

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

**Processamento de grãos de milho do tipo *flint* ou duro e
adequação protéica em rações para bovinos em terminação –
desempenho animal e digestibilidade do amido**

Mariana Soares Peres

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

**Piracicaba
2011**

Mariana Soares Peres
Zootecnista

Processamento de grãos de milho do tipo *flint* ou duro e adequação protéica em rações para bovinos em terminação – desempenho animal e digestibilidade do amido

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010

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

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

Piracicaba

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

Peres, Mariana Soares

Processamento de grãos de milho do tipo *flint* ou duro e adequação protéica em rações para bovinos em terminação - desempenho animal e digestibilidade do amido / Mariana Soares Peres. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010. - - Piracicaba, 2011.

88 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Bovinos de corte 2. Confinamento animal 3. Milho - Processamento 4. Uréia
I. Título

CDD 636.213
P437p

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

2011

Aos meus pais Janete Soares Barbosa Peres e Antonio Peres Martins, por todos os ensinamentos a mim destinados e pelo apoio incondicional.
A minha irmã Emilia Cristina Peres pelo companheirismo e cumplicidade.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Flávio Augusto Portela Santos pela confiança e ensinamentos.

A minha especial amiga Profa. Dra. Claudia Maria Bertan Membrive pela dedicação em me preparar para esta trajetória.

Ao Prof. Dr. Mário de Beni Arrigoni pela iluminação constante dos meus caminhos e pelo apoio em todos os momentos de dificuldade.

A minha companheira e amiga Tatiane Neri por me acompanhar em todos os momentos deste trabalho e fazer o possível para me proporcionar alegria.

Ao Dr. Alexandre Mendonça Pedroso por sempre clarear o meu caminho.

A minha amiga Cristiane Sitta por todo empenho em me ajudar.

A minha amiga Daiane Fausto pela companhia sempre presente, compreensão e apoio sem limites.

Aos meus amigos Lucas Chagas e Rodrigo Marques pela disposição em colaborar em todas as circunstâncias.

Aos companheiros do grupo de pesquisa NUTRIBOV pela contribuição essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus tios Valdemar Barbosa (*in memoriam*) e Yara Nuzzi pelo apoio e orientação a mim concedidos em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais e irmã pela confiança, apoio, dedicação, cumplicidade e todos os demais bons sentimentos que sempre serviram como energia para continuar a minha trajetória da vida.

A Deus, por estar ao meu lado em todos os pequenos passos por mim dados e em todas as grandes conquistas por mim alcançadas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro concedido para execução deste trabalho.

A Empresa de Nutrição Animal Tortuga pela doação do sal mineral.

A Empresa Mendes & Mendos pelo empréstimo do equipamento necessário para o processamento no material utilizado neste experimento.

Ao Banco JBS pela confiança e apoio nesta conquista.

Muito obrigada!

“A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, cante, chore, dance, ria e viva intensamente antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos”.

Charles Chaplin

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO | 11 |
| ABSTRACT | 13 |
| LISTA DE SIGLAS | 15 |
| 1 INTRODUÇÃO | 17 |
| 2 DESENVOLVIMENTO | 19 |
| 2.1 Revisão Bibliográfica..... | 19 |
| 2.1.1 Fontes de nitrogênio em rações para bovinos em confinamento..... | 19 |
| 2.1.2 Adequação Protéica..... | 20 |
| 2.1.3 Fontes, teores protéicos e desempenho de bovinos em confinamento..... | 22 |
| 2.1.4 Características, propriedades e importância do amido..... | 26 |
| 2.1.5 Características Químicas..... | 27 |
| 2.1.6 Características Físicas..... | 28 |
| 2.1.7 Distribuição do amido nos grãos de cereais..... | 29 |
| 2.1.8 Propriedades dos grânulos de amido..... | 29 |
| 2.1.9 Características do milho brasileiro..... | 30 |
| 2.1.10 Fatores que afetam a digestão do amido..... | 31 |
| 2.1.11 Processamento de grãos..... | 32 |
| 2.1.12 Tipos de processamento..... | 33 |
| 2.1.12.1 Moagem ou laminação a seco..... | 33 |
| 2.1.12.2 Floculação..... | 34 |
| 2.1.13 Efeitos do processamento de grãos no sítio de digestão do amido..... | 35 |
| 2.1.14 Processamento de grãos e desempenho animal..... | 36 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 39 |
| 3.1 Local dos experimentos..... | 39 |
| 3.2 Experimento 1: Avaliação do desempenho animal..... | 39 |
| 3.2.1 Período experimental, animais e instalações..... | 39 |
| 3.2.2 Delineamento experimental..... | 39 |
| 3.2.3 Tratamentos..... | 40 |
| 3.2.4 Manejo alimentar e pesagem dos animais..... | 41 |
| 3.2.5 Coleta e análises laboratoriais dos ingredientes..... | 43 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.6 Coleta e análises laboratoriais das fezes..... | 44 |
| 3.2.7 Coleta de dados após o abate..... | 46 |
| 3.2.8 Cálculo de energia líquida das rações..... | 46 |
| 3.2.9 Análise dos dados..... | 47 |
| 3.3 Experimento 2: Digestibilidade do amido..... | 48 |
| 3.3.1 Período experimental, animais e instalações..... | 48 |
| 3.3.2 Delineamento experimental..... | 48 |
| 3.3.3 Tratamentos..... | 49 |
| 3.3.4 Manejo alimentar e pesagem dos animais..... | 50 |
| 3.3.5 Coleta e análises laboratoriais dos ingredientes..... | 51 |
| 3.3.6 Coleta e análises laboratoriais das fezes..... | 52 |
| 3.2.7 Análise dos dados..... | 53 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 55 |
| 4.1 Experimento de desempenho..... | 55 |
| 4.1.1 Composição química dos ingredientes..... | 55 |
| 4.1.2 Desempenho animal e características de carcaça..... | 56 |
| 4.1.3 Energia Líquida das rações..... | 64 |
| 4.1.4 Estimativa da digestibilidade do amido com base no teor de amido fecal e energia metabolizável do milho..... | 66 |
| 4.2 Experimento de digestibilidade..... | 70 |
| 4.2.1 Composição química dos ingredientes..... | 70 |
| 4.2.2 Estimativa da digestibilidade do amido com base no teor de amido fecal e energia metabolizável do milho..... | 72 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 77 |
| REFERÊNCIAS..... | 79 |

RESUMO

Processamento de grãos de milho do tipo *flint* ou duro e adequação protéica em rações para bovinos em terminação – desempenho animal e digestibilidade do amido

Foram realizados 2 experimentos no Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP com o objetivo de avaliar o desempenho de tourinhos terminados em confinamento. No experimento 1 foram comparados três métodos de processamento de milho, laminado (L), floculado (F) e moído fino (M), combinados com 3 níveis crescentes de uréia (0,5; 1,0 e 1,5% na MS da dieta). As dietas continham 8,5, 9,9 e 11,3% de PB respectivamente. Foram utilizados 180 tourinhos da raça Nelore com peso inicial de 343 kg, distribuídos em 36 baias, confinados por 101 dias. As dietas continham 12% de feno picado e 88% de concentrado (milho, melaço, uréia e núcleo mineral com ionóforo). A floculação do milho *flint* aumentou o GPD, resultando em 20,5% maior eficiência alimentar em comparação com o milho laminado. Comparada com a moagem fina, a floculação aumentou em 11,6% a eficiência alimentar dos animais. A moagem fina melhorou a eficiência alimentar dos animais em 7,9% em comparação com a laminação. Independente do método de processamento do milho a eficiência alimentar dos animais aumentou de forma linear com o aumento dos níveis de uréia na ração. Os parâmetros de carcaça avaliados não foram afetados pelos tratamentos. No experimento 2 foram comparadas a digestibilidade do amido em dietas com três processamentos de milho (laminado, floculado e moído fino) em dois grupos genéticos de animais: predominantemente *Bos taurus* (Canchim) e *Bos indicus* (Nelore). Foram utilizados 15 tourinhos da raça Nelore, com peso vivo inicial de 325 kg e 15 tourinhos da raça Canchim, com peso vivo inicial de 361 kg. Os animais foram alojados em baias individuais, por 27 dias. As dietas continham 20% de feno de tifton e 80% de concentrado constituído de milho, farelo de soja, melaço, uréia, calcário calcítico e núcleo mineral. A concentração de amido fecal para os animais que receberam rações com milho moído fino e milho floculado foram menores (12,8 e 29,6%, respectivamente) quando comparadas ao milho laminado. A digestibilidade do amido no trato total foi maior para animais Canchim que para Nelore. Esses resultados permitem concluir que nos dois experimentos conduzidos, a moagem fina e a floculação, em comparação com a laminação, resultaram em aumento na digestibilidade do amido e na eficiência alimentar dos animais maior do que o relatado na literatura americana, provavelmente em virtude da diferença no tipo de milho utilizado nos dois países.

Palavras - chave: Bovinos; Confinamento; Processamento de milho; Nelore; Canchim; Uréia

ABSTRACT

Processing of flint corn grain and protein adequacy in diets for finishing cattle - animal performance and starch digestibility

Two experiments were conducted at the Department of Animal Science, ESALQ / USP in order to evaluate the performance of feedlot finished young Nellore bulls. In Experiment 1 three corn processing methods were compared, dry rolling (L), steam flaking (F) and fine grinding (M) combined with three increasing crude protein levels (8.5, 9.9 and 11.3%) via addition of urea (0.5, 1.0 and 1.5% in diet DM) in diets rich in concentrate. 180 young Nellore bulls with initial weight of 343 kg were allotted to 36 feedlot pens for 101 days. Experimental diets consisted of 12% chopped hay and 88% concentrate (corn, molasses, urea and mineral supplement with ionophore). Steam flaking of flint corn reduced DMI and increased ADG, resulting in a 20.5% higher feed efficiency compared with dry rolled corn. Compared to grinding, steam flaking increased feed efficiency by 11.6%. Fine grinding improved feed efficiency by 7.9% compared to dry rolling. Regardless of corn processing method feed efficiency increased linearly with increasing levels of dietary urea. Carcass parameters were not affected by treatments. In experiment 2 starch digestibility was evaluated among diets containing three corn processing methods (dry rolling, steam flaking and fine grinding) among animals of two different genetic groups: predominantly *Bos taurus* (Canchim) and *Bos indicus* (Nellore). A total of 15 young Nellore bulls, with initial weight of 325 kg and 15 young Canchim bulls, with initial weight of 361 kg were housed in individual pens. Experimental diets contained 20% Tifton hay and 80% concentrate consisting of corn, soybean meal, molasses, urea, limestone and mineral core. Fecal starch concentration for animals receiving diets with finely ground and flaked corn were lower (12.8 and 29.6%, respectively) compared with to dry rolled corn. There was no difference in the total starch digestibility (DTA) among the genetic groups. These results suggest that on both experiments the fine grinding and steam flaking, compared with dry rolling, resulted in increased starch digestibility and feed efficiency, higher than usually reported in American literature, probably due to the difference among maize varieties used in the two countries.

