	9,95	0,01	0,42	0,44	0,44	0,23	0,44		
IMS, kg	8,28	8,09	8,66	8,85	8,78	8,18	8,53	8,32	0,28	0,95	0,10	0,11	0,83	0,15	0,83		
GPD, kg	1,30	1,29	1,35	1,46	1,25	1,22	1,26	1,26	0,076	0,02	0,41	0,15	0,73	0,05	0,73		
GPD/IMS	0,158	0,16	0,156	0,165	0,141	0,149	0,148	0,152	0,005	0,002	0,54	0,60	0,85	0,71	0,85		
PCQ, kg	285	283	287	292	283	272	276	278	8,5	0,006	0,15	0,36	0,26	0,08	0,28		
RC, %	56,2	56,1	56,4	56	55,8	55,3	55,4	55,9	0,44	0,08	0,91	0,60	0,74	0,52	0,74		
AOL, cm ²	64,7	63,7	63,9	65,4	64,6	64,3	65,3	62,7	1,75	0,86	0,93	0,45	0,66	0,79	0,66		
EGS, mm	5,1	4,44	5,2	4,83	4,48	5,02	4,79	4,43	0,37	0,4	0,77	0,35	0,99	0,79	0,99		

¹n = número de animais; PCI = Peso corporal inicial; PF = Peso final; IMS = Ingestão de matéria seca; GPD = Ganho de peso diário; GPD/IMS = eficiência alimentar; PCQ = peso da carcaça quente; RC = rendimento de carcaça; AOL = Área de olho de lombo; EGS = espessura de gordura subcutânea.

²EPM = erro padrão da média.

³Probabilidade de resposta para os tratamentos.

⁴Contrastes: Tratamento controle sem a inclusão de aditivos vs. Tratamentos contendo os aditivos monensina sódica e virginiamicina; Tratamentos contendo monensina sódica 25 ppm vs. Tratamentos contendo Formulação A062 à base de virginiamicina 17 e 25 ppm; Tratamento contendo Formulação A062 à base de virginiamicina 17 ppm vs. Tratamento contendo Formulação A062 à base de virginiamicina 25 ppm.

⁵P = efeito do tipo de processamento.

⁶Ad = efeito dos aditivos.

⁷P*Ad = interação.

Houve tendência de interação entre o processamento do milho e o fornecimento de aditivos para a IMS ($P = 0,11$). Nas dietas contendo milho floculado a formulação A062 à base de virginiamicina apresentou maior IMS quando comparada aos demais tratamentos, enquanto que nas dietas contendo a moagem fina tanto a formulação A062 à base de virginiamicina quanto a monensina sódica apresentaram menor IMS em relação ao tratamento controle (Figuras 12 e 13).

Figura 12 – IMS de animais Nelore alimentados com dietas contendo milho floculado e aditivos.

Figura 13 – IMS de animais Nelore alimentados com dietas contendo milho moído fino e aditivos.

Houve tendência ($P = 0,15$) de interação entre métodos de processamento de milho e aditivos para o GPD. Nas dietas contendo milho floculado a formulação A062

à base de virginiamicina na dosagem de 25 ppm apresentou maior GPD quando comparada aos demais tratamentos, enquanto que nas dietas contendo a moagem fina a monensina sódica apresentou menor GPD em comparação com todos os tratamentos e a formulação A062 à base de virginiamicina foi igual ao tratamento controle (Figuras 14 e 15).

Figura 14 - Ganho de peso diário de animais Nelore alimentados com dietas contendo milho floculado e aditivos.

Figura 15 - Ganho de peso diário de animais Nelore alimentados com dietas contendo milho moído fino e aditivos.

Houve tendência das formulações à base de virginiamicina aumentarem o PCQ ($P = 0,08$) (283,2 vs 277,5 kg) dos animais em comparação com a monensina sódica, mas não em relação ao tratamento controle sem aditivos.

Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com a maioria dos trabalhos conduzidos com milho dentado disponíveis na literatura em que a floculação resultou em desempenho superior dos animais em comparação à laminação a seco. Entretanto, na maioria dos estudos a floculação reduziu a IMS, fato não observado no presente estudo. Macken et al. (2004) observaram diminuição de 1,48% na IMS e aumentos de 15,2% no GPD e 16,9% na eficiência alimentar dos animais alimentados com milho floculado em comparação com milho laminado. Leibovich et al. (2009) constataram redução de 6,32% na IMS, aumento de 1,27% no GPD e aumento de 7,69% na eficiência alimentar enquanto no trabalho de Corrigan et al. (2009) houve diminuição de 8,91% na IMS e aumentos de 0,6% e 10,44% no GPD e eficiência alimentar, respectivamente. Owens e Basalan (2012) realizaram comparações entre 17 experimentos em que novilhos ou novilhas receberam dietas contendo milho dentado laminado ou floculado como principal fonte de energia. O fornecimento de grão floculado aumentou o GPD em 3,89% ao mesmo tempo que acarretou em uma queda de ingestão de alimento de 3,83%, resultando em um aumento de 8,4% na eficiência alimentar.

Em trabalhos conduzidos no Brasil, comparando-se a floculação em relação à laminação a seco do milho *flint* também foram reportados incrementos no ganho de peso diário e eficiência alimentar de bovinos recebendo dietas com milho floculado. Carareto (2011) e Peres (2011) observaram incrementos de 26 e 25,5% na eficiência alimentar, respectivamente, com dietas contendo 78% de milho. No estudo de Melo (2015), a floculação do milho reduziu em 7,94% a IMS e proporcionou incrementos de 11,38% no GPD, 3,35% no PF e 21,21% na eficiência alimentar, em comparação à moagem grosseira do milho *flint*.

Pelo fato do processamento intenso do grão aumentar o teor de energia para um nível alto e consistente, o benefício do processamento de grãos vai depender de quão baixa é a disponibilidade de energia dos grãos processados menos intensamente. Em função do grão de milho *flint* ser mais vítreo que o grão dentado, incremento maior seria esperado ao se flocular este grão (OWENS; BASALAN, 2012).

No presente estudo nenhuma das doses testadas afetou a IMS em relação ao tratamento controle. Trabalhos comparando virginiamicina e monensina para bovinos em confinamento são escassos na literatura e há certa divergência nos dados. No trabalho de Sitta (2011) a virginiamicina não afetou a IMS em relação ao tratamento

controle enquanto a monensina sódica reduziu a IMS, assim como observado no presente estudo. Rogers et al. (1995) compilaram 5 estudos com o intuito de avaliar os efeitos de diferentes doses de virginiamicina (11; 19,3 e 27,6 ppm) na dieta de bovinos de corte em confinamento. Salinas-Chavira (2009), relataram que doses de 16 e 22,5 ppm de virginiamicina não afetaram a IMS em comparação à dose de 25 ppm de monensina sódica e ao tratamento controle e no trabalho de Gill et al. (1990) tanto a virginiamicina quanto a monensina sódica reduziram a IMS.

Schelling (1984) reportou que a utilização de monensina sódica pode acarretar redução de 5 a 6% na IMS de bovinos de corte alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado. Na revisão de Goodrich et al. (1984), a monensina sódica reduziu a IMS em 6,4%, semelhante ao reportado por Raun (1990), onde a redução na IMS foi em torno de 4 a 6,4%. Em meta-análise realizada por Duffield, Merrill e Bagg (2012), a monensina sódica diminuiu a IMS em 3,1%.

De acordo com Rogers et al. (1995), a dose de virginiamicina exigida para maximizar o GPD foi entre 19,3 e 27,3 ppm. A combinação milho floculado e virginiamicina parece ser favorável ao GPD dos animais, talvez em virtude do milho floculado reduzir a IMS enquanto a virginiamicina não apresenta esse efeito restritor. Na combinação com monensina sódica, ambos milho floculado e o aditivo reduzem a IMS dos animais.

3.3.2 Produção de gás *in vitro* dos ingredientes da dieta

Os valores da taxa de degradação (Kd), NDT, energia líquida para manutenção e energia líquida para ganho dos ingredientes da dieta foram obtidos (Tabela 8).

Tabela 8 - Resultados da produção de gás *in vitro* dos ingredientes da dieta

Ingredientes	Kd, %/h	NDT, %	ELm, Mcal/kg	ELg, Mcal/kg
Milho moído fino	25,04	88,27	2,19	1,50
Milho floculado	28,78	83,27	2,04	1,38
Caroço de algodão	23,00	73,05	1,73	1,11
Polpa cítrica	16,16	67,84	1,56	0,96

Os valores de energia do milho *flint* são menores que os relatados para milho dentado pelo NRC (1996). O NDT de 83,27% para o milho *flint* floculado está inferior ao valor proposto pelo NRC (1996) de 93%. Os valores de energia líquida para manutenção e ganho ficaram abaixo dos valores encontrados no NRC (1996) (2,04 vs. 2,24 Mcal/kg para ELM e 1,38 vs. 1,55 Mcal/kg para ELg, respectivamente). O menor valor energético do milho *flint* comparado ao dentado é explicado pela alta proporção de endosperma vítreo (CORREIA et al., 2002) no milho *flint*, onde os grânulos de amido encontram-se altamente compactados e envoltos por densa matriz de proteína, especialmente zeína, uma proteína de baixa solubilidade (McALLISTER et al., 1994).

3.3.3 Teor de amido fecal e digestibilidade de amido no trato total

A floculação reduziu ($P = 0,001$) o teor de amido fecal em relação à moagem fina (4,5 vs. 11,5%) e proporcionou aumento ($P = 0,0001$) de 6 unidades percentuais na digestibilidade do amido no trato total (97,7 vs. 91,72%) (Tabela 9).

Tabela 9 – Teor de amido fecal e digestibilidade do amido no trato total de bovinos Nelore confinados alimentados com dietas contendo milho floculado ou moído fino e aditivos (monensina sódica 25 ppm e formulação A062 à base de virginiamicina nas dosagens de 17 e 25 ppm)

Tratamentos															
Variáveis ¹	Processamento (P)								EPM ²	Valor de P ³			Contrastes ⁴		
	Floculação				Moagem fina										
	Aditivos (Ad)									P ⁵	Ad ⁶	P*Ad ₇	Controle vs. aditivos	25M vs. 17V e 25V	17V vs. 25V
	FL	FL25M	FL17V	FL25V	MF	MF25M	MF17V	MF25V							
	n	29	30	30	30	30	30	30							
AF, %	5,8	4,5	3,5	4,2	11,1	10,8	11	11,3	2,25	0,001	0,95	0,96	0,59	0,82	0,96
DTA, %	97,1	97,8	98,3	97,9	91,6	91,9	91,6	91,8	1,35	0,0001	0,96	0,97	0,6	0,95	0,98

¹n = número de animais; AF = Teor de amido fecal; DAT = digestibilidade do amido no trato totalEPM = erro padrão da media.