Keywords: Cattle; Feedlot; Corn Processing, Nellore; Canchim; Urea

LISTA DE SIGLAS

AF: amido nas fezes
AOL: área de olho de lombo
CA: conversão alimentar
DTA: digestibilidade total do amido
EA: eficiência alimentar
EE: extrato etéreo
EG: espessura de gordura
Eg: energia de ganho
ELg: energia líquida de ganho
ELm: energia líquida de manutenção
Em: energia de manutenção
F: floculado
FDA: fibra em detergente ácido
FDN: fibra em detergente neutro
GPD: ganho de peso diário
IMS: ingestão de matéria seca
L: laminado
MM: matéria mineral
MO: matéria orgânica
MOD: matéria orgânica digestível
MS: matéria seca
N: nitrogênio
NDT: nutrientes digestíveis totais
NNP: nitrogênio não protéico
NP: nitrogênio protéico
NRC: national research council
PB: proteína bruta
PC: peso corporal
PCQ: peso de carcaça quente

PDR: proteína degradável no rúmen

PM: proteína metabolizável

Pmic: proteína microbiana

PNDR: proteína não degradável no rúmen

RC: rendimento de carcaça

U: uréia

1 INTRODUÇÃO

A terminação de bovinos para corte no Brasil, ainda é predominantemente realizada em pastagens. Apenas cerca de 3 milhões dos 42 milhões de animais abatidos anualmente são terminados em confinamento (FNP, 2011). A maior oferta de grãos e subprodutos, o custo elevado de produção de alimentos volumosos e o surgimento recente de confinamentos de grande porte no país, têm aumentado o interesse por rações de terminação com teores altos de concentrado (SANTOS e MOSCARDINI, 2007).

No Brasil, milho e sorgo são os principais cereais utilizados na alimentação de bovinos terminados em confinamento (SANTOS, PEREIRA, PEDROSO, 2004). Esses cereais são compostos por aproximadamente 70% de amido e a eficiência de utilização das rações de bovinos em confinamento depende em grande parte do uso eficiente do amido contido nesses cereais. De modo geral, o processamento adequado dos grãos de cereais tem grande interferência na digestibilidade do amido e no desempenho de bovinos terminados em confinamento (OWENS, 1997; OWENS e ZINN, 2005; OWENS e SODERLUND, 2007), porém, as variedades de milho utilizadas nos EUA para alimentação animal são do tipo “dentado”, ou seja, contêm pouco endosperma vítreo, ao passo que as variedades utilizadas no Brasil são, na sua maioria, “duras” ou “flint”, ricos em endosperma vítreo e com amido menos digestível (SANTOS et al., 2011). Desta forma, é de se esperar que os métodos de processamento mais intensos, como a moagem fina, a ensilagem e a flocculação sejam mais benéficos para grãos duros em relação aos dentados.

Outros fatores que podem ser relevantes no tocante ao uso de amido por bovinos, são as diferenças genéticas entre os animais. Ao contrário dos Estados Unidos, no Brasil predominam os animais zebuínos e há carência de dados de desempenho desses animais com rações com teores elevados de amido. De acordo com Caetano et al. (2010), animais zebuínos têm menor capacidade para digerir amido que os taurinos, sendo assim, os zebuínos podem se beneficiar mais com métodos intensos de processamento de grãos como a flocculação.

Os teores de proteína da ração também são importantes para obter melhor aproveitamento dos ingredientes utilizados como fonte de energia. O sincronismo entre as disponibilidades de proteína degradável no rúmen (PDR) e energia fermentável no rúmen resulta em otimização da síntese microbiana e da fermentação ruminal (NRC, 1996). Santos (2006) revisou trabalhos conduzidos nos Estados Unidos com bovinos taurinos terminados em confinamento com rações com proporções altas de milho ou sorgo e relatou que a suplementação exclusiva com uréia como fonte protéica na fase de terminação foi adequada para atender às exigências de proteína metabolizável (PM) dos animais, não havendo vantagem na inclusão de suplementos com proteína verdadeira como o farelo de soja ou de algodão na ração. De acordo com Di Constanzo (2007), bovinos alimentados com rações contendo altos teores de milho se beneficiam mais da suplementação com fontes ricas em PDR que em proteína não degradável no rúmen (PNDR).

De acordo com o NRC (1996) são necessários 100g de PDR por 100g de proteína microbiana (Pmic) sintetizada no rúmen e 130 g de PDR por kg de nutrientes digestíveis totais (NDT) ou de matéria orgânica digestível (MOD), ou seja, o modelo assume eficiência microbiana de 13%. Entretanto, de acordo com Zinn e Shen (1998) a exigência de PDR na dieta recomendada pelo NRC (1996) é superestimada. No trabalho de Zinn e Owens (1983) a síntese microbiana só foi reduzida quando o suprimento de PDR caiu de 80 para 70 g por 100 g de Pmic. Koster et al. (1996) observaram que a eficiência fermentativa não foi aumentada em vacas de corte quando o suprimento de PDR foi maior que 11% da MOD. Essas diferenças em exigências representam diferenças significativas nos teores de proteína bruta (PB) das dietas formuladas. De acordo com Millen e Sarti, (2011), em pesquisa realizada por Oliveira e Millen, a maioria dos nutricionistas brasileiros utiliza as normas do NRC (1996) para a formulação de dietas de confinamento.

Com isso, o objetivo do presente trabalho foi comparar o desempenho, as características de carcaça e a digestibilidade do amido das dietas de bovinos de diferentes grupos genéticos alimentados com rações contendo diferentes teores de proteína e diferentes métodos de processamentos de milho.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 Fontes de nitrogênio em rações para bovinos em confinamento

As fontes de compostos nitrogenados utilizadas na alimentação de bovinos podem ser classificadas como fontes de nitrogênio protéico (NP) e como nitrogênio não protéico (NNP).

As fontes de NP podem ser classificadas em fontes ricas, intermediárias ou pobres em proteína não degradável no rúmen (PNDR). De modo geral, grãos de soja, farelos de soja, amendoim, girassol, canola e glúten de milho-21 são exemplos de fontes pobres em PNDR. Já o farelo de algodão é considerado como uma fonte intermediária de PNDR. São considerados como fontes ricas em PNDR as farinhas de peixe, carne e ossos, pena, sangue, o glúten de milho-60 (Protenose[®] ou Glutenose[®]), os grãos destilados, os resíduo de cervejaria, o farelo de soja tratado a altas temperaturas ou quimicamente, o farelo de soja extrusado e os grãos de soja tostado (SANTOS e GRECCO, 2007).

O NNP inclui qualquer componente que contenha nitrogênio (N), porém não na forma polipeptídica das proteínas. É possível utilizar fontes de NNP na alimentação de ruminantes devido à relação simbiótica estabelecida com os microrganismos ruminais. A uréia é a fonte de NNP mais utilizada, e a sua degradação pelos microrganismos libera amônia para o ambiente ruminal, servindo de fonte de N para síntese de Pmic. Essa proteína, gerada no rúmen a partir de fontes NNP, tem o mesmo perfil de aminoácidos das Pmic geradas a partir de fontes de proteína verdadeira, como o farelo de soja ou algodão. Muitas fontes naturais, como forragens e alimentos concentrados, contêm teores variáveis de NNP.

A uréia é um composto simples que contém em torno de 45% de N, fazendo parte da composição normal de diversas plantas, além de ser um produto final do metabolismo protéico em mamíferos. Cada grama de uréia contém a mesma

quantidade de nitrogênio que 2,81 g de proteína verdadeira, de forma que o equivalente protéico da uréia é 281%.

O interesse pelo uso da uréia na alimentação de ruminantes é basicamente econômico. Esse composto entra nas formulações como um suplemento protéico, e se torna mais importante quando o custo dos suplementos convencionais, como o farelo de soja ou algodão, está elevado.

2.1.2 Adequação protéica

A adequação de PDR na ração de bovinos em terminação tem impacto decisivo no desempenho dos animais. Os teores ideais de PDR variam conforme a degradabilidade ruminal da fonte de energia. Com o objetivo de maximizar a fermentação ruminal, síntese de Pmic e digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo, alguns estudos têm sido propostos na tentativa de se obter uma sincronização ideal entre as taxas de degradação ruminal das fontes energéticas e protéicas.

Russel et al. (1991) salientaram que quanto maior for a degradabilidade da proteína da ração, maior será a produção de amônia e possivelmente, maiores serão as perdas urinárias de compostos nitrogenados na forma de uréia. Para que estas perdas sejam reduzidas, e seja maximizado o crescimento microbiano, há necessidade de sincronização entre as taxas de degradação da proteína e dos carboidratos.

A uréia, quando utilizada em rações de ruminantes, é rapidamente hidrolisada ao chegar no rúmen, podendo atingir taxas de degradação superiores a 300%/h, resultando em uma elevada concentração de amônia na primeira hora após a alimentação. Porém a degradação ruminal dos carboidratos e o posterior crescimento bacteriano podem ser processos mais lentos. A sincronia entre estes processos pode melhorar a eficiência de incorporação do NNP em Pmic, e assim melhorar a eficiência global de uso do NNP (TAYLOR-EDWARDS et. al, 2009), além de evitar o acúmulo excessivo de amônia no rúmen, que pode ser absorvida pela parede ruminal, atingindo a corrente sanguínea, podendo ser tóxica para os animais.

Além disso, rações formuladas com milho como principal suplemento energético, frequentemente são deficientes em PDR, de forma que o uso de milho com uréia em

rações para terminação em confinamento é uma alternativa bastante interessante do ponto de vista nutricional. No entanto, ainda não se sabe com precisão quais os níveis mais adequados de PDR para síntese de PMic em animais na fase de terminação (COOPER et al., 2002; SATTER; KLOPLENSTEIN; ERICKSON, 2002; ZINN et al., 2003; VASCONCELOS et al., 2007). Zinn e Shen (1998) propuseram que para atender as necessidades de bovinos em confinamento, é preciso fornecer no mínimo 100 g de PDR para cada kg de MOD a fim de maximizar a digestão de matéria orgânica e a eficiência de síntese de PMic. Este valor é menor que o proposto pelo NRC (1996), de 130 g de PDR por kg de NDT.

As exigências de bovinos em confinamento por N mudam ao longo do período de alimentação, sendo maiores no início, quando as taxas de deposição de proteína são elevadas, e menores nas etapas finais da terminação, quando as taxas de deposição de gordura são mais intensas que as de proteína (HICKS, 2006). Vasconcelos et al. (2006) testaram o efeito da redução na concentração protéica de rações de bovinos em terminação ao longo do período de alimentação, e observaram que a redução de 13 para 10% de PB na ração não alterou o desempenho dos animais, em relação ao esquema tradicional, em que o teor de PB é mantido constante durante todo o período de alimentação. Além disso, os autores concluíram que a redução no teor de PB das rações nas etapas finais do confinamento, pode contribuir bastante para reduzir a excreção de N para o ambiente.

Outro aspecto importante, é que os ruminantes têm capacidade de reciclar N para o interior do rúmen, a partir da corrente sanguínea, de forma que PDR não é a única fonte de N para os microrganismos ruminais. Essa característica possibilita aos animais ruminantes sobreviverem por determinados períodos em condição de de carência de N (abaixo de 7% da matéria seca (MS)). A uréia entra no rúmen pela saliva e por difusão através da parede ruminal (RUSSEL et al., 1992). Dessa forma, quando se faz o balanceamento de rações para ruminantes é necessário levar em conta o N reciclado, de forma a se fornecer a quantidade correta de PDR para atender às exigências microbianas, otimizando a dinâmica da fermentação e o crescimento microbiano (VASCONCELOS, et al., 2007), bem como reduzindo a emissão de N para o ambiente.

Segundo Yan et al. (2007), a excreção de N por unidade de peso corporal (PC) está positivamente relacionada à ingestão de N como proporção da ingestão total da MS, de energia bruta ou de energia metabolizável. O aumento no teor de N na MS da dieta total em 1 g/kg de MS poderia aumentar a excreção de N em 0,0089 g/kg de PC. Por outro lado, reduzir o teor de N na dieta, especialmente na forma de PDR, pode restringir a atividade microbiana ruminal, com conseqüente redução de consumo e desempenho (YAN et al., 2007). O desafio é buscar um equilíbrio entre a necessidade de atingir bons índices de desempenho e a necessidade de reduzir a emissão de poluentes.