³Probabilidade de resposta para os tratamentos.

⁴Contrastes: Tratamento controle sem a inclusão de aditivos vs. Tratamentos contendo os aditivos monensina sódica e virginiamicina; Tratamentos contendo monensina sódica 25 ppm vs. Tratamentos contendo Formulação A062 à base de virginiamicina 17 e 25 ppm; Tratamento contendo Formulação A062 à base de virginiamicina 17 ppm vs. Tratamento contendo Formulação A062 à base de virginiamicina 25 ppm.

⁵P = efeito do tipo de processamento.

⁶Ad = efeito dos aditivos.

⁷P*Ad=interação.

Estes resultados estão de acordo com a literatura, em que em diversos estudos houve a redução do teor de amido fecal em relação à moagem (moinho de rolo ou martelo) a seco tanto com o milho dentado quanto com o milho *flint* (OWENS et al., 1997; OWENS; SODERLUND, 2006; CARARETO, 2011; PERES, 2011; GOUVÊA, 2012; OWENS; BASALAN, 2012).

Owens e Soderlund (2006) reportaram digestibilidade média no trato total de 91,03% e 99,09% para milho dentado laminado a seco e floculado, respectivamente. Owens e Basalan (2012) compilaram dados avaliando respostas da floculação em comparação à laminação a seco e constataram um incremento de 7,1% na DAT para a floculação. Também têm sido relatados incrementos na digestibilidade do amido no trato total de animais consumindo milho *flint*. Dois estudos comparando a floculação em relação à laminação a seco reportaram DAT de 98,29 e 93,3% para milho floculado e DAT de 85,73 e 81,19% para milho laminado a seco (CARARETO, 2011; PERES, 2011) enquanto que Gouvêa constatou DAT de 98,7% para milho floculado e DAT de 94,1% para milho moído fino. Por se tratar de milho *flint* seria esperado um incremento na digestibilidade do amido maior que 6 unidades percentuais com a floculação em vista do incremento de 7 unidades percentuais relatadas por Owens e Soderlund (2006) com milho dentado. É possível que a moagem do milho com TMP de 1,3 mm seja mais efetiva que a laminação (TMP normalmente acima de 2,0 mm) para romper as barreiras à digestão do amido. Isso foi relatado por Peres (2011) e por Carareto (2011) com milho *flint*.

3.3.4 Valores de ELM e ELg das dietas experimentais

A floculação aumentou ($P = 0,001$) os valores de ELM Obs e de ELg Obs das dietas em comparação com a moagem fina (1,98 vs. 1,9; 1,33 vs. 1,25, respectivamente) (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores observados de ELM e ELg e relação entre a ELM observada/esperada e ELg observada/esperada das dietas experimentais de bovinos Nelore confinados recebendo dois tipos de processamento de grãos (moagem fina e floculação) e aditivos (monensina sódica 25 ppm e formulação A062 à base de virginiamicina nas dosagens de 17 e 25 ppm)

Tratamentos															
Variáveis ¹	Processamento (P)								EPM ²	Valor de P ³			Contrastes ⁴		
	Floculação				Moagem fina										
	Aditivos (Ad)														
	FL	FL25M	FL17V	FL25V	MF	MF25M	MF17V	MF25V							
	P ⁵	Ad ⁶	P*Ad ⁷	Controle vs. aditivos	25M vs. 17V e 25V	17V vs. 25V									
n	29	30	30	30	30	30	30	30							
Elm Obs (Mcal/kg de MS)	1,98	2,00	1,93	2,04	1,90	1,91	1,86	1,93	0,03	0,001	0,16	0,89	0,95	0,61	0,03
ELg Obs (Mcal/kg de MS)	1,33	1,28	1,35	1,38	1,26	1,23	1,26	1,27	0,03	0,001	0,17	0,86	0,98	0,6	0,03
ELm Obs/Esp	1,16	1,13	1,17	1,19	1,06	1,05	1,06	1,07	0,02	0,001	0,23	0,78	0,85	0,64	0,04
ELg Obs/Esp	1,21	1,17	1,22	1,25	1,08	1,06	1,09	1,1	0,03	0,001	0,28	0,83	0,91	0,72	0,05

¹n = número de animais; ELmObs = energia líquida para manutenção observada; ELg = Energia líquida para ganho esperada; ELm Obs/Esp = Relação entre ELm observada/esperada; ELg Obs/Esp = Relação entre ELg observada/esperada.

²EPM = erro padrão da média.

³Probabilidade de resposta para os tratamentos.

⁴Contrastes: Tratamento controle sem a inclusão de aditivos vs. Tratamentos contendo os aditivos monensina sódica e virginiamicina; Tratamentos contendo monensina sódica 25 ppm vs. Tratamentos contendo Formulação A062 à base de virginiamicina 17 e 25 ppm; Tratamento contendo Formulação A062 à base de virginiamicina 17 ppm vs. Tratamento contendo Formulação A062 à base de virginiamicina 25 ppm.

⁵P = efeito do tipo de processamento.

⁶Ad = efeito dos aditivos.

⁷P*Ad=interação.

Métodos mais intensos de processamento são mais eficazes em romper as barreiras que impedem a digestão do amido, proporcionando maior disponibilidade de energia para o animal em virtude do aumento na digestibilidade do amido tanto no rúmen quanto no intestino delgado.

O incremento da digestibilidade do amido no trato total com a flocação explica a maior parte do aumento no valor energético do milho em comparação com a moagem (OWENS; BASALAN, 2012). A flocação aumentou a ELM das dietas em 4,2% (1,9875 vs 1,90 Mcal/kg de MS) e a ELG das dietas em 6,4% em comparação com a moagem fina. Os aditivos testados não afetaram ($P>0,05$) o valor energético das dietas testadas.

3.3.5 Medidas morfológicas e histológicas das papilas ruminais

A flocação do milho proporcionou maior número médio de papilas (NMP) ($P=0,05$) em relação à moagem fina (38,52 vs. 32,55; respectivamente) e os aditivos aumentaram a altura ($P = 0,04$), a largura ($P=0,01$), a área ($P=0,05$) e reduziram a EFQ ($P = 0,001$) em relação ao tratamento controle. Não houve diferença ($P>0,05$) entre os aditivos monensina sódica e formulação A062 à base de virginiamicina. Com relação às dosagens da formulação A062 à base de virginiamicina, houve diferença estatística para ASA ($P= 0,09$) e AMP ($P= 0,05$). O tratamento 17V apresentou maior ASA e AMP em relação ao tratamento 25V (Tabela 11).

Tabela 11 - Medidas morfométricas e histológicas das papilas ruminais de bovinos Nelore confinados alimentados com dietas contendo dois tipos de processamento de grãos (moagem fina e floculação) e aditivos (monensina sódica 25 ppm e formulação A062 à base de virginiamicina nas dosagens de 17 e 25 ppm)

Tratamentos															
Variáveis ¹	Processamento (P)								EPM ²	Valor de P ³			Contrastes ⁴		
	Floculação				Moagem fina										
	Aditivos (Ad)									P ⁵	Ad ⁶	P*Ad ⁷	Controle vs. aditivos	25M vs. 17V e 25V	17V vs. 25V
	FL	FL25M	FL17V	FL25V	MF	MF25M	MF17V	MF25V							
n	29	30	30	30	30	30	30	30							
Altura, cm	0,93	2,45	3,71	2,62	2,15	2,43	2,09	2,89	0,3574	0,94	0,2	0,23	0,04	0,52	0,83
Largura, mm	274,3	436,5	383,8	378,7	360,1	413,2	400,5	433,9	21,1	0,26	0,07	0,61	0,01	0,49	0,73
Área, mm ²	13,6	13,8	13,7	14,1	12,9	13,9	13,7	14,1	0,35	0,57	0,21	0,65	0,05	0,93	0,35
EFQ ⁸ , µm	28,9	21,7	23,2	20,9	24,6	22,8	21,5	22,5	1,61	0,56	0,07	0,46	0,001	0,91	0,76
AMP ⁸ , cm ²	0,32	0,32	0,37	0,31	0,39	0,38	0,44	0,31	0,04	0,14	0,29	0,85	0,95	0,98	0,05
ASA ⁸ , cm ²	11,9	12,5	14,2	14,5	12,8	12,4	17,9	9,88	2,18	0,92	0,25	0,34	0,51	0,38	0,09
NMP ⁸ , n	38,3	36,3	37,9	41,6	32,7	31,8	35,8	29,9	4,24	0,05	0,93	0,73	0,98	0,55	0,81
RPSA ⁸ , %	89,3	91,4	90,2	90,9	91,1	91,1	92,3	88,7	1,33	0,71	0,63	0,39	0,61	0,54	0,31

¹n = número de animais; AMP: área média das papilas, ASA: área total de superfície absorviva por cm² de parede; NMP: número médio de papilas por cm² de parede; RPSA: representatividade das papilas na área total de superfície absorviva; EFQ: espessura de faixa de queratina.

²EPM = erro padrão da média.

³Probabilidade de resposta para os tratamentos.

⁴Contrastes: Tratamento controle sem a inclusão de aditivos vs. Tratamentos contendo os aditivos monensina sódica e virginiamicina; Tratamentos contendo monensina sódica 25 ppm vs. Tratamentos contendo Formulação A062 à base de virginiamicina 17 e 25 ppm; Tratamento contendo Formulação A062 à base de virginiamicina 17 ppm vs. Tratamento contendo Formulação A062 à base de virginiamicina 25 ppm.

⁵P = efeito do tipo de processamento.

⁶Ad = efeito dos aditivos.

⁷P*Ad = interação

O crescimento das células do epitélio pode ser influenciado pelo tipo de AGCC presente no conteúdo ruminal. De acordo com Vair et al. (1960), os AGCC que aparentam ser maiores promotores do crescimento papilar são propionato e butirato. Costa et al. (2008a) conduziram um estudo para avaliar o efeito dos AGCC sobre a morfologia da mucosa ruminal de bezerros e constataram que o propionato foi o AGCC responsável pelo crescimento fisiológico das papilas metabolicamente ativas. Em outro estudo, Costa et al. (2008b) analisaram o efeito do butirato, propionato e lactato sobre a integridade de tecidos epiteliais estratificados queratinizados de bezerros e concluíram que butirato e lactato foram os maiores responsáveis pelas modificações patológicas no epitélio ruminal.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com a literatura. O tratamento contendo milho floculado apresentou um maior número médio de papilas em relação ao tratamento contendo milho moído fino, o que pode ser explicado em virtude da floculação propiciar uma maior quantidade de amido degradável no rúmen e assim poder propiciar maior concentração de propionato e maior desenvolvimento de papilas ruminais dos animais.