2.1.3 Fontes, teores protéicos e desempenho de bovinos em confinamento

Santos (2006) revisou 28 trabalhos de pesquisa publicados entre os anos de 1992 e 2004 no Brasil, Canadá e Estados Unidos sobre suplementação com fontes protéicas ou aminoácidos essenciais para bovinos confinados na fase de crescimento e / ou terminação.

De acordo com a sua revisão, para animais em terminação recebendo rações com concentrados a base de milho, os teores médios de PB da ração exigidos para maximizar o desempenho animal foram menores em rações compostas por milho laminado quando comparados a rações compostas por milho floculado (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 1 – Teores de uréia em rações de bovinos em terminação

| PVI | PVF | Conc., % | Proc. | PB, % | Uréia, % | IMS | GPD | EA | Fonte |
|-----|-----|-------------|-------|----------|-------------|-------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| 360 | 530 | 90 | L | 8,90 | 0,00 | 11,58 | 1,43 ^a | 0,123 ^a | Shain et al. (1998) |
| | | | | 11,11 | 0,88 | 11,88 | 1,54 ^b | 0,130 ^b | |
| | | | | 12,62 | 1,34 | 11,64 | 1,50 ^b | 0,128 ^b | |
| | | | | 14,13 | 1,96 | 11,78 | 1,55 ^b | 0,131 ^b | |
| 332 | 535 | 90 | L | 8,50 | 0,00 | 11,10 | C 1,52 | Q 0,137 | Milton et al. (1997) |
| | | | | 9,90 | 0,50 | 10,50 | 1,60 | 0,153 | |
| | | | | 11,30 | 1,00 | 10,90 | 1,65 | 0,152 | |
| | | | | 12,60 | 1,50 | 10,70 | 1,58 | 0,148 | |
| 340 | 520 | 90 | L | 9,60 | 0,00 | 9,14 | Q 1,21 | Q 0,132 | Milton et al. (1997) |
| | | | | 10,60 | 0,35 | 9,02 | 1,27 | 0,140 | |
| | | | | 11,50 | 0,70 | 9,32 | 1,39 | 0,139 | |
| | | | | 12,40 | 1,05 | 9,50 | 1,29 | 0,129 | |
| 278 | | 90 | L | 13,1 | 1,40 | 8,78 | 1,22 | 0,122 | Cooper et al. (2002) |
| | | | | 9,50 | 0,00 | 9,90 | L 1,54 | 0,156 | |
| | | | | 10,90 | 0,50 | 9,60 | 1,64 | 0,171 | |
| | | | | 12,40 | 1,00 | 10,00 | 1,54 | 0,154 | |
| 355 | | 90 | F | 13,80 | 1,50 | 10,60 | 1,80 | 0,169 | Cooper et al. (2002) |
| | | | | 15,30 | 2,00 | 10,40 | 1,68 | 0,161 | |
| | | | | 9,50 | 0,00 | 10,30 | Q 1,44 | 0,139 | |
| | | | | 10,60 | 0,40 | 10,80 | 1,74 | 0,161 | |
| 278 | | 90 | F | 11,80 | 0,80 | 11,00 | 2,00 | 0,182 | Cooper et al. (2002) |
| | | | | 13,00 | 1,20 | 11,00 | 2,00 | 0,182 | |
| | | | | 14,10 | 1,60 | 11,30 | 2,02 | 0,179 | |
| | | | | 15,30 | 2,00 | 11,00 | 2,04 | 0,185 | |
| 278 | | 90 | F | 9,50 | 0,00 | 8,10 | Q 1,36 | 0,168 | Cooper et al. (2002) |
| | | | | 10,90 | 0,50 | 10,10 | 1,72 | 0,170 | |
| | | | | 12,40 | 1,00 | 9,50 | 1,69 | 0,178 | |
| | | | | 13,80 | 1,50 | 10,00 | 1,85 | 0,185 | |
| 330 | | 90 | F | 15,30 | 2,00 | 8,50 | 1,57 | 0,185 | Gleghorn et al. (2002) |
| | | | | 11,50 | 0,50 | 9,07 | Q 1,65 | 0,182 | |
| | | | | 13,00 | 1,02 | 9,30 | 1,71 | 0,184 | |
| | | | | 14,50 | 1,56 | 9,17 | 1,67 | 0,183 | |

Fonte: Adaptado de Santos, 2006

Tabela 2 – Teor médio ótimo de uréia em rações com milho laminado (4 comparações)

| Uréia, % MS | PB, % MS | IMS, kg/cab/dia | GPD, kg/cab | Eficiência, GPD/IMS |
|-------------|----------|-----------------|-------------|---------------------|
| 0,00 | 9,13 | 10,43 | 1,43 | 0,137 |
| 0,77 | 11,20 | 10,43 | 1,55 | 0,148 |
| 1,22 | 12,50 | 10,46 | 1,48 | 0,139 |

Fonte: Adaptado de Santos, 2006

Tabela 3 – Teor médio ótimo de uréia em rações com milho floculado (5 comparações)

| Uréia, % MS | PB, % MS | IMS, kg/cab/dia | GPD, kg/cab | Eficiência, GPD/IMS |
|-------------|----------|-----------------|-------------|---------------------|
| 0,00 | 9,80 | 10,30 | 1,55 | 0,151 |
| 0,50 | 11,14 | 10,33 | 1,67 | 1,164 |
| 0,90 | 12,40 | 10,58 | 1,78 | 0,169 |
| 1,30 | 13,54 | 10,46 | 1,82 | 0,175 |
| 1,90 | 15,10 | 9,54 | 1,70 | 0,178 |

Fonte: Adaptado de Santos, 2006

Em rações com milho laminado, que possui amido pouco degradável no rúmen, os teores de PB necessários na ração para otimizar o desempenho foram inferiores a 12%. Em rações com milho moído fino, floculado ou ensilado, os teores ótimos variaram de 13 a 13,5% de PB (SANTOS, 2006; Di CONSTANZO, 2007). É provável que tenha ocorrido uma maior síntese de Pmic, quando se conciliou alta disponibilidade ruminal de amido com alta disponibilidade de PDR, e essa Pmic possa ter contribuído para melhorar a quantidade e o perfil de aminoácidos essenciais que chegam ao duodeno para serem absorvidos.

Também da revisão de Santos (2006), para animais na fase de terminação, pode-se concluir que em rações com 85 a 90% de concentrado rico em milho, a uréia pode ser utilizada como única fonte de N sem efeito negativo no desempenho animal e com vantagens econômicas (Tabela 4).

Tabela 4 – Dados médios da comparação de uréia e proteína verdadeira de 10 experimentos de terminação

| | Uréia | Proteína Verdadeira |
|---------------------|--------------|----------------------------|
| IMS, kg/cab/dia | 9,48 | 9,47 |
| GPD, kg/cab | 1,51 | 1,49 |
| Eficiência, GPD/IMS | 0,161 | 0,158 |

Fonte: Adaptado de Santos, 2006

Em rações de terminação que contêm suplemento energético que propicia alta disponibilidade ruminal de energia, como grãos de milho intensamente processados (floculação, alta umidade, moagem fina), é provável que o fornecimento de fontes de NNP resulte em desempenho similar ao obtido com fontes de proteína verdadeira (Di CONSTANZO, 2007; GABARRA et al., 2007; SANTOS, 2006; ZINN e SHEN, 1998) devido a melhor sincronia entre a elevada disponibilidade de amônia no rúmen e a degradação deste carboidrato.

Devant et al. (2001) afirmaram que a utilização de uréia em rações para terminação com alto teor de concentrado, especialmente quando associada a uma fonte de proteína verdadeira, contribui para o aumento da eficiência de síntese de Pmic.

Galyean (1996) afirma que para animais inteiros ou castrados em terminação, recebendo dietas ricas em concentrado, utilizando-se o modelo do NRC (1996), tanto no nível 1 como no nível 2, é possível suprir toda a exigência de PM desses animais apenas utilizando a uréia como fonte suplementar de proteína.

De acordo com Millen e Sarti (2011), machos inteiros de 350 kg, para atingirem ganhos médios diários de 1,5 kg, necessitam de aproximadamente 16% e 64% a mais de PM e PNDR, respectivamente, do que machos castrados de mesmo PC com a mesma predição de ganho. Com animais em terminação alimentados com rações ricas em polpa cítrica e suplementados com farelo de soja ou com uréia, Lima (2006) e Carareto (2011) não encontraram diferença no ganho de peso diário (GPD) e na conversão alimentar (CA) entre as diferentes fontes protéicas.

Além disso, a substituição, parcial ou total, das fontes tradicionais de PDR por uma fonte de NNP, como a uréia, pode reduzir significativamente o custo da suplementação protéica.

2.1.4 Características, propriedades e importância do amido

O amido é um polissacarídeo não estrutural de elevado peso molecular e sintetizado pelas plantas superiores com função de reserva de energia para os vegetais durante os períodos de dormência, germinação, crescimento e rebrota. As plantas armazenam o amido nas raízes, caules, tubérculos e grãos.

Atualmente de 60 a 70% da energia calórica consumida pela população mundial provém do amido (WEBER et al. 2009). Na tabela 5, podem ser vistos os teores de amido de alguns tipos de grãos que são utilizados na alimentação de ruminantes.

Tabela 5 – Teores de amido, em porcentagem da matéria seca, dos principais grãos ricos em amidos utilizados na alimentação de ruminantes

| Referência | Milho | Sorgo | Cevada | Trigo |
|-------------------------------|-------|-------|--------|-------|
| Herrera Saldana et al. (1990) | 75,7 | 71,3 | 64,3 | 70,3 |
| Nocek e Tamminga (1991) | 67,0 | 65,2 | 56,7 | 66,0 |
| De Visser (1993) | 67,6 | 65,2 | 56,1 | 65,4 |
| Zeoula e Caldas Neto (2001) | 72,1 | 70,0 | 59,3 | 64,8 |
| Valadares Filho et al. (2002) | 66,3 | 62,9 | 66,1 | 70,4 |

Fonte: Adaptado de Antunes e Rodrigues, 2006

Milho e sorgo são as principais fontes energéticas das rações de confinamento no Brasil. A eficiência de utilização dessas rações depende principalmente do uso eficiente do amido contido nesses cereais. O amido representa 70-80% da composição da maioria dos grãos de cereais, sendo esta a porção dos grãos que mais é atingida pelos efeitos dos diferentes métodos de processamento (NOCEK e TAMMINGA, 1991). De modo geral, o processamento adequado dos grãos de cereais tem efeito marcante na digestibilidade do amido em bovinos de corte (SANTOS, PEREIRA, PEDROSO, 2004).

Segundo Theurer (1992), o amido é o principal nutriente utilizado para se conseguir níveis elevados de produtividade pelos ruminantes, de modo que é fundamental sua utilização com a máxima eficiência possível. Segundo Rooney e Plugfelder (1986), a estrutura do amido, sua composição e interações com outros nutrientes têm um papel essencial na determinação da digestibilidade e valor nutritivo

dos grãos de cereais. Portanto é preciso dedicar atenção especial à caracterização desse carboidrato, e à sua utilização como alimento pelos animais.