A utilização de aditivos também contribui para um aumento na concentração de propionato e diminuição de acetato e butirato no rúmen (McGUFFEY, 2001). Estas alterações na fermentação ruminal podem explicar a maior altura, largura e área das papilas e uma menor espessura de faixa de queratina para os tratamentos contendo aditivos em relação ao tratamento controle. O propionato estimula o crescimento papilar, enquanto que o butirato propicia crescimento anormal das papilas e efeito queratinizante (COSTA et al., 2008a).

Quando comparadas as doses da formulação A062 a base virginiamicina, a utilização de 17 ppm proporcionou uma maior área de superfície absorviva em relação à utilização de 25 ppm, o que sugere que uma dosagem mais baixa pode ser mais eficaz em melhorar a saúde ruminal dos animais, no entanto a literatura com relação à utilização de virginiamicina para bovinos ainda é escassa.

No estudo de Pereira (2014) foram testadas diferentes doses de monensina sódica (0; 9; 18; 27 e 36 ppm) sob a saúde ruminal de bovinos Nelore confinados. Foi constatado que a utilização de monensina proporcionou uma maior área de superfície absorviva, sendo que o tratamento contendo 9 ppm de monensina sódica apresentou a maior ASA. Não houve efeito das doses de monensina para NMP e AMP. Com relação à altura das papilas, foi observado que conforme se aumentou a

dose de monensina até 27 ppm maior foi a altura (5,42; 5,04; 6,21 vs. 4,98mm do tratamento controle), no entanto 36 ppm de monensina causou o efeito contrário e ocasionou uma diminuição da largura das papilas (4,71mm). Com relação à área, o tratamento contendo 27 ppm foi o único que apresentou área de papila inferior em relação ao tratamento controle (0,60 vs. 0,64cm², respectivamente). Não houve efeito da monensina sódica na EFQ.

Barducci et al. (2015) avaliaram os aspectos morfológicos das papilas ruminais de bovinos recebendo dietas contendo dois diferentes tipos de aditivos (preparado de anticorpos policlonais, PAP; e monensina sódica). Foram testados quatro tratamentos: sem aditivo; PAP; monensina e monensina + PAP. Os resultados deste estudo demonstraram que o tratamento contendo monensina sódica apresentou uma maior superfície de absorção quando comparada ao tratamento sem a inclusão desta (24,2 vs. 19,45 cm², respectivamente). Neste estudo não houve diferença entre os tratamentos para número e área média de papilas.

3.4 Conclusões

Em dietas contendo 50% de milho (% da MS) a floculação foi um método de processamento mais efetivo que a moagem fina para aumentar a digestibilidade do amido no trato total, o valor energético do milho *flint* e o desempenho de bovinos confinados.

Os aditivos testados no presente estudo não foram efetivos para aumentar o valor energético das dietas e a eficiência alimentar dos animais.

Houve ligeira vantagem da formulação A062 a base de virginiamicina sobre a monensina no ganho de peso e no peso de carcaça quente dos animais em comparação com a monensina.

Referências

APPUHAMY, J.A.D.N.; STRATHE, A.B.; JAYASUNDARA, S.; WAGNER-RIDDLE, C.; DIJKSTRA, J.; FRANCE, J. KEBREAB, E. Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: A meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 96, p. 1–13, 2013.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 17th ed. Gaithersburg, 2000. v. 2.

_____. **Official methods of analysis**. 18th ed. Gaithersburg, 2006.

BARDUCCI, R.S.; SARTI, L.M.N.; MILLEN, D.D.; PACHECO, R.D.L.; MARTINS, C.L.; ARRIGONI, M.D.B. Incidência de rinite e abscesso hepático em bovinos jovens confinados alimentados com dietas contendo aditivos alimentares. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 16, n. 1, p. 161-169, 2015.

CARARETO, R. **Fontes de nitrogênio, níveis de forragem e métodos de processamento de milho em rações para tourinhos da raça Nelore terminados em confinamento**. 2011. 106 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

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**, Lancaster, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.

CORRIGAN, M.E.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; LUEBBE, M.K.; VANDER POL, K.J.; MEYER, N.F.; BUCKNER, C.D.; VANNESS, S.J.; HANFORD, K.J. Effect of corn processing method and corn wet distiller's grains inclusion level in finishing diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 3351-3362, 2009.

COSTA, S.F.; PEREIRA, M.N.; MELO, L.Q.; CALIARI, M.V.; CHAVES, M.L. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e a epiderme de bezerros: II. Aspectos ultra-estruturais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 10-18, 2008a.

COSTA, S.F.; PEREIRA, M.N.; MELO, L.Q.; RESENDE JÚNIOR, J.C.; CHAVES, M.L. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e a epiderme de bezerros: I Aspectos histológicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 1-9, 2008b.

DANIEL, J.L.; RESENDE JÚNIOR, J.C.; CRUZ, F.J. Participação do ruminoretículo e omaso na superfície absorviva total do proventrículo de bovinos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 43, p. 688-694, 2006.

DOMBRINK-KURTZMAN, M.A.; BIETZ, J.A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 1, p. 105-108, 1993.

DUFFIELD, T.F.; MERRILL, J.K.; BAGG, R.N. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 90, p. 4583-4592, 2012.

ELLIS, J.L.; DJJKSTRA, J.; BANNINK, A.; KEBREAB, E.; HOOK, S.E.; ARCHIBEQUE, S.; FRANCE, J. Quantifying the effect of monensin dose on the

rumen volatile fatty acid profile in high-grain fed beef cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, 90, p. 2717-2726, 2012.

FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O.; TYLUTKI, T. P.; RUSSELL, J. B.; VAN AMBURGH, M. E.; CHASE, L. E.; PELL, A. N.; OVERTON, T. R. The Cornell net carbohydrate and protein system model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 112, n. 1, p. 29-78, 2004.

GILL, D.R.; STRASIA, C.A.; MARTIN, J.J.; DOLEZAL, H.G.; OWENS, F.N. **Virginiamycin versus monensin for feedlot steers**. Oklahoma: Agricultural Experiment Station, 1990. p.122-127.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)**. Washington: ARS, USDA, ARS, 1970. 24 p. (Agriculture Handbook, 379).

GOODRICH, R.D.; GARRET, J.E.; GAST, D.R.; KIRICK, M.A.; LARSON, D.A.; MEISKE, J.C. Influence the monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 58, p. 1484-1498, 1984.

GOUVÊA, V.N. **Processamento de grãos de milho flint e sua substituição por polpa cítrica em dietas para tourinhos Nelore terminados em confinamento**. 2012. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

HALL, M. B. 2009. Analysis of starch, including maltooligosaccharides, in animal feeds: a comparison of methods and a recommended method for AOAC collaborative study. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 92, p. 42-49.

HENDRIX, D.L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, Madison, v. 25, p.1306–1311, 1995.

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**, Champaign, v. 79, n. 5, p. 922-928, 1996.

LEIBOVICH, J.; VASCONCELOS, J.T.; GALYEAN, M.L. Effects of corn processing method in diets containing sorghum wet distillers grains plus solubles on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle and on in vitro fermentation of diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 2124, 2009.

LILLIE, R.D.; FULMER, H.M. **Histopatologic technic and practical histochemistry**. New York: McGraw-Hill, 1976. 494 p.

LUCHIARI FILHO, A. Carcaça bovina. In: _____. (Ed.). **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: LinBife, 2000. p. 49-70.

MACKEN, C.N.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; STOCK, R.A. Effects of concentration and composition of wet corn gluten feed in steam-flaked corn-based finishing diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 82, p. 2718-2723, 2004.

McALLISTER, T.A.; RODE, L.M.; MAJOR, D.J.; CHUNG, K.J. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 72, p. 3004-3012, 1994.

McGUFFEY, R.K.; RICHARDSON, L.F.; WILKINSON, J.I.D. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 84, suppl. E, p. E194-E203, 2001.

OWENS, F.N.; BASALAN, M. Gain and efficiency responses to various grain processing methods. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 7., 2012, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2012. 1 CD-ROM.

OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminant and post ruminant starch digestions by cattle. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Proceedings...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006. p. 116-128.

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 Animal Science**, Albany, v. 75, p. 868-879, 1997.

PAGE, S.W. Mode of action. In: _____. (Ed.). **The role of enteric antibiotics in livestock production**. Canberra: Avcare, 2003. p.1-14.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 76, p.1063-1073, 1993.

PEREIRA, M.C.S. **Efeitos da dosagem de monensina sódica sobre o desempenho produtivo, comportamento ingestivo, saúde ruminal e características de carcaça em bovinos Nelore confinados**. 2014. 68p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2014.

PERES, S.M. **Processamento de grãos de milho do tipo *flint* ou duro e adequação proteica em rações para bovinos em terminação: desempenho animal e digestibilidade do amido**. 2011. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

RESENDE JÚNIOR, J.C.; ALONSO, L.S.; PEREIRA, M.N. Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 43, p. 526-536, 2006.

ROGERS, J.A.;BRANINE, M.E.; MILLER, C.R.; WRAY, M.I.; BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L.; GILL, D.R.; PRITCHARD, R.H.; STILBORN, R.P.; BECHTOL, D.T. Effects of dietary virginiamycin on performance and liver abscess incidence in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 73, p. 9-2, 1995.

SAS INSTITUTE. **SAS proprietary software release 9.1**. Cary, 2002. 296 p.

SALINAS-CHAVIRA, J.; LENIN, J.; PONCE, E.; SANCHEZ, U.; TORRENTERA, N.; ZINN, R.A. Comparative effects of virginiamycin supplementation on characteristics of growth-performance, dietary energetics, and digestion of calf-fed Holstein steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 4101-4108, 2009.

SHELLING, G.T. Monensin mode of action in the rumen. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 61, p. 1518-1527, 1984.

SCHOFIELD, P.; PELL, A.N. Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 73, p. 3455-3463, 1995.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165 p.

SITTA, C. **Aditivos (ionóforos, antibióticos não ionóforos e probióticos) em dietas com altos teores de concentrado para tourinhos da raça Nelore em terminação**. 2011. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

TEDESCHI, L.O.; SCHOFIELD, P.; PELL, A.N. Determining feed quality for ruminants using in vitro gas production technique. 2. Evaluating different models to assess gas production measurements. In: WORKSHOP ON MODELING IN RUMINANT NUTRITION: APPLICATION OF THE GAS PRODUCTION TECHNIQUE, 4., 2008, Juiz de Fora. **Proceedings...** Juiz de Fora: EMBRAPA, 2008. p. 15.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P. Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 32, p. 1591-1602, 2003.

VAIR, C.; WARD, G.M.; FRANDSON, R.D. Influence of sodium salts of volatile fatty acids on rumen development in the young calf. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 43, p. 890, 1960.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

YU, P. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, p. 777-783, 1998.