2.1.5 Características Químicas

O amido é uma molécula heterogênea, composta por dois polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina (KOTARSKY; WANISKA; THURN, 1992; ROONEY e PFLUGFELDER, 1986). Esses dois polímeros diferenciam-se entre si quanto ao tipo de estrutura química, tamanho da molécula e propriedades químicas.

A amilose é um polímero longo, linear, disposto em dupla hélice, com ligações alfa 1-4 entre as suas unidades de glicose (D-glicose). A proporção de amilose na molécula de amido pode variar de 0 a 80%, dependendo da espécie vegetal e das variações genéticas dentro de cada espécie. Grãos de cereais que são utilizados na alimentação animal apresentam de 20 a 30% de amilose (Tabela 6).

Tabela 6 – Teor de amilose do amido de diferentes fontes

| Fonte de amido | Teor de amilose, % |
|----------------|--------------------|
| Arroz | 16 |
| Batata | 18 |
| Mandioca | 18 |
| Trigo | 24 |
| Milho | 25 |
| Sorgo | 25 |

Fonte: Adaptado de Antunes & Rodrigues, 2006

A amilopectina é um polímero maior e ramificado, com cadeias lineares de glicose unidas por ligações alfa 1-4 (D-glicose) com pontos de ramificação alfa 1-6 a cada 20 a 25 moléculas de glicose (CHESSON e FORSBERG, 1997). A amilopectina representa 70-80% do amido da maioria dos grãos de cereais. O grau de ramificação da amilopectina sofre variação em função de cada espécie, e tem influência nas

propriedades funcionais do amido, como na viscosidade, capacidade de hidratação e na susceptibilidade às amilases.

2.1.6 Características Físicas

As moléculas de amilose e amilopectina encontram-se empacotadas e depositadas dentro das células do endosperma dos grãos na forma de pequenos grânulos, e são mantidas unidas através de pontes de hidrogênio (NOCEK e TAMMINGA, 1991). Devido a essas grandes quantidades de pontes de hidrogênio inter e intramoléculas de amilose e amilopectina, os grânulos íntegros apresentam baixa capacidade de absorção de água. Diversos tipos de processamentos são aplicados aos grãos de cereais com a finalidade de romper as pontes de hidrogênio dentro dos grânulos de amido e melhorar a sua capacidade de hidratação. Dessa forma, o amido torna-se mais susceptível à digestão enzimática (FLINT e FORSBERG, 1995).

Cada espécie vegetal produz grânulos de amido com determinadas características, como tamanhos, formas e propriedades. Os grânulos são pseudocristais com áreas organizadas (cristalinas), e com outras relativamente não organizadas (amorfas). A região cristalina, também chamada de micelar é composta principalmente por amilopectina. Já a região amorfa é rica em amilose e apresenta menor densidade que a área cristalina (WANG et al., 1998). A cristalinidade dos grânulos de amido varia de 15 a 45%, sendo o restante constituído por áreas amorfas (ASP et al., 1996). Essa característica é um parâmetro muito importante na avaliação dos grânulos de amido, pois esta relacionada com a capacidade de hidratação e susceptibilidade ao ataque enzimático.

A região cristalina, ou micelar, dos grânulos de amido é resistente à entrada de água e ao ataque enzimático. Segundo Chesson e Forsberg (1997), a penetração de água e das enzimas é mais rápida nas regiões amorfas dos grânulos onde, provavelmente, ocorre o início da rápida mobilização de todo o grânulo de amido pelas enzimas amilolíticas. Todos os fatores que causam modificações físico-químicas no amido atacam em primeiro lugar a região amorfa (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

2.1.7 Distribuição do Amido nos Grãos de Cereais

Os grãos de cereais possuem três principais regiões, sendo elas o pericarpo, o embrião e o endosperma (KOTARSKI et al., 1992), sendo que a maior parte do amido fica no endosperma. Este é dividido em camadas (aleurona, endosperma periférico, endosperma córneo e endosperma farináceo) e as proporções de cada camada varia para cada espécie vegetal.

As células da aleurona não possuem grânulos de amido. Já no endosperma periférico, os grânulos de amido ficam envolvidos por uma matriz protéica, resistente à hidratação e à ação de enzimas (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986). O endosperma farináceo, que concentra grande quantidade de amido, apresenta pouca estrutura celular, fazendo com que os grânulos sejam facilmente degradados.

Cultivares de grãos de cereais que apresentam maior proporção de endosperma córneo e/ou periférico são chamados vítreos; os que possuem maior proporção de endosperma farináceo são chamados de farináceos (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

2.1.8 Propriedades dos Grânulos de Amido

Há diversos processos e reações a que os grânulos de amido estão sujeitos e um destes processos é a gelatinização. Os grânulos de amido sofrem o processo de gelatinização quando há perda irreversível de sua estrutura original em função de alguma energia aplicada, que será responsável pela quebra das pontes de hidrogênio intermoleculares. A gelatinização pode ser provocada por diversos fatores, como agentes térmicos, químicos ou então por possíveis combinações entre os mesmos (NOCEK e TAMMINGA, 1991). Durante a gelatinização os grânulos absorvem água, incham, expõem parte da amilose e tornam-se mais susceptíveis à degradação enzimática (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986). O amido gelatinizado é capaz de absorver maior quantidade de água, o que, associado à perda da estrutura cristalina, favorece o ataque enzimático (MELLO JR, 1991) e eleva a solubilidade do amido.

O amido gelatinizado é instável e tende a se reorganizar parcialmente quando ocorrem reduções da temperatura e da quantidade de água do meio, em virtude do restabelecimento parcial das pontes de hidrogênio existentes entre a amilose e a amilopectina (HOOVER, 2001). No entanto a estrutura original dos grânulos de amido é definitivamente perdida, e esse amido gelatinizado não readquire a característica pseudocristalina da molécula íntegra (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986). Esse processo de reorganização dos grânulos é denominado retrogradação e tende a aumentar a proporção de amido resistente ao ataque das amilases dos alimentos previamente gelatinizados, o que pode reduzir a digestibilidade ruminal e intestinal do amido (Asp et al., 1996).

2.1.9 Características do milho brasileiro

O milho (*Zea mays* L.) é o terceiro cereal mais cultivado no planeta. No Brasil são plantados em média 15 milhões de hectares a cada safra, o que coloca o país como o terceiro no ranking mundial de área colhida, sendo os Estados Unidos e a China os dois maiores produtores (OECD, 2011). Nas principais regiões produtoras do mundo, a maior parte do milho cultivado é do tipo dentado (Dent - *Zea mays* ssp. *Indentata*). Já no Brasil, o milho cultivado é predominantemente do tipo duro (*flint* - *Zea mays* ssp. *Indentura*) (CORREA et al., 2002).

As principais diferenças entre o milho do tipo dentado e do tipo duro são que, os grãos de milho do tipo dentado possuem amido mole e poroso e têm baixa densidade, já os grãos do tipo duro (ou *flint*) têm endosperma duro ou cristalino ocupando quase todo o seu volume e baixa proporção de endosperma farináceo. Com a perda de umidade do grão, durante o processo de maturação fisiológica da planta, o endosperma farináceo reduz o seu volume em maior intensidade, sendo possível fazer a identificação, pelo enrugamento do endosperma no topo da semente. Os grãos duros têm alta vitreosidade e densidade, sendo que a vitreosidade é definida como a proporção de endosperma duro (vítreo) em relação ao endosperma total.

Apesar dessas conhecidas diferenças entre o milho *flint* e o milho dentado, a escolha para o plantio do milho *flint* no Brasil se baseia na possibilidade de incorporar

genes para conferir resistência às principais pragas e doenças (GAMA et al., 2003), o que tem contribuído para o crescimento do potencial de produção.

Quanto maior a vitreosidade do grão de milho menor a degradabilidade ruminal do amido. Em trabalho conduzido por Correa et al. (2002), híbridos brasileiros, representando extremos de dureza do grão, foram comparados com híbridos de milho cultivados nos Estados Unidos representando os grãos farináceos. A vitreosidade dos híbridos brasileiros no estágio maduro variou de 64,2 a 80,0 % do endosperma, com média de 73,1%, maior que a média encontrada nos híbridos americanos de 48,2%, oscilando de 34,9 a 62,3%. O híbrido brasileiro menos vítreo teve maior vitreosidade que o mais vítreo dos Estados Unidos.

Sendo assim, o valor energético das cultivares nacionais (*flint*), deve ser inferior aos valores tabulares do NRC (1996) gerados a partir de estudos com milho dentado.

2.1.10 Fatores que afetam a digestão do amido

A digestão do amido é o início do processo para que este possa ser utilizado como fonte de energia pelos microorganismos ruminais e pelos ruminantes. A digestibilidade do amido é afetada por vários fatores, principalmente tipo de grão de cereal, teor de amilopectina e de amilose, camada externa do grânulo, presença de uma matriz protéica revestindo o grânulo de amido e método de processamento do grão (THEURER, 1986; HUNTINGTON, 1997; OWENS et al., 1997). Esses fatores interferem de forma dinâmica na quantidade de amido que será fermentado no rúmen ou que chegará ao intestino delgado.

A digestibilidade do amido é inversamente proporcional ao conteúdo de amilose (ZEOULA e CALDAS NETO, 2001). Porém Mc Callister et al. (1993) e Chesson e Forsberg (1997), afirmaram que a extensão da digestão do amido no rúmen parece ser mais determinada pela natureza do material que circunda e protege o grânulo de amido do que propriamente pela composição química do amido. O acesso dos microorganismos ruminais aos grânulos de amido é determinado pelas taxas de degradação da parede celular das células endospermáticas e, principalmente, da matriz protéica.

A matriz protéica é uma estrutura amorfa com função estrutural no grão, composto principalmente por glutelinas. Essa matriz está densamente concentrada no endosperma vítreo dos grãos de cereais, principalmente de sorgo e milho. A forte interação da matriz protéica com os grânulos de amido dos grãos de milho e sorgo ajuda a explicar porque o amido desses grãos é menos digestível no rúmen que o amido do trigo, aveia e cevada (Mc CALLISTER et al., 1993), fazendo com que parte do amido desses grãos escapem da fermentação ruminal (Mc CALLISTER et al., 1990).

O amido do sorgo e do milho, portanto, não está facilmente disponível para a digestão enzimática, a menos que a matriz protéica também seja digerida ou que processamentos químicos ou físicos exponham os grânulos de amido à digestão (ROONEY e MILLER, 1981).

2.1.11 Processamento de grãos

O processamento de grãos na alimentação animal tem sido praticado há vários anos com o objetivo de melhorar o aproveitamento destes alimentos pelos ruminantes, principalmente os bovinos (HALE, 1973; ORSKOV, 1986). Há diversas maneiras de processar os grãos e segundo Hale (1973), os métodos são classificados em processamento a seco como quebrar, moer, tostar e peletizar, e processamentos úmidos como flocular, explodir e cozer sob pressão.

Em pesquisa realizada com 29 consultores, responsáveis pelo manejo nutricional de 18 milhões de bovinos em confinamento nos EUA, Vasconcelos e Galyean (2007) relataram que todo o milho utilizado nas rações sofria algum tipo de processamento, sendo os mais comuns a floculação, a ensilagem do grão com alta umidade e a laminação a seco. Millen et al. (2009) utilizaram o protocolo semelhante de pesquisa com nutricionistas brasileiros. De acordo com essa pesquisa, o método de processamento de grãos mais utilizado é a moagem fina (54,0%) seguido da quebra dos grãos (38,7%).

O método de processamento é selecionado de modo que se tenha um aumento de digestibilidade e aceitabilidade do grão, economicamente viável, sem causar disfunções digestivas. O efeito do método de processamento escolhido sobre o local e

extensão de digestão do amido será determinado pelas condições de processamento (tamanho de partícula, fermentação no grão com alta umidade, tempo de fermentação, densidade de floculação e extensão da gelatinização), bem como pela variedade ou híbrido utilizado e condições agronômicas (OWENS e ZINN, 2005).

2.1.12 Tipos de processamentos

2.1.12.1 Moagem ou laminação a seco

A moagem fina e grosseira são exemplos de processamentos mecânicos, onde há fragmentação da partícula do grão resultando em aumento da superfície de contato e rompimento parcial da matriz protéica que envolve o grânulo de amido. A moagem pode resultar em diversos tamanhos médios de partículas, dependendo da malha das peneiras utilizadas durante o processamento e do tipo de moinho utilizado, que podem ser moinhos tipo “martelo” ou “rolos”.

Os moinhos tipo martelo são os mais usados nos confinamentos nacionais e podem realizar a moagem fina (fubá) ou grosseira. A moagem fina do milho facilita a mistura da ração, aumenta a taxa de digestão e conseqüentemente reduz as quantidades de milho perdido nas fezes dos animais. Com a moagem grosseira, o milho processado apresenta menor segregação na ração, pode permanecer mais tempo no ambiente ruminal e os animais podem ter maior estímulo mastigatório, porém apresenta menor digestibilidade do que o milho fino. Segundo Yu et al., (1998), o tamanho médio das partículas do milho moído fino é próximo a 1,2 mm e para o milho moído grosso de 3,0 mm.

O moinho de rolo ou laminador é uma máquina que reduz gradualmente a granulometria do material processado. Dentro da máquina, há um, dois ou três pares de rolos ondulados e moldados, que são sustentados em cada extremidade pelos rolamentos dos rolos cilíndricos e são responsáveis pela laminação do material. Segundo Mendes e Mendo (2009) com o uso de rolos ao invés de martelos, há redução no consumo de energia de aproximadamente 90% por tonelada de grão processado. Os sistemas são todos de baixa rotação e os rolos entram em contato com os grãos

apenas uma vez, resultando em partículas mais homogêneas do que nos moinhos de martelos. Outro benefício desses equipamentos seria a redução nas perdas devido a pulverização durante o processamento, que podem chegar até 5% em moinhos de martelo.

2.1.12.2 Floculação

A floculação é um processo intenso que exige maior controle de qualidade que outros processamentos como a laminação a seco e a vapor. Neste processo, o grão é exposto ao vapor por 30 a 60 minutos em uma câmara vertical, de aço inoxidável cujas dimensões são geralmente 3,1 a 9,2 m de altura e 91 a 183 cm de diâmetro. Nesta etapa o grão adquire de 18 a 20% de umidade e em seguida é floculado entre os cilindros pré-aquecidos até que se obtenha a densidade desejada. Os rolos são aquecidos devido à própria passagem dos grãos que foram expostos ao vapor (THEURER et al. 1999).

A floculação do milho e do sorgo causa gelatinização do amido, por meio da ruptura das pontes de hidrogênio intermoleculares, aumenta a superfície do grão sujeita ao ataque microbiano e provoca o rompimento da matriz protéica do grão, resultando em maior digestão do amido (THEURER et al., 1999).

De acordo com os trabalhos revisados, existe uma faixa ideal de intensidade do processo de floculação para os grãos de milho e sorgo para bovinos de corte. A recomendação para bovinos em terminação confinados, recebendo rações ricas em grãos, é flocular o milho ou sorgo para se obter uma densidade entre 310 a 360 g/l (HUNTINGTON, 1997; REINHARDT et al., 1998; SWINGLE et al., 1999; THEURER et al., 1999; BROWN et al., 2000; ZINN, et al., 2002;). Materiais menos processados (maiores densidades) não apresentam resultados satisfatórios, por não aumentarem suficientemente a digestibilidade do amido. Materiais excessivamente processados (menores densidades) também prejudicam o desempenho animal, provavelmente por aumentarem os riscos de acidose ruminal, além de resultar em custos mais elevados de processamento.

2.1.13 Efeitos do processamento de grãos no sítio de digestão do amido

Huntington (1997), revisou trabalhos publicados entre os anos de 1986 e 1995 que apresentavam os coeficientes de digestibilidade do amido de diversos grãos submetidos a vários métodos de processamento (Tabela 7). De acordo com sua revisão processamentos adequados dos grãos resultam em aumento da degradação ruminal do amido bem como da sua digestão no pós-rúmen, conseqüentemente há aumento de digestão total do amido e melhor desempenho animal.

Tabela 7 – Coeficientes de digestibilidade do amido publicados entre os anos de 1986 a 1995

| Tipo Grão | Processamento | Digestibilidade | | | Trato Total, % |
|-----------|----------------|-----------------|-------------|----------|----------------|
| | | Rúmen | Pós Rúmen | | |
| | | % consumido | % consumido | % entrou | |
| Milho | Laminado seco | 76,2 | 16,2 | 68,9 | 92,2 |
| | Floculado | 84,8 | 14,1 | 92,6 | 98,9 |
| | Laminado vapor | 72,1 | 19,0 | 68,2 | 91,2 |
| | Alta umidade | 89,9 | 6,3 | 67,8 | 95,3 |
| | Grão | 49,5 | 44,0 | 86,5 | 93,5 |
| Sorgo | Laminado Seco | 59,8 | 26,1 | 62,5 | 87,2 |
| | Floculado | 78,4 | 19,6 | 89,9 | 98,0 |
| | Alta umidade | 73,2 | 19,6 | 46,1 | 92,8 |
| | Grão | 70,0 | 15,4 | 51,0 | 91,0 |

Fonte: Adaptado de Huntington, 1997

O processamento de grãos de cereais como o milho e o sorgo, altera o sítio de digestão do amido, aumentando a porção do amido total que é digerido no rúmen em detrimento do intestino delgado. Owens et al., (1986) acreditavam que isso poderia ser uma desvantagem, uma vez que em virtude da ausência de perdas via metano e calor, a digestão intestinal do amido seria energeticamente 42% mais eficiente que a digestão ruminal. Em materiais processados adequadamente, de 70 a 85% da digestão do amido ocorre no rúmen. A explicação para o melhor desempenho dos animais quando alimentados com grãos processados mais intensamente é que a digestibilidade total do

amido é maior, gerando maior energia para o animal, compensando as perdas ruminais por metano e calor. Além disso, Nocek e Taminga (1991) relataram que o intestino delgado apresenta capacidade limitada de digestão do amido que escapa da fermentação ruminal devido atividade limitada da amilase e da capacidade limitada de absorção da glicose. Outro fator que pode contribuir para o melhor desempenho é o aumento da síntese de Pmic no rúmen e conseqüente maior fluxo de PM para o intestino.

Owens e Soderlund (2007), compilaram dados de experimentos publicados entre 1990 e 2006 sobre processamento de grãos, onde a digestibilidade do amido do milho nos diferentes compartimentos do trato digestivo foi medida em garrotes de corte. Os métodos mais intensos de processamento como a ensilagem de grãos úmidos e a floculação aumentam a digestão ruminal do amido em relação aos processamentos a seco, mas aumentam ainda mais a digestão do amido que chega ao intestino delgado. A digestibilidade do amido da silagem de milho úmido e do milho floculado no intestino grosso são muito baixas, em virtude de quase todo o amido digestível desses materiais terem sido digeridos no rúmen e intestino delgado.

Owens e Zinn (2005) compararam milho moído fino e laminado a seco, e afirmaram que o moído fino tem sua extensão de digestão aumentada devido ao maior desaparecimento no intestino delgado, enquanto o laminado a seco tem digestão reduzida neste compartimento, mas ainda pode ser fermentado no intestino grosso.

2.1.14 Processamento de grãos e desempenho animal

Segundo Zinn et al., (2002), a floculação adequada dos grãos de milho dentado, resulta em aumentos de 15% no teor de energia líquida de manutenção e de 18% no teor de energia líquida para ganho em comparação com a laminação a seco. De acordo com a revisão de Owens et al., (1997), para bovinos confinados na fase de terminação, a floculação reduziu a ingestão de matéria seca (IMS), não afetou o GPD e melhorou a eficiência alimentar com o milho em 10% e com o sorgo em 15% em comparação com a laminação a seco. Segundo Zinn et al., (2002), o NRC (1996) subestima o valor energético do milho floculado e superestima o do milho laminado a seco. A melhora de

10% na eficiência alimentar com a floculação está de acordo com os dados revisados de Owens et al. (1997). Entretanto, os trabalhos da Tabela 8 mostram pequeno efeito negativo da floculação na IMS (-2,9%) e aumento expressivo no GPD (+9%), principal responsável pela melhora da eficiência alimentar.

Tabela 8 - Efeito da Floculação do milho no desempenho de bovinos confinados em comparação com a Laminação a Seco

| Referência | Concentrado, % da MS | Varição IMS, % | Varição GPD, % | Varição GPD/IMS, % |
|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Barajas & Zinn (1998) | 88,00 | - 9,20 | + 7,60 | + 17,20 |
| Brown et al. (2000) | 90,00 | - 1,20 | + 17,70 | + 19,80 |
| Brown et al. (2000) | 90,00 | 0,00 | + 8,20 | + 7,80 |
| Scott et al. (2003) | 92,50 | 0,00 | + 3,40 | + 4,30 |
| Scott et al. (2003) | 92,50 | 0,00 | + 10,20 | + 8,40 |
| Macken et al. (2004) | 93,00 | - 1,48 | + 15,20 | + 16,90 |
| La Brune et al. (2008) | 92,00 | + 1,00 | + 17,30 | + 12,50 |
| Leibovich et al. (2009) | 97,44 | - 6,32 | + 1,27 | + 7,69 |
| Corrigan et al. (2009) | 92,50 | - 8,91 | + 0,60 | + 10,44 |
| Média | 91,31 | - 2,90 | + 8,99 | + 12,17 |

O uso da floculação em confinamentos brasileiros de bovinos de corte é recente e ainda pouco expressivo. Além disso, ainda existem poucos trabalhos na literatura que avaliem o desempenho de bovinos de corte com a floculação do milho tipo *flint*. Em Carareto (2011), a floculação do milho *flint* reduziu a IMS e aumentou o GPD, resultando em 26,0% de aumento na eficiência alimentar de machos Nelore em terminação em comparação com o milho laminado. O aumento na eficiência alimentar foi expressivamente maior que o relatado nos trabalhos com milho dentado revisados por Owens et al. (1997) e os citados na Tabela 8.

O processamento mais utilizado nos confinamentos brasileiros para grãos de cereais é a moagem a seco. A moagem fina teoricamente é vantajosa em relação à moagem grosseira, pois resulta em maior superfície específica dos grãos e em maior

rompimento da matriz protéica que envolve os grânulos de amido (SANTOS, PEREIRA, PEDROSO, 2004), favorecendo a digestibilidade do amido.

Com relação ao grau de moagem, para milho dentado parece não haver diferença no desempenho animal entre milho moído fino e milho laminado (CORONA et al., 2005). Entretanto, com milho *flint*, a moagem fina resultou em melhor GPD e eficiência alimentar de machos Nelore que a laminação (CARARETO, 2011).