ZINN, R.A.; SHEN, Y. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 1280–1289, 1998.

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

4 DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE BOVINOS NELORE CONFINADOS RECEBENDO DIFERENTES TIPOS DE PROCESSAMENTO DE GRÃOS E NÍVEIS DE FDN DE SILAGEM DE MILHO EM DIETAS COM ALTO TEOR DE CONCENTRADO

Resumo

A finalidade deste estudo foi avaliar o desempenho e características de carcaça de tourinhos da raça Nelore alimentados com dietas contendo milho *flint* processado de diferentes formas (moagem grosseira e floculação) e níveis de FDN de silagem de milho (4; 7; 10 e 13% MS). Foram utilizados 237 tourinhos da raça Nelore (PCI=350±28,49kg), blocados de acordo com o peso corporal inicial e alojados em 32 baias em um arranjo fatorial 2x4. Os tratamentos foram: MG4: Milho moído grosso e 4% de FDN de silagem de milho; MG7: Milho moído grosso e 7% de FDN de silagem de milho; MG10: Milho moído grosso e 10% de FDN de silagem de milho; MG13: Milho moído grosso e 13% de FDN de silagem de milho; MF4: Milho floculado e 4% de FDN de silagem de milho; MF7: Milho floculado e 7% de FDN de silagem de milho; MF10: Milho floculado e 10% de FDN de silagem de milho; MF13: Milho floculado e 13% de FDN de silagem de milho. Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS. A floculação do milho *flint* tendeu a aumentar ($P = 0,07$) a eficiência alimentar (0,173 vs. 0,165), o peso da carcaça quente ($P = 0,06$) (294 vs. 286 kg) e a espessura de gordura subcutânea ($P=0,06$) (4,67 vs. 4,18 mm) em comparação com a moagem grosseira do milho *flint*. O peso corporal inicial, peso final, ingestão de matéria seca e o ganho de peso diário dos animais não foram afetados ($P>0,05$) pelo método de processamento do milho. A floculação proporcionou redução ($P = 0,001$) no teor de amido fecal (8,72 vs. 18,02%) e aumento ($P = 0,001$) de 6,51% na digestibilidade do amido no trato total (95,4 vs. 88,65%) em relação à moagem grosseira. A floculação propiciou aumento ($P = 0,001$) dos valores de ELM (2,10 vs 1,96 Mcal/kg MS) e de ELG (1,43 vs. 1,27 Mcal/kg MS) das dietas em comparação com a moagem grosseira. A inclusão de níveis crescentes de silagem de milho na dieta afetou ($P = 0,03$) a ingestão de matéria seca e o peso da carcaça quente dos animais independente do método de processamento do milho. A ingestão de matéria seca aumentou de forma linear (8,51; 8,8; 9,12 e 9,51 kg, respectivamente) com a inclusão de FDN de silagem de milho (4, 7, 10 e 13%) na dieta. Houve tendência de aumento linear ($P = 0,09$) no GPD dos animais com níveis crescentes de FDN de silagem de milho e houve tendência ($P = 0,11$) de redução quadrática na eficiência alimentar dos animais com inclusão crescente de forragem na dieta. A inclusão de silagem de milho em dietas com alto teor de milho *flint* reduziu a eficiência alimentar dos animais, mas aumentou o peso da carcaça quente. A floculação do milho *flint* aumentou o valor energético do cereal em comparação com a moagem grosseira para tourinhos da raça Nelore em dietas com alto teor de energia.

Palavras-chave: Nelore; Floculação; Silagem de milho.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the performance of finishing Nellore cattle fed high grain diets containing different flint corn processing (ground and flaked corn) and FDNf levels of corn silage (4; 7; 10; 13 %DM). Two hundred and thirty seven Nellore bulls (IBW=350±28,49kg) were blocked based on their initial body weight and randomly divided into 32 pens in a factorial 2x4 arrangement. The treatments were: MG4: ground corn and 4% of FDNf; MG7: ground corn and 7% of FDNf; MG10: ground corn and 10% of FDNf; MG13: ground corn and 13% of FDNf; MF4: steam-flaked corn and 4% of FDNf; MF7: steam-flaked corn and 7% of FDNf; MF10: steam-flaked corn and 10% of FDNf; MF13: steam-flaked corn and 13% of FDNf. Data were analyzed using PROC MIXED of SAS. Steam flaking tended to increase ($P = 0.07$) feed efficiency (0.173 vs. 0.165), hot carcass weight ($P = 0.06$) (294 vs. 286 kg) and fat thickness ($P=0.06$) (4.67 vs. 4.18 mm). Initial body weight, final body weight, dry matter intake and average daily gain were not affected by corn processing methods ($P>0.05$). Steam-flaking provided a decrease ($P = 0.001$) in fecal starch (8.72 vs. 18.02%), and an increase ($P = 0.0001$) in total tract starch digestibility (95.4 vs. 88.65%) in comparison to ground corn. Steam-flaking provided an increase in net energy for maintenance (2.10 vs. 1.96 Mcal/kg DM) and net energy for gain (1.43 vs. 1.27 Mcal/kg DM) values of the diet. Independent of corn processing, FDNf levels affected ($P = 0.03$) dry matter intake and hot carcass weight. Dry matter intake increased linearly (8.51; 8.8; 9.12 and 9.51 kg respectively) with the inclusion of FDNf (4, 7, 10 and 13%) in the diet. There was a tendency of linear increase ($P = 0.09$) in daily weight gain and tendency of quadratic reduction ($P = 0.11$) on feed efficiency increasing FDNf levels. Corn silage in high concentrate diets decreased animal feed efficiency, but increased hot carcass weight. Steam-flaking increased the cereal energy value for Nellore bulls fed grain concentrate diets.

Keywords: Nellore; Steam-flaked corn; Corn silage.

4.1 Introdução

O processamento de grãos aumenta a digestibilidade do amido no trato total e propicia um melhor desempenho animal em virtude de eliminar certas barreiras que limitam a digestão do amido, tais como a presença do pericarpo e matriz protéica nos grânulos de amido (OWENS; BASALAN, 2012). O milho *flint* utilizado no Brasil apresenta alta proporção de endosperma vítreo, sendo considerado um milho de digestibilidade inferior ao milho dentado utilizado na América do Norte (CORREIA et al., 2002; CORONA et al., 2006). Processamento mais intenso dos grãos de tais como a floculação e ensilagem de grãos úmidos são mais efetivos para romperem estas barreiras e parecem ser mais eficazes para cultivares do milho *flint* (SANTOS et al., 2011). Duas premissas básicas tais como a preservação de um ambiente ruminal saudável e estímulo para a ingestão de matéria seca e energia explicam a inclusão de fontes de forragem em dietas para bovinos em terminação (OWENS et

al., 1998; ZINN; CORONA; WARE, 2004; GALYEAN; VASCONCELOS, 2008; GALYEAN; HUBBERT, 2012).

Trabalhos que combinaram métodos de processamento de grãos com níveis de forragem na dieta são escassos na literatura, principalmente tratando-se de milho *flint* e bovinos zebuínos. Caetano et al. (2015) relataram que para otimizar a ingestão de energia de tourinhos da raça Nelore confinados com dietas ricas em milho moído fino ou ensilado úmido foi necessário incluir ao redor 13% de FDN de silagem de cana-de-açúcar na dieta. Melo (2015) reportou que a inclusão de 7% de FDN de bagaço de cana-de-açúcar (4, 7 10 ou 13% da MS da dieta) na dieta de tourinhos da raça Nelore foi suficiente para otimizar a ingestão de MS independente do processamento do milho (moagem grosseira ou floculação) mas não alterou a ingestão de energia dos animais.

Este estudo foi realizado com o intuito de testar as hipóteses que: a) a floculação do milho *flint* melhora o valor energético deste cereal acima dos valores relatados na literatura com milho dentado; c) a floculação aumenta a ingestão de energia e a eficiência alimentar de machos zebuínos; d) as vantagens do método de floculação dos grãos de milho devem ser maiores com cultivares de milho duro utilizadas no Brasil do que com cultivares de milho dentado utilizadas nos Estados Unidos; e) a inclusão de níveis baixos de FDN de silagem de milho na dieta não compromete o desempenho de animais zebuínos em confinamento.

Foi avaliado o desempenho, características de carcaça e parâmetros ruminais de tourinhos Nelore confinados alimentados com dietas contendo milho *flint* processado de duas formas (moagem grosseira e floculação) em combinação com níveis de FDN de silagem de milho (4; 7; 10 e 13% MS).

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Local do experimento e desenho experimental

O experimento foi conduzido nas instalações do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), localizada no município de Piracicaba/SP, de 23/07/2013 a 17/11/2013.

Foi adotado o delineamento em blocos casualizados totalizando 8 tratamentos (fatorial 2x4). Foram testados dois métodos de processamento do milho *flint*

(moagem grosseira ou floculação) e quatro níveis de inclusão de fibra em detergente neutro (FDN) de silagem de milho (4,0; 7,0; 10,0 e 13,0%):

MG4: Milho moído grosso e 4% de FDN de silagem de milho;

MG7: Milho moído grosso e 7% de FDN de silagem de milho;

MG10: Milho moído grosso e 10% de FDN de silagem de milho;

MG13: Milho moído grosso e 13% de FDN de silagem de milho;

MF4: Milho floculado e 4% de FDN de silagem de milho;

MF7: Milho floculado e 7% de FDN de silagem de milho;

MF10: Milho floculado e 10% de FDN de silagem de milho;

MF13: Milho floculado e 13% de FDN de silagem de milho.

4.2.2 Animais e dieta experimental

Foram separados em fazenda comercial 300 animais da raça Nelore, não castrados, com aproximadamente 24 meses de idade e transportados para as instalações do confinamento experimental da ESALQ/USP.

Após 10 horas de jejum hídrico e 16 horas de jejum alimentar os animais foram pesados, desverminados (Albendazol; 20 ml por cabeça e Ivermectina; 8 ml por cabeça) e vacinados contra clostridioses (Sintoxan®; 2 ml por cabeça).

Para o experimento, foram selecionados 240 animais, com peso corporal médio inicial de $350 \pm 28,49$ kg, os quais foram distribuídos em quatro blocos de acordo com o peso corporal inicial e alojados em baias, sendo 24 baias de 32m² cada, parcialmente cobertas, com piso de concreto e providas de bebedouro (6 animais por baia) e 8 baias de 112m² cada, parcialmente cobertas, com piso de chão batido e providas de bebedouro (12 animais por baia).

Houve um período de adaptação no qual os animais receberam uma dieta (Tabela 12) de 06/07/2013 a 22/07/2013, totalizando 16 dias e a partir de 23/07/2013 foi ofertada a dieta experimental (Tabela 13). As dietas foram formuladas de acordo com o LRNS (LARGE RUMINANT NUTRITION SYSTEM; FOX et al., 2004) para suprirem as exigências dos bovinos na fase de terminação em confinamento. A Tabela 14 apresenta composição química dos ingredientes das dietas experimentais.

Tabela 12 - Composição das dietas do período de adaptação

Ingredientes (%MS)	Adaptação 1	Adaptação 2	Adaptação 3
Silagem de milho	8,0	8,0	8,0
Bagaço de cana	25,0	20,0	10,0
Milho moído grosso	58,4	63,4	73,4
Farelo de soja	5,0	5,0	5,0
Ureia	1,1	1,1	1,1
Núcleo mineral ¹	2,5	2,5	2,5

¹Composição do núcleo mineral: Ca = 210 g/kg; P = 20 g/kg; Mg = 10 g/kg; K = 70 g/kg; Na = 50 g/kg; S = 20 g/kg; Co = 35 mg/kg; Cu = 350 mg/kg; I = 30 mg/kg; Mn = 1000 mg/kg; Se = 12 mg/kg; Zn = 1800 mg/kg; Vitamina A = 16.000 UI; Vitamina D = 12.000 UI; Vitamina E = 1500 UI; Rumensin® = 1100 mg/kg.

Tabela 13 - Composição da dieta experimental

Ingredientes (%MS)	Tratamentos							
	MG4	MG7	MG10	MG13	MF4	MF7	MF10	MF13
Silagem de milho	8,0	14,0	20,0	26,0	8,0	14,0	20,0	26,0
Milho	83,4	77,4	71,3	65,3	83,4	77,4	71,3	65,3
Farelo de soja	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Ureia	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2
Núcleo mineral ¹	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
PB ² , %	14,2	14,2	14,4	14,4	14,2	14,2	14,5	14,5
PDR ² , %PB	67,0	67,0	68,0	68,0	75,0	75,0	75,0	74,0
FDN ² , %	19,5	21,0	22,6	24,1	20,7	22,2	23,6	25,1
NDT estimado ² , %	88,0	87,0	86,0	85,0	83,0	83,0	84,0	83,0

¹Composição do núcleo mineral: Ca = 210 g/kg; P = 20 g/kg; Mg = 10 g/kg; K = 70 g/kg; Na = 50 g/kg; S = 20 g/kg; Co = 35 mg/kg; Cu = 350 mg/kg; I = 30 mg/kg; Mn = 1000 mg/kg; Se = 12 mg/kg; Zn = 1800 mg/kg; Vitamina A = 16.000 UI; Vitamina D = 12.000 UI; Vitamina E = 1500 UI; Rumensin® = 1100 mg/kg.

²PB = proteína bruta; PDR = proteína degradável no rúmen; FDN = Fibra insolúvel em detergente neutro; NDT = Nutrientes digestíveis totais. Valores de PB e FDN baseados na composição química dos ingredientes analisados e NDT estimado pelo LRNS (LARGE RUMINANT NUTRITION SYSTEM; FOX et al., 2004).

Tabela 14 - Composição química dos ingredientes das dietas experimentais

Item ¹	Ingredientes			
	Silagem de milho	Milho moído grosso	Milho floculado	Farelo de soja
MS, %	93,20	94,10	94,30	95,00
PB, % MS	9,40	9,50	9,60	48,20
EE, % MS	3,83	5,57	3,87	2,48
Cinzas, % MS	5,31	1,31	0,79	6,25
FDN, % MS	44,0	18,00	19,50	18,80
FDA, % MS	29,10	5,90	4,80	11,20
Lignina, % MS	4,55	1,74	1,71	1,32
Amido, % MS	24,50	63,20	65,70	2,10
NDT²	69,0	85,0	84,0	81,0

¹MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; FDN = Fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = Fibra insolúvel em detergente ácido; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

²Estimado pelo LRNS (LARGE RUMINANT NUTRITION SYSTEM; FOX et al., 2004).

Antes da alimentação, foi realizada leitura de cocho, para se ajustar a ingestão de matéria-seca e manter no máximo 3% de sobras. As sobras foram retiradas semanalmente e pesadas para avaliação do consumo por baía.

Diariamente, as 7:00 horas a dieta foi preparada e fornecida na forma totalmente misturada com o uso de um vagão misturador com capacidade de 2,3 m³, equipado com balança eletrônica com precisão de 2 kg e sistema de mistura por tombamento (SILTOMAC – Misturadora de dieta total S – 2.3). Os bebedouros de água eram drenados e lavados semanalmente e os pisos das baias raspados a cada 7 dias com o auxílio de trator provido de lâmina.

O milho processado a seco foi moído em moinho de martelo com peneira de 9 mm, na fábrica de ração do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP. O milho floculado utilizado no experimento foi adquirido na empresa A. C. Agromercantil, em Araxá, Minas Gerais. O material foi entregue no Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP a cada 15 dias e estocado em barracão coberto e com piso revestido de concreto. Foi evitado ao máximo a quebra dos flocos de milho e diariamente o material era inspecionado para se verificar as condições de armazenamento. A densidade do floco de milho ao sair do floculador foi de 350 g/L, conforme relatado pela empresa responsável pelo processamento.

Amostras de silagem de milho, milho (moído e floculado) e farelo de soja foram coletadas uma vez por semana para determinação da matéria seca de acordo

com metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists – AOAC (2000) para posterior aferição da quantidade dos ingredientes da ração.

Foi determinado o tamanho médio de partículas (TMP) dos grãos de milho moído grosso e floculado de acordo com a metodologia descrita por Yu et al. (1998). O TMP para os grãos de milho moído grosso foi de 3,39 mm e 6,65 mm para o milho floculado. A vitreosidade dos grãos foi determinada de acordo com Dombrink-Kurtzman e Bietz (1993), por meio da dissecação manual de 50 grãos inteiros para cada tipo de processamento, obtendo-se 73,46 e 71,54% de vitreosidade para os grãos de milho floculado e moído grosso, respectivamente.

O TMP da silagem de milho foi calculado com base na metodologia da estratificação em peneiras conforme descrito pelo método *Penn State Particle Size Separator* (LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRICH, 1996), obtendo-se TPM médio de 9,55 mm.

4.2.3 Amostragens dos ingredientes e análises bromatológicas

Amostras da silagem de milho, milho (moído, floculado e íntegro; no caso do milho floculado, foram enviadas amostras de milho íntegro pela empresa A. C. Agromercantil) e farelo de soja foram coletadas semanalmente, pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas e moídas em moinho tipo “Wiley” providos de peneira de 1 mm de porosidade e armazenadas. Ao final do período experimental, as amostras de cada um dos ingredientes foram compostas, formando amostras homogêneas que posteriormente foram analisadas quimicamente.

As análises químicas foram realizadas no Ruminant Nutrition Laboratory (Texas A&M University, College Station, Texas). A determinação de matéria seca foi realizada de acordo com a metodologia proposta pela Association of Official Analytical Chemists – AOAC (2000).

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi determinado de acordo com Van Soest, Robertson e Lewis (1991), teor de FDA, cinzas e proteína bruta de acordo com Association of Official Analytical Chemists – AOAC (2000) enquanto que lignina foi determinada de acordo com Goering e Van Soest. (1970), extrato etéreo de acordo com Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2006) e amido de acordo com Hall (2009).

4.2.4 Determinação do desempenho animal

A ingestão de matéria seca (em kg/dia) foi calculada como a diferença entre o ofertado e as sobras. Para a determinação do ganho de peso diário (GPD), os animais foram pesados no primeiro e no último dia do período experimental, após jejum hídrico de 10 horas e jejum alimentar de 16 horas. E pelos dos dados de IMS e GPD foi calculada a eficiência alimentar dos animais (GPD/IMS).

4.2.5 Coleta de dados após o abate

Os animais foram abatidos no Frigorífico Frigol S.A., localizado em Lençóis Paulista/SP. Após o abate foram determinados o peso da carcaça quente e o rendimento de carcaça (peso da carcaça quente dividido pelo peso corporal final do animal após jejum hídrico de 10 horas e jejum alimentar de 16 horas).

Após resfriamento das carcaças por 24 horas a 0°C, a espessura de gordura subcutânea (EGS) e a área de olho de lombo (AOL) foram determinadas na altura da 12ª costela de acordo com Luchiari Filho (2000). Para a leitura da EGS foi utilizado paquímetro digital de precisão de 0,05mm e para AOL foi utilizado transparência graduada em centímetros quadrados (grid Linbif).

4.2.6 Coleta de fezes, determinação do teor de amido fecal e digestibilidade do amido

Coletas de fezes de três animais por baia (bacias de 32m² contendo 6 animais) e 6 animais por baia (bacias de 112m² contendo 12 animais) foram realizadas nos dias 31 e 91 do período experimental. As coletas foram efetuadas diretamente do piso da baia logo após o animal ter defecado, evitando assim uma possível contaminação. As fezes foram colocadas em caixas de isopor providas de gelo e levadas para o laboratório imediatamente após a coleta para secagem em estufa com ventilação forçada (55°C) por 72 horas (SILVA, 1990). Após a secagem em estufa, foram moídas em moinhos tipo “Wiley” providos de peneiras com malha de 1,0 mm, compostas por baia formando uma amostra homogênea para a determinação do teor de amido fecal.

A análise de determinação do teor de amido fecal foi realizada no Laboratório de Nutrição “Dr. Flávio Prada” na UNESP, campus de Jaboticabal. O teor de amido fecal foi quantificado pelo método da amiloglicosidase descrito por Hendrix (1995).

Através do teor de amido fecal, foi calculada a digestibilidade do amido no trato total (DTA) utilizando-se a fórmula proposta por Zinn et al. (2007):

$$\text{DTA, \%} = 99,9 - (0,413 \times \% \text{ AF}) - (0,0104 \times \text{AF}^2)$$

Onde: AF é o teor de amido nas fezes.

4.2.7 Cálculo da energia líquida das dietas

Com base nos dados de peso corporal médio, IMS e GDP obtido no experimento, foram calculados os valores observados de energia líquida das dietas de acordo com a metodologia proposta por Zinn e Shen (1998).