Begonchea et al. (2005) compararam milho laminado a seco fino e milho laminado a seco grosso e observaram efeito positivo na IMS (+1,9), porém negativo no GPD (-8,9) do laminado fino sobre o grosso, resultado diferente do encontrado por Loe et al., (2006), onde houve efeito positivo do milho laminado fino sobre o grosso na IMS (+4,9) e no GPD (+3,9). Ramalho (2006) obteve melhor GPD e eficiência alimentar para bovinos confinados recebendo rações à base de milho moído fino em comparação com o milho moído grosso.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local dos Experimentos

Os experimentos foram conduzidos nas instalações de confinamento do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), localizada no município de Piracicaba, SP.

3.2 Experimento 1: Avaliação do desempenho animal

3.2.1 Período experimental, animais e instalações

O experimento 1 teve duração de 101 dias, iniciado após o período de adaptação dos animais às rações de terminação, entre 05 de fevereiro a 16 de maio de 2009.

Foram utilizados 180 machos da raça Nelore, inteiros, com idade média de 22 meses e PC inicial médio após a adaptação de 343 kg (± 29).

Os animais receberam dose de vermífugo (Abamectina como princípio ativo), vacina contra clostrídioses (Poli-Star[®]) e complexo vitamínico ADE no primeiro dia do período experimental.

Os animais foram alojados em 36 baias de 32 m² (4x8m), com piso de concreto e cobertura de 60% da área. Cada baia tinha um bebedouro de concreto e 4 metros lineares de cocho.

As baias eram limpas uma vez por semana utilizando trator com lâmina para raspagem. Os bebedouros eram drenados e lavados duas vezes por semana.

3.2.2 Delineamento Experimental

Utilizou-se o delineamento em blocos completos aleatorizados, com arranjo fatorial 3x3, comparando três métodos de processamento de milho (moagem fina, laminação a seco e floculação) e três teores de uréia (0,5, 1,0 e 1,5% da MS).

Os animais foram distribuídos nos blocos de acordo com o PC inicial buscando a homogeneidade das baias, que foram consideradas como unidades experimentais.

Cada bloco era formado por nove baias, totalizando quatro blocos e 36 baias. Os blocos foram formados após o período de adaptação dos animais às rações experimentais.

3.2.3 Tratamentos

Os tratamentos consistiam de rações com teores crescentes de uréia e diferentes métodos de processamento do milho. As rações experimentais continham em sua composição 12% de feno de Tifton picado e 88% de concentrado constituído de milho, melaço, uréia e núcleo mineral (Tabela 9).

Os teores de uréia utilizados foram 0,5% (U-0,5), 1,0% (U-1,0) e 1,5% (U-1,5) da MS da ração e os tipos de processamento do milho testados foram: moagem fina (M), laminação a seco (L) e floculação (F).

Tabela 9 – Composição das rações experimentais (% da MS)

| | Tratamentos | | |
|------------------------------|-------------|----------|---------|
| | U0,5 | U1,0 | U1,5 |
| <i>Ingredientes, % da MS</i> | | | |
| Feno de Tifton | 12,0 | 12,0 | 12,0 |
| Milho | 79,0 | 78,5 | 78,0 |
| Melaço | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Minerais ^a | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Uréia | 0,5 | 1,0 | 1,5 |
| PB, % da MS | 8,5 | 9,9 | 11,3 |
| PDR, balanço g/d | (-255,5) | (-141,5) | (-21,5) |
| PDR, % exigência | 60,4 | 78,5 | 96,0 |

^a Composição: sódio (114,5 g/kg), cálcio (103,0 g/kg), fósforo (45,0 g/kg), enxofre (40,0 g/kg), magnésio (44,0 g/kg), potássio (61,5 g/kg) manganês (770,0 mg/kg), zinco (2.516,5 mg/kg), cobre (516,0 mg/kg), cobalto (48,5 mg/kg), iodo (30,0 mg/kg), selênio (9,0 mg/kg), flúor (450,0 mg/kg) e monensina sódica (2.000,0 mg/kg).

Com relação à proteína, as rações foram formuladas com base no milho laminado, assumindo 40% de fibra em detergente neutro (FDN) fisicamente efetiva, com o objetivo de suprir 60,4, 78,5 e 96,0% da exigência de PDR recomendada pelo NRC

(1996). Partiu-se do princípio que o NRC (1996) superestima as exigências de PDR de bovinos confinados (Zinn e Owens, 1983; Koster et al., 1996; Zinn e Shen, 1998).

O teor de monensina da dieta (50 ppm) ficou acima da meta de 30 ppm e o de cálcio (0,4%) abaixo da meta de 0,5% da MS, em virtude de erro de digitação na planilha do programa de formulação de ração.

3.2.4 Manejo Alimentar e pesagem dos animais

Os animais utilizados neste experimento eram provenientes de recria em pasto, havendo a necessidade de adaptação ao consumo de ração com alto teor de concentrado.

Antes do início do período experimental os animais foram adaptados durante 21 dias, recebendo inicialmente, ração com 40% de volumoso e a cada 7 dias 10% dessa quantidade era reduzida. Assim, do dia 1 ao dia 7 da adaptação, os animais receberam dieta com 60% de concentrado, do dia 8 ao dia 14 os animais receberam dieta com 70% de concentrado, e do dia 15 ao dia 21 os animais receberam dieta com 80% de concentrado. O teor de uréia também foi acrescido na dieta de maneira gradativa. Até o 10º dia os animais receberam 0,5% de uréia da MS da ração e do 11º ao 21º dia receberam 1,0% de uréia da MS da ração (Tabela 10). Após o período de adaptação, os animais receberam o teor de uréia de acordo com o tratamento.

Tabela 10 – Composição das rações de adaptação (% da MS)

| <i>Ingredientes, % da MS</i> | Ração 1 | Ração 2 | Ração 3 |
|------------------------------|---------|---------|---------|
| Feno de Tifton | 40,0 | 30,0 | 20,0 |
| Milho | 51,0 | 60,5 | 70,5 |
| Melaço | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Minerais ^a | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Uréia | 0,5 | 1,0 | 1,0 |

^a Composição: sódio (114,5 g/kg), cálcio (103,0 g/kg), fósforo (45,0 g/kg), enxofre (40,0 g/kg), magnésio (44,0 g/kg), potássio (61,5 g/kg) manganês (770,0 mg/kg), zinco (2.516,5 mg/kg), cobre (516,0 mg/kg), cobalto (48,5 mg/kg), iodo (30,0 mg/kg), selênio (9,0 mg/kg), flúor (450,0 mg/kg) e monensina sódica (2.000,0 mg/kg).

Durante o período de adaptação, todos os animais recebiam a mesma dieta e o processamento do milho utilizado durante este período foi a moagem fina. Após o 21º dia de adaptação os animais foram pesados, blocados e efetivamente passaram a receber a ração experimental com 88% de concentrado.

Para possibilitar mistura homogênea da ração, o feno de tifton foi picado em triturador (Agrofor[®]), obtendo tamanho médio de partícula de 2,0 cm, minimizando assim a segregação de partículas e a seleção pelos animais.

O milho moído fino foi processado em moinho de martelo e o tamanho médio de partículas do material utilizado durante o período experimental foi de 1,3 mm.

O milho laminado foi processado utilizando laminador de rolos modelo “Process Milling” da marca Mendes & Mendo[®]. O tamanho médio de partículas do milho laminado foi de 3,2 mm.

A mensuração da granulometria do milho processado através da moagem fina e da laminação a seco foi realizada segundo Yu et al., (1998).

O milho floculado foi adquirido da empresa Total Alimentos, em Três Corações – MG. Este ingrediente foi armazenado no Departamento de Zootecnia em barracão coberto e com piso revestido de concreto. Durante o descarregamento do material do caminhão, com o objetivo de evitar a proliferação de fungos no período de armazenagem, foi aplicado o aditivo antimicrobiano benzoato de sódio. A dosagem utilizada foi de 0,18% de benzoato de sódio por kg de milho e foi diluído em água deionizada (360 g/l) e distribuído com um pulverizador do tipo bomba costal. Segundo a empresa que processou este material, a densidade do milho floculado ao sair do floculador foi de 280 a 300 g/l.

As rações experimentais eram misturadas e ofertadas em vagão misturador (TOTALMIX[®] EXPRESS 20 - CASALE), com sistema de mistura utilizando três roscas horizontais, equipado com balança eletrônica com precisão de 2,0 kg e com capacidade de 2 m³.

O milho e o feno eram pesados individualmente na balança do vagão misturador. Os demais ingredientes eram pesados em balança de 100 kg com precisão de 0,1 kg (MARTE[®]).

O melaço de cana-de-açúcar era diluído em água para que fosse possível a mistura do mesmo de forma uniforme na ração. A quantidade de água utilizada era a necessária para que a dieta atingisse 75% de MS. Este valor era calculado de acordo com o teor de MS de cada ingrediente que era aferido semanalmente.

O arraçoamento era realizado na forma de mistura total uma vez ao dia, sempre na parte da tarde. Diariamente, antes do arraçoamento, a quantidade de sobras do dia anterior era avaliada subjetivamente, através da leitura dos cochos, ajustando-se a quantidade de ração fornecida para que ocorressem sobras de no máximo 3,0%. As sobras eram retiradas dos cochos e pesadas a cada três dias, permitindo assim o cálculo do consumo efetivo de cada baia.

Os animais foram pesados no início do período experimental e a cada 28 dias. Apenas nas pesagens inicial e final os animais foram submetidos a jejum de 16 horas. As pesagens intermediárias foram realizadas apenas para acompanhamento do ganho de peso dos animais.

Com o intuito de minimizar os efeitos de enchimento do trato digestivo, foram calculados os valores de PC final ajustado para RC (rendimento de carcaça) médio, dividindo-se o peso de carcaça quente de cada animal pelo RC médio (52,5%) do lote todo de animais. Através deste valor, do PC inicial dos animais e do número de dias do experimento, obteve-se o GPD médio ajustado para RC.

A eficiência alimentar (EA) dos animais foi calculada dividindo-se GPD médio da baia ajustado para RC pela IMS média da baia.

3.2.5 Coleta e análises laboratoriais dos ingredientes

Todos os ingredientes utilizados nas rações foram amostrados semanalmente, secos em estufa com ventilação forçada (55°C) por 72 horas (SILVA; QUEIROZ, 2002) e moídas em moinho tipo “Wiley” inicialmente provido com peneira de malha de 5,0 mm e na seqüência com peneira de malha de 1,0 mm. As amostras semanais de cada ingrediente foram compostas para posterior análise bromatológica. Amostras secundárias eram coletadas para determinação dos teores de MS dos ingredientes. Estes foram colocados em estufa com circulação forçada a 105° C por 12 horas.

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de zootecnia da ESALQ/USP.

As amostras foram analisadas para determinação dos teores de MS, matéria orgânica (MO) e matéria mineral (MM) de acordo com a Association of Official of Agricultural Chemists - A.O.A.C (1990). Os valores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinados com adição de sulfito de sódio e de amilase termoestável (VAN SOEST, 1973). Os valores de N total foram obtidos com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO (WILES; GRAY; KISSING, 1998), modelo FP-528 com temperatura para combustão de 835°C. O teor de PB foi obtido por meio da multiplicação do teor de N total por 6,25. O extrato etéreo (EE) foi mensurado a partir da extração com éter de petróleo por um período de 5 horas conforme metodologia descrita por Campos, Nussio e Nussio (2004).

3.2.6 Coleta e análises laboratoriais das fezes

Foram realizadas duas coletas de fezes dos animais experimentais. Uma coleta foi realizada quatro horas antes do arraçoamento no dia 94 do período experimental, e a outra quatro horas após o arraçoamento no dia 96 do período experimental. A ordem das baias para a coleta das fezes seguiu a ordem do arraçoamento, mantendo assim o intervalo de quatro horas entre as coletas e o arraçoamento.