As exigências de ganho (E_g) e de manutenção (E_m) dos animais foram calculadas através das fórmulas 1 e 2, respectivamente. Calculadas as exigências energéticas relacionadas aos ganhos de peso corporal (kg/dia) e aos pesos metabólicos (kg), foram então calculados os valores de energia líquida das dietas (Mcal/kg de MS) para manutenção (EL_m) e ganho (EL_g) pelas fórmulas 3 e 4.

$$^{(1)} E_g = [0,0493 \text{ PC}^{0,75}] \text{ GDP}^{1,097} ; (\text{NRC}, 1984)$$

$$^{(2)} E_m = 0,077 \text{ CV}^{0,75} ; (\text{LOFGREEN e GARRETT}, 1968)$$

$$^{(3)} EL_m = \left(x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2c} \right) ; (\text{ZINN e SHEN}, 1998)$$

Em que:

$$a = -0,41 E_m$$

$$b = 0,877 E_m + 0,41 \text{ IMS} + E_g$$

$$c = -0,877 \text{ IMS}$$

$$^{(4)} EL_g = 0,877 EL_m - 0,41 ; (\text{ZINN e SHEN}, 1998)$$

Em que,

E_g = exigência em energia para ganho (Mcal/dia)

E_m = exigência em energia para manutenção (Mcal/dia)

EL_m = energia líquida de manutenção (Mcal/kg de MS)

EL_g = energia líquida de ganho (Mcal/kg de MS)

Os valores de energia líquida observada das dietas foram comparados com os valores esperados que foram calculados com base na composição química dos ingredientes e estimados pelo LARGE RUMINANT NUTRITION SYSTEM (LRNS) (FOX et al., 2004).

4.2.8 Produção de gás *in vitro* dos ingredientes da dieta

Foi realizada análise da produção de gás *in vitro* dos ingredientes da dieta no Ruminant Nutrition Laboratory (Texas A&M University, College Station, Texas) em câmara de fermentação anaeróbica de acordo com Tedeschi, Schofield e Pell (2008).

A câmara de fermentação anaeróbica *in vitro* descrita por Tedeschi; Schofield e Pell (2008) utiliza o mesmo princípio que descrito por Pell e Schofield (1993) e Schofield e Pell (1995). A câmara de fermentação engloba uma incubadora (câmara) com um agitador multi-local, sensores de pressão ligados à balões de incubação (frascos Wheaton de 125 ml), um conversor de analógico para digital, e um IBM-PC equipado com software adequado (Pico Tecnologia, Eaton Socon, Cambridgeshire, Reino Unido). O software foi ajustado para coletar o sinal de pressão a cada 5 minutos durante 48h. Técnica anaeróbia estrita foi empregada em todas as transferências (BRYANT, 1972; HUNGATE, 1950 apud TEDESCHI; SCHOFIELD; PELL; 2008) pela adição de CO₂ em todos os recipientes durante pelo menos 5 minutos, utilizando baixa à média taxa de fluxo de CO₂.

Feno de alfafa (*Medicago sativa*) foi utilizado como padrão interno para a todas as fermentações realizadas na câmara de fermentação. O feno de alfafa foi seco a 60 a 65°C em estufa de ventilação forçada e depois moído a 2 mm em moinho Wiley (Modelo 3375-E25, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ 08085) (TEDESCHI; SCHOFIELD; PELL, 2008).

Preparação do meio de cultura (*media*): *media* de bicarbonato-fosfato e solução redutora de Goering e Van Soest (1970) (não foi adicionado tripticase) foram utilizadas. Foi adicionado CO₂ no frasco de *media* o tempo todo. A *media* foi aquecida separadamente até um pouco abaixo da temperatura de ebulição e, em seguida, aquecida até à temperatura ambiente. Neste ponto, foi adicionado cloridrato de cisteína. O pH médio e a saturação de CO₂ foi controlada pela mudança de cor

do indicador resazurina do roxo ao rosa / incolor; o pH ótimo utilizado foi entre 6,8 e 6,9 (TEDESCHI; SCHOFIELD; PELL, 2008).

Preparação de amostras e incubação: Amostras dos ingredientes da dieta (200 mg) foram transferidos para frascos Wheaton de 125 mL. No interior dos frascos, amostras dos ingredientes foram umidificadas com 2,0 ml de água fervida, duplamente destilada que havia sido previamente resfriada até à temperatura ambiente. Cada frasco foi preenchido com 14 mL de *media*, como descrito acima, e vedados com rolhas de borracha (Geo-microbianas Technologies, Ochelata, OK 74051), e selados com tampas de alumínio. Todos os frascos foram colocados na câmara de fermentação e o respectivo sensor para cada frasco foi inserido utilizando agulhas. Quando a câmara de fermentação atingiu 39°C, 4 ml do inóculo de bactérias ruminais foram injetados nos frascos Wheaton. A câmara de fermentação foi fechada e quando a temperatura interna atingiu 39°C, a pressão no interior de cada frasco foi zerada por punção da tampa com uma agulha por 5 segundos e a gravação da pressão foi iniciada. A pressão atmosférica foi gravada no início e no final de todas as rodadas (TEDESCHI; SCHOFIELD; PELL, 2008).

Preparação do resíduo de fermentação: Após 48h de fermentação (2880 pontos por amostra foram coletados), cada frasco foi despressurizado, o pH e potencial de oxidação/ redução foram medidos, e 40 ml de solução de detergente neutro (Van SOEST et al., 1991) foram adicionados a cada frasco Wheaton para determinar resíduos de detergente neutro; não foram utilizados sulfeto de sódio e amilase. Os frascos foram selados e levados para autoclave durante 60 minutos a 105°C para determinar fibra não degradada, filtrados em papel de filtro Whatman 54, e secos em estufa utilizando o método para de determinação de fibra residual (PELL; SCHOFIELD, 1993). O resíduo de detergente neutro foi determinado por gravimetria (TEDESCHI; SCHOFIELD; PELL, 2008).

4.2.9 Análise estatística

Os dados foram testados antes da análise geral final, na intenção de assegurar que todas as premissas da análise de variância fossem respeitadas. A baia foi utilizada como unidade experimental e os dados foram analisados por meio do pacote estatístico do SAS (SAS, 2002), por meio do Proc MIXED. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + b_i + F_j + P_k + F_j \times P_k + e_{ijk}$$

Onde, μ é a média geral; b_i representa o efeito aleatório de bloco; F_j representa o efeito fixo do nível de forragem; P_k representa o efeito fixo do processamento do milho; $F_j \times P_k$ representa o efeito fixo da interação entre o efeito do nível de forragem e do processamento do milho; e, e_{ijk} representa o erro residual. As médias foram geradas pelo LSMEANS e contrastes ortogonais foram testados para avaliar o efeito linear e quadrático da inclusão de forragem na dieta. Quando a interação entre o efeito de aditivo e do processamento do milho tendeu a ser significativa ($P < 0,15$) o comando *slice* do SAS foi utilizado para testar o efeito do aditivo dentro de cada processamento do milho.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Desempenho animal e parâmetros de carcaça

De 240 animais selecionados, foi utilizado 237 animais em virtude de rejeição de cocho por três animais, os quais foram retirados do experimento. A floculação do milho *flint* tendeu a aumentar ($P = 0,07$) a eficiência alimentar (0,173 vs. 0,165), o PCQ ($P = 0,06$) (294 vs 286 kg) e a EGS ($P=0,06$) (4,67 vs 4,18 mm) em comparação com a moagem grosseira do milho *flint*. O PCI, PF, IMS e o GPD dos animais não foram afetados ($P>0,05$) pelo método de processamento do milho (Tabela 15).

Tabela 15 - Desempenho e parâmetros de carcaça de bovinos Nelore confinados alimentados com dietas contendo dois tipos de processamento de grãos (moagem grosseira e floculação) e níveis de FDN de silagem de milho (4, 7, 10 e 13%)

Tratamentos														
Variáveis ¹	Processamento								EPM ²	Valor de P ³				
	Floculação				Moagem grosseira					Valor de P ³			Contrastes	
	Níveis de FDNf (% MS)				Níveis de FDNf (% MS)									
	MF4	MF7	MF10	MF13	MG4	MG7	MG10	MG13		P ⁴	FDNf ⁵	P*FDNf ⁶	Linear	Quadrático
n	30	30	30	30	29	29	29	30						
PCI, kg	344	344	344	344	344	344	344	344	15,6	0,93	0,41	0,42	0,81	0,60
PF, kg	520	518	521	536	512	518	527	518	16,2	0,21	0,22	0,16	0,10	0,93
IMS, kg	8,48	8,75	8,8	9,68	8,55	8,85	9,45	9,5	0,34	0,51	0,03	0,68	0,07	0,72
GPD, kg	1,51	1,48	1,51	1,64	1,44	1,49	1,57	1,48	0,03	0,21	0,18	0,15	0,09	0,89
GPD/IMS	0,181	0,172	0,172	0,169	0,168	0,169	0,166	0,157	0,005	0,07	0,38	0,84	0,47	0,11
PCQ, kg	289	291	293	304	280	284	288	293	8,9	0,06	0,03	0,094	0,001	0,12
RC, %	55,8	56,3	56,3	56,5	54,8	55	54,8	56,8	1,03	0,23	0,56	0,83	0,75	0,61
AOL, cm ²	66,5	65	66,5	68	67,5	69,5	66,5	65,5	1,47	0,55	0,97	0,21	0,64	0,95
EGS, mm	4,53	4,99	4,49	4,67	3,83	3,93	4,56	4,41	0,36	0,06	0,73	0,42	0,64	0,59

¹n = número de animais; PCI = Peso corporal inicial; PF = Peso final; IMS = Ingestão de matéria seca; GPD = Ganho de peso diário; GPD/IMS = eficiência alimentar; PCQ = peso da carcaça quente; RC = rendimento de carcaça; AOL = Área de olho de lombo; EGS = espessura de gordura subcutânea.

²EPM = erro padrão da média.

³Probabilidade de resposta para os tratamentos.

⁴P = efeito do tipo de processamento.

⁵FDNf = efeito das concentrações de FDNf da silagem de milho.

⁶P*FDNf = interação.

O incremento de 4,8% na eficiência alimentar pode ser explicado principalmente pela maior digestibilidade do amido do milho floculado no trato digestivo total em comparação ao milho moído grosso (Tabela 17). O aumento na eficiência alimentar de animais confinados é o efeito mais marcante e consistente da floculação sobre a laminação a seco do milho dentado (OWENS; BASALAN, 2012). Não se sabe ao certo a diferença na dimensão das respostas ao processamento de grão de milho *flint* ou grão dentado, porém pode se esperar maiores benefícios para o milho *flint*, em virtude de sua menor digestibilidade (OWENS; BASALAN, 2012). Em estudos conduzidos no Brasil com milho *flint* foi demonstrado que a floculação quando comparada à laminação apresentou incrementos de 25,5% (PERES, 2011) e 26% (CARARETO, 2011) na eficiência alimentar de bovinos Nelore em terminação. O efeito positivo menos expressivo no presente estudo pode ter sido causado por ocorrência de retrogradação do amido ou outros fatores em virtude do transporte do milho floculado ainda com grau elevado de umidade do confinamento comercial para o centro de pesquisa da ESALQ. A digestibilidade do amido no trato digestivo total (Tabela 17) foi de 95,4% para o milho floculado, abaixo do ótimo recomendado ao redor de 99%.