As fezes foram coletadas de três animais de cada baia, diretamente do chão. As amostras foram coletadas imediatamente após a defecação pelo animal, tomando-se o devido cuidado para não contaminá-las com outros materiais presentes no piso da baia. O piso das baias foi raspado no dia anterior a coleta.

Após a coleta, as amostras foram imediatamente armazenadas em recipiente com gelo, e em seguida congeladas a temperatura de -20°C. Após o término do experimento, as amostras foram descongeladas e secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas (SILVA; QUEIROZ, 2002) e moídas em moinho tipo "Wiley" inicialmente provido com peneira de malha de 5,0 mm e na seqüência com peneira de malha de 1,0 mm.

Após este processamento, as amostras foram analisadas para determinação dos teores de MS seguindo a metodologia proposta pela American of Official Analytical Chemistis - AOAC (1990) e amido utilizando a técnica de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo através do espectrômetro FOSS NIRSystem 5000. A calibração do aparelho foi feita com 1985 amostras de fezes coletadas em confinamentos com diferentes teores de concentrado e de todo o Brasil, sendo adequada para a análise de amido fecal (Caetano, 2010).

As digestibilidades do amido das rações foram estimadas através da fórmula proposta por Zinn et al., (2007):

DTA (Digestibilidade do amido no trato total), % = $99,9 - 0,413 \times AF - 0,0104 \times AF^2$, onde AF é o teor de amido nas fezes.

Com base na alta correlação entre a digestibilidade do amido no trato total com o valor energético do milho ($r^2=0,88$), relatado no trabalho de Zinn et al., (2002), os valores energéticos dos grãos de milho processados pelos diferentes métodos foram estimados de acordo com as seguintes equações propostas por Zinn et al., (2007):

$$^{(1)} \text{ELmMilho} = 2,49 - 0,0127 \times AF - 0,000292 \times AF^2$$

$$^{(2)} \text{ELgMilho} = 0,877 \times \text{ELmMilho} - 0,41$$

Onde, ELmMilho = energia líquida para manutenção do milho (Mcal/dia)

ELgMilho = energia líquida para ganho do milho (Mcal/dia)

AF = amido fecal (% da MS)

3.2.7 Coleta de dados após o abate

Os animais foram abatidos em frigorífico comercial na cidade de Bauru – SP. Após o abate, foram determinados o peso da carcaça quente (PCQ) e o RC (PCQ dividido pelo PC final do animal após jejum de sólidos de 16 horas). Após o abate as meias carcaças foram numeradas e levadas para câmara fria a 0°C por 24 horas.

Após o período de resfriamento, as meias carcaças esquerdas foram retiradas da câmara e serradas, resultando em um corte transversal entre a 12ª e a 13ª costela expondo assim o músculo *Longissimus dorsi*. Neste músculo foi mensurada a espessura de gordura (EG), obtida na altura do terceiro quarto da amostra a partir da coluna vertebral, e a área de olho de lombo (AOL). Para a leitura da EG, foi utilizada régua graduada em milímetros e para a AOL, foi utilizada transparência graduada em centímetros quadrados (grid LinBif) (LUCHIARI FILHO, 2000).

Foi realizada análise visual no fígado dos animais com o objetivo de identificar a presença de abscessos hepáticos. Quando encontrado, o abscesso era medido com régua graduada em milímetros e determinado o escore de acordo com Brink et al. (1990).

3.2.8 Cálculo de energia líquida das rações

O cálculo dos valores de energia líquida observada foi feito com base nos dados de PC final médio dos animais ajustado para RC, GPD ajustado para RC e IMS obtidos no experimento, utilizando-se a metodologia proposta por Zinn e Shen, (1998). A baia foi considerada a unidade experimental.

Foram calculadas as exigências de energia de ganho (Eg) e de manutenção (Em) dos animais através das fórmulas 1 e 2 a seguir, relacionadas com o GPD (kg/dia) e com o peso metabólico (kg) dos animais durante o período experimental. A partir destes valores, calculou-se a energia líquida das rações (Mcal/kg de MS) para ganho (ELg) e manutenção (ELm), através das fórmulas 3 e 4.

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

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

$$(3) EL_m = (-b - ((b^2) - (4ac))^{0,5}) / (2a) ; (ZINN e SHEN, 1998)$$

$$a = -0,877 IMS$$

$$b = 0,877 E_m + 0,41 IMS + E_g$$

$$c = -0,41 E_m$$

$$(4) EL_g = 0,877 EL_m - 0,41 ; (ZINN e SHEN, 1998)$$

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

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

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

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

3.2.9 Análise dos dados

Os dados foram analisados através do procedimento MIXED do sistema estatístico computacional SAS (1999). As médias foram comparadas através do teste de Tuckey, considerando nível de significância de 5% como diferença estatística. Para todos os parâmetros analisados, a baía foi utilizada como unidade experimental.

Obrigatoriamente, todos os conjuntos de dados foram testados antes da análise geral final, na intenção de assegurar que todas as premissas da análise de variância (aditividade do modelo, independência dos erros, normalidade dos dados e homocedasticidade) estivessem sendo respeitadas.

3.3 Experimento 2: Digestibilidade do amido

3.3.1 Período experimental, animais e instalações

O experimento 2 teve duração de 27 dias (14 dias de adaptação à ração com alto teor de concentrado, 6 dias de adaptação ao tipo de milho testado e finalmente, 7 dias recebendo as rações experimentais, sendo os últimos 4 dias utilizados para a coleta de dados), entre 28 de novembro a 25 de dezembro de 2009, onde se avaliou a digestibilidade do amido em bovinos de corte recebendo dieta com três métodos diferentes de processamento de milho.

Foram utilizados 15 machos inteiros da raça Nelore, com idade média de 14 meses e PC inicial médio de 325 kg (± 52), e 15 machos inteiros da raça Canchim, com idade média de 14 meses e PC inicial médio de 361 kg (± 44).

Os animais receberam dose de vermífugo (Abamectina como princípio ativo), vacina contra clostridioses (Poli-Star[®]) e complexo vitamínico ADE no primeiro dia do período experimental.

Os animais foram alojados em 30 baias de 32 m² (4x8 m), com piso de concreto e cobertura de 60% da área. Cada baia tinha bebedouro e quatro metros lineares de cocho.

As baias eram limpas uma vez por semana utilizando trator com lâmina para raspagem. Os bebedouros eram drenados e lavados duas vezes por semana.

3.3.2 Delineamento Experimental

Utilizou-se o delineamento em blocos completos aleatorizados, com arranjo fatorial 3x2, comparando três métodos de processamento de milho (moagem fina, laminação a seco e floculação) e dois grupos genéticos (Nelore, *Bos indicus* e Canchim, predominantemente *Bos taurus*).

Os animais foram distribuídos nos blocos de acordo com o PC inicial e foram considerados como unidades experimentais. Cada bloco era formado por seis baias, totalizando cinco blocos e 30 baias.

3.3.3 Tratamentos

Os tratamentos consistiam de três rações com diferentes métodos de processamento do milho e foram fornecidas para tourinhos de dois grupos genéticos (Nelore ou Canchim). As rações experimentais continham em sua composição 20% de feno de Tifton picado e 80% de concentrado constituído de milho, farelo de soja, melaço, uréia, calcário calcítico e núcleo mineral (Tabela 11).

Os tipos de processamento do milho testados foram: moagem fina (M), laminação a seco (L) e floculação (F).

Tabela 11 – Composição das rações experimentais (% da MS)

| | Tratamentos ^a | | |
|-------------------------------|--------------------------|----------|----------|
| | L | M | F |
| <i>Ingredientes, % da MS</i> | | | |
| Feno de Tifton | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| Milho | 66,5 | 66,5 | 66,5 |
| Farelo de Soja | 7,0 | 7,0 | 7,0 |
| Melaço | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| Minerais ^b | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Calcário Calcítico | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| Uréia | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Monensina Sódica ^c | 0,0015 | 0,0015 | 0,0015 |
| PB (% da MS) | 11,2 | 11,6 | 10,9 |
| PDR (balanço, g) ^d | (-182,6) | (-107,6) | (-221,1) |
| NDT ^e | 73 | 75 | 81 |

^a L = milho; M = milho moído fino; F = milho floculado;

^b Composição: sódio (114,5 g/kg), cálcio (103,0 g/kg), fósforo (45,0 g/kg), enxofre (40,0 g/kg), magnésio (44,0 g/kg), potássio (61,5 g/kg) manganês (770,0 mg/kg), zinco (2.516,5 mg/kg), cobre (516,0 mg/kg), cobalto (48,5 mg/kg), iodo (30,0 mg/kg), selênio (9,0 mg/kg) e flúor (450,0 mg/kg);

^c Monensina sódica 20% (Concentração na dieta = 30 ppm)

^d NRC (1996);

^e Weiss et al. (1992) com fatores de processamento de 0,95 para o milho laminado, 1,00 para o milho moído e 1,04 para o milho floculado.

3.3.4 Manejo Alimentar e pesagem dos animais

Os animais foram adaptados à ração com alto teor de concentrado durante os primeiros 14 dias do período experimental, recebendo inicialmente ração com 50% de volumoso, sendo 30% de bagaço de cana *in natura* e 20% de feno de Tifton. Após 5 dias passaram a receber ração com 40% de volumoso, sendo 20% de bagaço de cana *in natura* e 20% de feno de Tifton; após 4 dias os animais passaram a receber 30% de volumoso, sendo 10% de bagaço de cana *in natura* e 20% de feno de Tifton; após 5 dias passaram a receber a ração final com 20% de feno de Tifton. O fornecimento do milho de acordo com o processamento também ocorreu de forma gradual. Durante a adaptação do volumoso, o milho utilizado para todos os tratamentos era o milho laminado. Após esse período, a cada dois dias ocorria a substituição de 25% do milho laminado pelo milho processado da maneira que seria fornecido no tratamento (floculado ou moído fino). Sendo assim, os animais receberam as dietas experimentais nos últimos 7 dias do período experimental, sendo as fezes coletadas nos últimos 4 dias do período experimental.

Para possibilitar uma ração de mistura homogênea, o feno de tifton era picado em um triturador (Agroform[®]), obtendo um tamanho médio de partícula de 2,0 cm.

O milho moído fino foi processado em moinho de martelo e o tamanho médio de partículas foi de 1,1 mm.

O milho laminado foi processado utilizando laminador modelo “Process Milling” da marca Mendes & Mendo. O tamanho médio de partículas do milho laminado foi de 3,1 mm.

A mensuração da granulometria do milho processado através da moagem fina e da laminação a seco foi realizada segundo Yu et al.(1998)

O milho floculado foi adquirido da empresa Total Alimentos, em Três Corações – MG. Este ingrediente foi armazenado no Departamento de Zootecnia em barracão coberto e com piso revestido de concreto. Durante o descarregamento do material do caminhão, com o objetivo de evitar a proliferação de fungos no período de armazenagem, foi aplicado o aditivo antimicrobiano benzoato de sódio. A dosagem utilizada foi de 0,18% de benzoato de sódio por kg de milho e foi diluído em água

deionizada (360 g/l) e distribuído com pulverizador do tipo bomba costal. Segundo a empresa fabricante, a densidade do milho floculado ao sair do floculador foi de 280 a 300 g/l.

As rações experimentais eram misturadas em vagão misturador (TOTALMIX[®] EXPRESS 20 - CASALE), com sistema de mistura utilizando três roscas horizontais, equipado com balança eletrônica com precisão de 2,0 kg e com capacidade de 2 m³.