O maior PCQ dos animais alimentados com milho floculado ocorreram em virtude da combinação dos valores não significativos ($P>0,05$) mais altos de GPD e de RC desses animais em comparação com os alimentados com milho moído grosso.

A inclusão de níveis crescentes de silagem de milho na dieta afetou ($P = 0,03$) a IMS e o PCQ dos animais independente do método de processamento do milho. A IMS aumentou de forma linear (8,51; 8,8; 9,12 e 9,51 kg, respectivamente) com a inclusão de FDN de silagem de milho (4, 7, 10 e 13%) na dieta (Figura 16).

Figura 16 - IMS de bovinos Nelore confinados em função dos níveis de FDN de silagem de milho

Galyean e Abney (2006), avaliando a relação entre FDN total da dieta e IMS constataram que a IMS aumentou linearmente com a inclusão de forragem na dieta. De acordo com revisão feita por Galyean e Defoor (2003), o nível de inclusão de forragem entre 0 e 30% da MS da dieta tem efeito positivo na IMS. Gorocica-Buenfil e Loerch (2005) reportaram um aumento de 7% na IMS quando 18,2% de forragem foi utilizada na dieta em comparação a dietas contendo 5,2% de forragem, sendo esta forragem mistura de feno de alfafa e silagem de milho.

Alguns mecanismos podem explicar o aumento na ingestão de matéria seca em decorrência do aumento do nível de forragem na dieta. A inclusão de forragem causa diluição no teor de energia da dieta de bovinos em terminação, os quais respondem aumentando a ingestão de matéria seca (mecanismo fisiológico ou quimiostático). Além deste efeito de diluição, acidose no trato digestivo, acidose metabólica, produtos finais da fermentação, características da digesta ruminal e cinética ruminal também são fatores que podem interferir na resposta do animal à inclusão de forragem na dieta com relação à IMS (GALYEAN; DEFOOR, 2003; GALYEAN; ABNEY, 2006; GALYEAN; VASCONCELOS, 2008; GALYEAN; HUBBERT, 2012 apud SANTOS et al., 2013).

O efeito linear da IMS em relação aos níveis de FDN de silagem de milho obtido neste estudo corrobora com o resultado da meta-análise realizada por Santos et al. (2013) para se avaliar o efeito da inclusão de forragem no desempenho de

bovinos confinados com dietas ricas em grãos de cereais nos Estados Unidos, onde também houve um efeito linear para IMS. No entanto, em outra meta-análise realizada pelos mesmos autores de trabalhos nacionais com milho *flint*, a IMS apresentou resposta quadrática em relação aos níveis de FDNf. Como também foi observado por Melo (2015), onde o aumento do nível de FDN de bagaço de cana-de-açúcar proporcionou uma resposta quadrática da IMS.

Nos experimentos brasileiros compilados para a meta-análise realizada por Santos et al. (2013) as principais fontes de forragem foram bagaço de cana-de-açúcar e silagem de cana-de-açúcar. Não houve experimento com silagem de milho, o que pode explicar o efeito linear na IMS do presente estudo estar em divergência com os resultados compilados.

Houve tendência de aumento linear ($P = 0,09$) no GPD dos animais (Figura 17) com níveis crescentes de FDN de silagem de milho, o que contrasta com os resultados da meta-análise realizada por Santos et al. (2013) com dados americanos, onde houve resposta quadrática do GPD aos níveis crescentes de FDN de forragem na dieta. Este resultado pode estar associado à qualidade da silagem de milho utilizada no presente estudo.

Caetano et al. (2015) reportaram que tourinhos Nelore apresentaram máximo GPD quando o teor de FDN de silagem de cana-de-açúcar foi de 13% da MS da dieta independente do método de processamento do milho (moagem fina vs. silagem de grão úmido).

Figura 17 - Ganho de peso diário de bovinos Nelore confinados em função dos níveis de FDN de silagem de milho

Apesar da tendência de aumento em GPD, em virtude do aumento linear na IMS, houve tendência ($P = 0,11$) de redução quadrática na eficiência alimentar dos animais com inclusão crescente de forragem na dieta (Figura 18). A redução na eficiência alimentar com a inclusão de forragem é bem documentada na literatura com animais taurinos (STOCK et al., 1990; GALYEAN; DEFOOR, 2003; GALYEAN; ABNEY, 2006; SANTOS et al., 2013). Kreikemeier et al. (1990) observaram resposta quadrática da conversão alimentar em relação ao nível de FDNf. No entanto, Santos et al. (2013) observaram redução linear da eficiência alimentar em relação aos níveis de FDN de forragem tanto para animais taurinos quanto para zebuínos.

Figura 18 - Eficiência alimentar de bovinos Nelore confinados em função dos níveis de FDN de silagem de milho

A tendência de aumento linear no GPD dos animais e de valores numéricos mais altos ($P > 0,05$) de RC com níveis crescentes de FDN de silagem de milho resultaram em aumento linear ($P = 0,001$) do PCQ dos animais (284,5; 287,5; 290,5 e 298,5 kg, respectivamente) independente do método de processamento do milho. Esses dados estão de acordo com os de Caetano et al. (2015) que reportou os maiores PCQ para tourinhos Nelore alimentados com dietas com 12,8% de FDN de silagem de cana-de-açúcar. Entretanto, essa tendência não foi observada por Melo (2015), Leme et al. (2003) e Ribeiro et al. (2002) com tourinhos Nelore e com taurinos (BARTLE; PRETON; MILLER, 1994; MACDONALD et al., 2011).

4.3.2 Produção de gás *in vitro* dos ingredientes da dieta

Os valores da taxa de degradação (Kd), NDT, energia líquida de manutenção e energia líquida de ganho dos ingredientes da dieta foram obtidos (Tabela 16).

Tabela 16 - Resultados da produção de gás *in vitro* dos ingredientes da dieta

Ingredientes	Kd, %/h	NDT, %	ELm, Mcal/kg	ELg, Mcal/kg
Milho moído grosso	23,00	83,33	2,04	1,38
Milho floculado	17,76	84,74	2,08	1,41
Silagem de milho	15,99	67,69	1,56	0,96
Farelo de soja	13,05	78,06	1,90	1,41

Os valores de energia do milho *flint* moído grosso estimados pela técnica de produção de gás *in vitro* foram inferiores aos valores tabulares do NRC (1996) para milho dentado, o que pode ser explicado pela alta vitreosidade do milho *flint*, limitando a digestão do amido. O valor de digestibilidade do amido no trato digestivo total de 88,65% para o milho *flint* moído grosso (Tabela 17) é inferior ao valor médio de 91,03% para milho dentado laminado relatado na revisão de Owens e Soderlund (2006).

A menor taxa de degradação do milho floculado não é condizente com o maior valor energético do milho floculado relatado na literatura tanto com milho dentado (OWENS; BASALAN, 2012) quanto com milho *flint* (PERES, 2011; CARARETO, 2011; MELO, 2015).

A vantagem pequena do milho floculado em comparação com o milho moído quanto ao valor de energia estimado *in vitro* explica em parte o aumento de apenas 4,8% na eficiência alimentar em comparação com o milho moído grosso, valor esse muito inferior aos incrementos reportados com milho *flint* em trabalhos conduzidos no Departamento de Zootecnia da ESALQ (PERES, 2011; CARARETO, 2011, GOUVÊA, 2012; MELO, 2015).

4.3.3 Teor de amido fecal e digestibilidade de amido no trato total

A floculação proporcionou menor ($P = 0,001$) teor de amido fecal em relação à moagem grosseira (8,72 vs. 18,02%) e um aumento ($P = 0,001$) de 6,51% na digestibilidade do amido no trato total (95,4 vs. 88,65%) (Tabela 17).

Tabela 17 – Teor de amido fecal e digestibilidade do amido no trato total de bovinos Nelore confinados alimentados com dietas contendo dois tipos de processamento de grãos (moagem grosseira e floculação) e níveis de FDN de silagem de milho (4, 7, 10 e 13%)

Tratamentos																				
Variáveis ¹	Processamento								EPM ²	Valor de P ³					Contrastes					
	Floculação				Moagem grosseira					P ⁴			FDNf ⁵		P*FDNf ⁶		Linear		Quadrático	
	Níveis de FDNf (% MS)				Níveis de FDNf (% MS)															
	MF4	MF7	MF10	MF13	MG4	MG7	MG10	MG13												
	n	30	30	30	30	29	29	29		30										
AF, %	10,40	10,00	6,40	8,10	14,50	22,20	21,40	14,00	2,51	0,001	0,23	0,13	0,001	0,05						
DAT, %	94,3	94,6	96,9	95,8	91,4	85,3	86,1	91,8	1,81	0,001	0,19	0,11	0,001	0,03						

¹n = número de animais; AF = Teor de amido fecal; DAT = digestibilidade do amido no trato total²EPM = erro padrão da média.

³Probabilidade de resposta para os tratamentos.

⁴P = efeito do tipo de processamento.

⁵FDNf = efeito das concentrações de FDNf da silagem de milho.

⁶P*FDNf = interação.

Estes resultados são similares ao resultado observado no Experimento 1 onde a floculação foi comparada à moagem fina do grão de milho. Conforme já foi discutido no item 3.3.3, a redução no AF e aumento na DAT com a floculação é bem descrita na literatura, tanto para milho do tipo dentado (OWENS et al., 1997; OWENS; SODERLUND, 2006; CARARETO, 2011; PERES, 2011; GOUVÊA, 2012; OWENS; BASALAN, 2012) quanto para o milho *flint* (CARARETO, 2011; PERES, 2011; GOUVÊA, 2012).

4.3.4 Valores de ELm e ELg das dietas experimentais

A floculação aumentou ($P = 0,001$) os valores de ELm e ELg das dietas em 7,1 e 12,6%, respectivamente (2,10 vs 1,96 Mcal/kg MS e 1,43 vs 1,27 Mcal/kg) (Tabela 18).

Tabela 18 – Valores observados de ELM e ELg e relação entre a ELM observada/esperada e ELg observada/esperada das dietas experimentais de bovinos Nelore confinados recebendo dois tipos de processamento de grãos (moagem grosseira e floculação) e níveis de FDN de silagem de milho (4, 7, 10 e 13%)

Tratamentos														
Variáveis ¹	Processamento								EPM ²	Valor de P ³				
	Floculação				Moagem grosseira					Valor de P ³			Contrastes	
	Níveis de FDNf (% MS)				Níveis de FDNf (% MS)					Valor de P ³			Contrastes	
	MF4	MF7	MF10	MF13	MG4	MG7	MG10	MG13		P ⁴	FDNf ⁵	P*FDNf ⁶	Linear	Quadrático
n	30	30	30	30	29	29	29	30						
ELm Obs (Mcal/kg de MS)	2,21	2,12	2,07	2,00	2,02	1,99	1,99	1,85	0,04	0,001	0,001	0,61	0,001	0,18
ELg Obs (Mcal/kg de MS)	1,53	1,44	1,4	1,35	1,36	1,3	1,25	1,19	0,02	0,001	0,001	0,58	0,001	0,15
ELm Obs/Esp	1,19	1,13	1,11	1,07	1,16	1,07	1,07	1,04	0,02	0,001	0,001	0,67	0,001	0,16
ELg Obs/Esp	1,24	1,17	1,14	1,1	1,13	1,08	1,04	1,02	0,02	0,001	0,001	0,58	0,001	0,19

¹n = número de animais; ELmObs = energia líquida para manutenção observada; ELg = Energia líquida para ganho esperada; ELm Obs/Esp = Relação entre ELm observada/esperada; ELg Obs/Esp = Relação entre ELg observada/esperada.

²EPM = erro padrão da média.

³Probabilidade de resposta para os tratamentos.

⁴P = efeito do tipo de processamento.

⁵FDNf = efeito das concentrações de FDNf da silagem de milho.

⁶P*FDNf = interação.

Na Tabela 19 são apresentados os benefícios da floculação nos valores de ELM e ELg constatados em trabalhos com milho *flint* conduzidos no Departamento de Zootecnia da ESALQ.

Tabela 19 - Incrementos na ELM e ELg em virtude da floculação do milho *flint*

Referências	Benefício na ELM, %	Benefício na ELg, %	Processamento
Carareto (2011)	22	32	Floculação vs. Laminação a seco
Peres (2011)	16,6	22	Floculação vs. Laminação a seco
Gouvêa (2012)	16,6	21,8	Floculação vs. Moagem fina
Melo (2015)	14,86	20,53	Floculação vs. Moagem grosseira
Marques (2016)	17,11	22	Floculação vs. Milho inteiro

Os incrementos no valor energético do milho floculado foram menores que os relatados em outros estudos com milho *flint*, talvez em virtude da não secagem completa do milho antes do transporte da empresa fornecedora do milho floculado para a ESALQ e armazenamento desse material em condições não ótimas de umidade.

As relações entre energia observada e esperada das dietas foram maiores que 1, indicando que os valores de energia das dietas foram subestimados pelo programa LRNS.

Os valores foram maiores ($P = 0,001$) para o milho floculado que para o moído, indicando que os valores estimados de energia do milho floculado foram mais subestimados pelo programa que os do milho *flint* moído grosso.

A inclusão de FDN de silagem de milho causou redução linear ($P = 0,001$) nas concentrações de ELM e de ELg das dietas com tendência de aumento no GPD e de redução na eficiência alimentar, em virtude do aumento na IMS. Parsons et al. (2007) e May et al. (2011) constataram redução linear da ELM e ELg em virtude do aumento de forragem na dieta. O mesmo resultado foi relatado por Melo (2015).

4.4 Conclusões

A floculação do milho *flint* aumentou o valor energético do cereal em comparação com a moagem grosseira para tourinhos da raça Nelore em dietas com alto teor de energia.

A inclusão de silagem de milho em dietas com alto teor de milho *flint* reduziu a eficiência alimentar dos animais, mas aumentou o peso de carcaça quente dos animais.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 17th ed. Gaithersburg, 2000. v. 2.

_____. **Official methods of analysis**. 18th. ed. Gaithersburg, 2006.

BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L.; MILLER, M.F. Dietary energy source and density: Effects of roughage source roughage equivalent, tallow level, and steer type on feedlot performance and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 72, n. 8, p. 1943-1953, 1994.

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**, Albany, v. 93, p. 4023-4033, 2015.

CARARETO, R. **Fontes de nitrogênio, níveis de forragem e métodos de processamento de milho em rações para tourinhos da raça Nelore terminados em confinamento**. 2011. 106 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

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**, Albany, v. 84, p. 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**, Lancaster, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.

DOMBRINK-KURTZMAN, M.A.; BIETZ, J.A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 1, p. 105-108, 1993.

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P.; RUSSELL, J.B.; VAN AMBURGH, M.E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R. The Cornell net carbohydrate and protein system model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 112, n.1., p. 29-78, 2004.

GALYEAN, M.L.; ABNEY, C.S. Assessing roughage value in diets of high producing cattle. In: SOUTHWEST NUTRITION MANAGEMENT CONFERENCE, 2006, Tucson. **Proceedings...** Tucson: University of Arizona, 2006. p. 127–144

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

GALYEAN, M.L.; HUBBERT, M.E. Traditional and alternative sources of fiber: roughage values, effectiveness, and concentrations in starting and finishing diets. In: PLAINS NUTRITION COUNCIL - SPRING CONFERENCE, 26, 2012, San Antonio. **Proceedings...** Amarillo: Texas Agrilife Research and Extension Center, 2012. p. 75-97.

GALYEAN, M.L.; VASCONCELOS, J.T. Optimizing the use of forages in feedlot finishing diets. In: 29th WESTERN NUTRITION CONFERENCE, 29., 2008, Edmonton. **Proceedings...** Alberta: University of Alberta, 2008.p. 139-151.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)**. Washington: USDA, ARS, 1970. 24 p. Agriculture Handbook, 379).

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

GOUVÊA, V.N. **Processamento de grãos de milho flint e sua substituição por polpa cítrica em dietas para tourinhos Nelore terminados em confinamento**. 2012. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

HALL, M. B. 2009. Analysis of starch, including maltooligosaccharides, in animal feeds: a comparison of methods and a recommended method for AOAC collaborative study. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 92, p. 42-49.

HENDRIX, D.L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, Madison, v. 25, p.1306–1311, 1995.

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**, Champaign, v. 79, n. 5, p. 922-928, 1996.

LEME, P.R.; SILVA, S.L.; PEREIRA, A.S.C.; PUTRINO, S.M; LANNA, D.P.D.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar e dietas com elevada proporção de concentrados para novinhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1786-1791, 2003.

LUCHIARI FILHO, A. Carcaça bovina. In: _____. (Ed.). **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: LinBife, 2000. p. 49-70.

MACDONALD, C.; JENKINS, K.H.; MCCOLLUM, F.T.; COLE, N.A. **Effects of level of alfalfa hay in steam-flaked corn based diets containing 25% sorghum wet distiller's grains**. Disponível em: <<http://amarillo.tamu.edu/files/2011/01/Effects-of-Level-of-Alfalfa-Hay.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

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**, Albany, v. 94, p. 339-348, 2016.

MAY, M.L.; QUINN, M.J.; DILORENZO, N.; SMITH, D.R.; GALYEAN, M.L. Effects of roughage concentration in steam flaked corn-based diets containing wet distillers grains with solubles on feedlot cattle performance, carcass characteristics, and in vitro fermentation. **Journal Animal Science**, Albany, v. 89, p. 549-559, 2011.

MELO, A.H.F. **Processamento de grãos de milho e concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana *in natura* em dietas para bovinos em terminação** 2015. 157 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 1996. 242 p.

OWENS, F.N.; BASALAN, M. Gain and efficiency responses to various grain processing methods. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 7., 2012, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2012. 1 CD-ROM.

OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminant and post ruminant starch digestions by cattle. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Proceedings...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006. p. 116-128.

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 Animal Science**, Albany, v. 75, p. 868-879, 1997.

_____. Acidosis in cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 275-286, 1998.

PARSONS, C.H.; VASCONCELOS, J.T.; SWINGLE, R.S.; DEFOOR, P.J.; NUNNERY, G.A.; SALTER, G.B.; GALYEAN, M.L. Effects of wet corn gluten feed and roughage levels on performance, carcass characteristics, and feeding behavior of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 85, p. 3079-3089, 2007.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 76, p. 1063-1073, 1993.

PERES, S.M. **Processamento de grãos de milho do tipo *flint* ou duro e adequação proteica em rações para bovinos em terminação: desempenho animal e digestibilidade do amido**. 2011. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

RIBEIRO, F.G.; LEME, P.R.; BULLE, M.L.M.; LIMA, C.G.; SILVA, S.L.; PEREIRA, A.S.C.; LANNA, D.P.D. Características de carcaça e qualidade da carne de tourinhos alimentados com dietas de alta energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 749-756, 2002.

SANTOS, F.A.P.; CARARETO, R.; MARQUES, R.S. Processamento de grãos para bovinos de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 9., 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2011. p. 403-432.

SANTOS, F.A.P.; SOUZA, J.; BATISTEL, F.; COSTA, D.F.A. Modalidades de confinamento sem o uso de volumosos: realidade e limitações. In: ENCONTRO DA COAN CONSULTORIA; ENCONTRO DE CONFINAMENTO: GESTÃO TÉCNICA E ECONÔMICA, 8., 2013, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel, 2013. p. 261-291.

SAS INSTITUTE. **SAS proprietary software release 9.1**. Cary, 2002. 296 p.

SCHOFIELD, P.; PELL, A. N. Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 73, p. 3455-3463, 1995.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165 p.

STOCK, R.A.; SINDT, M.H.; PARROTT, J.C.; GOEDEKEN, F.K. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. **Journal of Animal Science**, Lancaster, v. 68, p. 3441-3455, 1990.

TEDESCHI, L.O.; SCHOFIELD, P.; PELL, A.N. Determining feed quality for ruminants using in vitro gas production technique. 2. Evaluating different models to assess gas production measurements. In: WORKSHOP ON MODELING IN RUMINANT NUTRITION: APPLICATION OF THE GAS PRODUCTION TECHNIQUE, 4., 2008, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA, 2008. p. 15.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

YU, P. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, p. 777-783, 1998.

ZINN, R.A.; SHEN, Y. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, p. 1280-1289, 1998.

ZINN, R.A.; CORONA, L.; WARE, R.A. Forage quality: Impacts on cattle performance and economics In: NATIONAL ALFALFA SYMPOSIUM; CALIFORNIA ALFALFA SYMPOSIUM, 34., 2004, San Diego. **Proceedings...** San Diego, 2004. p. 209-216.

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

5 CONCLUSÕES GERAIS

A floculação foi um método de processamento mais efetivo que a moagem fina e que a moagem grosseira em aumentar o valor energético do milho *flint* e o desempenho de bovinos confinados.

A inclusão de silagem de milho em dietas com alto teor de grãos reduziu a eficiência alimentar dos animais, mas aumentou o peso da carcaça quente dos animais.

Os aditivos testados no presente estudo não foram efetivos para aumentar o valor energético das dietas e a eficiência alimentar dos animais. Houve tendência de vantagem da formulação A062 a base de virginiamicina no ganho de peso e no peso de carcaça quente dos animais em comparação com a monensina sódica.