O milho e o feno eram pesados individualmente na balança do vagão misturador. Os demais ingredientes foram pesados em balança de 100 kg com precisão de 0,1 kg (MARTE[®]).

O melaço de cana-de-açúcar era diluído em água para que fosse possível a mistura do mesmo de forma uniforme na ração. A quantidade de água utilizada foi a necessária para que a dieta atingisse 70% de MS. Este valor era calculado de acordo com o percentual de MS de cada ingrediente que era aferida semanalmente.

O arraçoamento era realizado na forma de mistura total uma vez ao dia, sempre na parte da manhã. Diariamente, antes do arraçoamento, as sobras do dia anterior eram retiradas do cocho e pesadas com o objetivo de estimar o consumo efetivo de cada animal.

Os animais foram pesados no início da adaptação e após o período de coleta sem jejum de sólidos e líquidos, apenas para acompanhamento do peso dos tourinhos.

3.3.5 Coleta e análises laboratoriais dos ingredientes

Todos os ingredientes utilizados nas rações foram amostrados semanalmente, secos em estufa com ventilação forçada (55°C) por 72 horas (SILVA; QUEIROZ, 2002) e moídas em moinho tipo “Wiley” inicialmente provido com peneira de malha de 5,0 mm e na seqüência com peneira de malha de 1,0 mm. As amostras semanais de cada ingrediente foram compostas para posterior análise bromatológica. Amostras secundárias eram coletadas para determinação dos teores de MS dos ingredientes. Estas foram colocadas em estufa com circulação forçada a 105° C por 12 horas.

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

As amostras foram analisadas para determinação dos teores de MS, MO e MM de acordo com a Association of Official of Agricultural Chemists - A.O.A.C (1990). Os valores de FDN, FDA e lignina foram determinados com adição de sulfito de sódio e de amilase termoestável (VAN SOEST, 1973). Os valores de N total foram obtidos com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO (WILES; GRAY; KISSING, 1998), modelo FP-528 com temperatura para combustão de 835°C. O teor de PB foi obtido por meio da multiplicação do teor de N total por 6,25. O EE foi mensurado a partir da extração com éter de petróleo por um período de 5 horas conforme metodologia descrita por Campos, Nussio e Nussio (2004).

3.3.6 Coleta e análises laboratoriais das fezes

Foram realizadas oito coletas de fezes dos animais experimentais nos dias 24, 25, 26 e 27 do período experimental, conforme sugerido por Owens e Zinn (2005), de acordo com a Tabela 12:

Tabela 12 – Horário das coletas de fezes do experimento 2.

| <i>Dia de Coleta</i> | Horário Coleta 1 | Horário Coleta 2 |
|----------------------|------------------|------------------|
| 24° dia | 07:50 | 13:50 |
| 25° dia | 09:00 | 15:00 |
| 26° dia | 10:50 | 16:50 |
| 27° dia | 12:00 | 18:00 |

As fezes foram coletadas de todos os animais diretamente do chão. As amostras foram coletadas imediatamente após a defecação pelo animal, tomando-se o devido cuidado para não contaminá-las com outros materiais presentes no piso da baia. O piso das baias foi raspado no dia anterior a coleta.

Após a coleta, as amostras eram imediatamente armazenadas em recipiente com gelo, e em seguida congeladas a temperatura de -20°C. Após o término do experimento, as amostras foram descongeladas, secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas (SILVA; QUEIROZ, 2002) e moídas em moinho tipo “Wiley”

inicialmente provido com peneira de malha de 5,0 mm e na seqüência com peneira de malha de 1,0 mm.

Após este processamento, as amostras foram analisadas para determinação dos teores de matéria seca (MS) seguindo a metodologia proposta pela American of Official Analytical Chemistis - AOAC (1990) e amido utilizando a técnica de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo através do espectrômetro FOSS NIRSystem 5000.

As digestibilidades do amido das rações foram estimadas através da fórmula proposta por Zinn et al., (2007):

DTA (Digestibilidade do amido no trato total), % = $99,9 - 0,413 \times AF - 0,0104 \times AF^2$, onde AF é o teor de amido nas fezes.

Com base na alta correlação entre a digestibilidade do amido no trato total com o valor energético do milho ($r^2=0,88$), relatado no trabalho de Zinn et al., (2002), os valores energéticos dos grãos de milho processados pelos diferentes métodos foram estimados de acordo com as seguintes equações propostas por Zinn et al., (2007):

$$^{(1)} \text{ELmMilho} = 2,49 - 0,0127 \times AF - 0,000292 \times AF^2$$

$$^{(2)} \text{ELgMilho} = 0,877 \times \text{ELmMilho} - 0,41$$

Onde, ELmMilho = energia líquida para manutenção do milho (Mcal/dia)

ELgMilho = energia líquida para ganho do milho (Mcal/dia)

AF = amido fecal (% da MS)

3.3.7 Análise dos dados

Os dados foram analisados através do procedimento MIXED do sistema estatístico computacional SAS (1999). As médias foram comparadas através do teste de Tuckey, considerando nível de significância de 5% como diferença estatística. Para todos os parâmetros analisados, o animal foi utilizado como unidade experimental.

Obrigatoriamente, todos os conjuntos de dados foram testados antes da análise geral final, na intenção de assegurar que todas as premissas da análise de variância (aditividade do modelo, independência dos erros, normalidade dos dados e homocedasticidade) estivessem sendo respeitadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento de desempenho

4.1.1 Composição química dos ingredientes

Os resultados das análises químicas dos ingredientes das rações encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13 – Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas rações experimentais

| Item ¹ | Feno | L ² | M ³ | F ⁴ |
|---------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|
| MS, % da MS | 92,57 | 88,35 | 90,53 | 89,87 |
| MM, % da MS | 5,43 | 1,96 | 1,06 | 1,46 |
| PB, % da MS | 3,86 | 7,83 | 8,44 | 7,45 |
| EE, % da MS | 0,60 | 0,54 | 0,98 | 0,78 |
| FDN, % da MS | 83,59 | 13,37 | 8,55 | 13,38 |
| FDA, % da MS | 49,11 | 6,56 | 8,32 | 5,66 |
| Lignina, % da MS | 7,61 | 1,60 | 1,72 | 1,17 |
| NDT, % da MS ⁵ | 49,05 | 78,61 | 84,28 | 86,32 |

¹ MS = Matéria Seca; MM = Matéria Mineral; PB = Proteína Bruta; EE = Extrato Etéreo; FDN = Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; FDA = Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; NDT = Nutrientes Digestíveis Totais; ² Milho Laminado; ³ Milho Moído Fino; ⁴ Milho Floculado; ⁵ NDT calculado através da metodologia de Weiss et al. (1992), utilizando os valores das análises químicas, e os fatores de processamento de 0,95 para o milho laminado, 1,00 para o milho moído fino e 1,04 para o milho floculado (NRC, 2001).

Os teores de NDT dos milhos processados encontrados na análise acima são menores que os valores tabulares do NRC (1996). Os valores tabulares de NDT do NRC (1996) para o milho moído, para o laminado e para o floculado são 88,00, 90,00 e 93,00% respectivamente.

O valor estimado mais alto de NDT do milho floculado em relação ao milho laminado e ao milho moído fino se deve aos valores adotados de fator de processamento (PAF) no NRC (2001).

As composições químicas das rações experimentais estão apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14 – Composição química das rações experimentais

| Item ¹ | Tratamentos ² | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|----------|---------|----------|---------|-------|----------|----------|----------|
| | L0,5 | L1,0 | L1,5 | M0,5 | M1,0 | M1,5 | F0,5 | F1,0 | F1,5 |
| PB (% da MS) | 8,5 | 9,9 | 11,3 | 8,9 | 10,3 | 11,8 | 8,2 | 9,6 | 11,0 |
| PDR (balango,g)* | (-255,5) | (-141,5) | (-21,5) | (-145,3) | (-22,4) | 100,5 | (-321,3) | (-213,5) | (-110,8) |
| NDT (%MS) | 72 | 72 | 72 | 77 | 76 | 76 | 78 | 78 | 78 |
| ELm (Mcal/kg)* | 1,92 | 1,91 | 1,90 | 2,07 | 2,06 | 2,05 | 2,12 | 2,11 | 2,10 |
| ELg (Mcal/kg)* | 1,11 | 1,10 | 1,09 | 1,22 | 1,22 | 1,21 | 1,26 | 1,26 | 1,25 |

¹ PB = Proteína Bruta; PDR = Proteína Degradável no Rúmen; NDT = Nutrientes Digestíveis Totais; ELm = Energia Líquida de Manutenção; ELg = Energia Líquida de Ganho;

² L0,5 = Milho Laminado com adição de 0,5% da MS de uréia; L1,0 = Milho Laminado com adição de 1,0% da MS de uréia; L1,5 = Milho Laminado com adição de 1,5% da MS de uréia; M0,5 = Milho Moído Fino com adição de 0,5% da MS de uréia; M1,0 = Milho Moído Fino com adição de 01,0% da MS de uréia; M1,5 = Milho Moído Fino com adição de 1,5% da MS de uréia; F0,5 = Milho Floculado com adição de 0,5% da MS de uréia; F1,0 = Milho Floculado com adição de 1,0% da MS de uréia; F1,5 = Milho Floculado com adição de 1,5% da MS de uréia;

*valores estimados de acordo com as equações de energia líquida do NRC (1996).

4.1.2 Desempenho animal e características da carcaça

Na tabela 15 são apresentados os dados de desempenho por tratamento. Houve efeito de tratamento ($P < 0,05$) para os parâmetros de IMS, GPD, EA e AOL, mas não houve interação ($P > 0,05$) entre métodos de processamento e teores de uréia na dieta.

Tabela 15 – Desempenho de machos Nelore alimentados com rações contendo grãos de milho processados por diferentes métodos e teores de uréia

| Variáveis | Tratamentos ¹ | | | | | | | | | EPM | Efeito (P) | | | |
|--|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|------------|--------|---------------|--|
| | L0,5 | L1,0 | L1,5 | M0,5 | M1,0 | M1,5 | F0,5 | F1,0 | F1,5 | | Milho | Uréia | Milho x Uréia | |
| <i>Desempenho</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso Inicial, kg | 343 | 343 | 343 | 343 | 343 | 343 | 343 | 343 | 343 | 343 | | | | |
| Peso Final ajustado RC, kg | 445 | 463 | 471 | 475 | 482 | 485 | 468 | 479 | 513 | 17,6649 | 0,0002 | 0,0004 | 0,1281 | |
| IMS, kg/d | 7,98 | 8,16 | 8,41 | 8,55 | 8,37 | 8,62 | 7,55 | 7,55 | 8,87 | 0,2318 | 0,0253 | 0,0026 | 0,0792 | |
| GPD ajustado RC, kg/d | 1,01 | 1,19 | 1,26 | 1,30 | 1,38 | 1,41 | 1,24 | 1,34 | 1,68 | 0,0430 | 0,0003 | 0,0004 | 0,1194 | |
| EA ajustada RC, GPD/IMS | 0,129 | 0,145 | 0,150 | 0,152 | 0,164 | 0,163 | 0,164 | 0,178 | 0,190 | 0,0060 | 0,0001 | 0,0212 | 0,8862 | |
| <i>Características de carcaça</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| Rendimento de Carcaça | 51,68 | 52,13 | 52,51 | 52,57 | 52,97 | 52,69 | 52,88 | 52,64 | 52,88 | 0,3767 | 0,0614 | 0,5946 | 0,6933 | |
| Área de olho de lombo, cm ² | 52,30 | 54,01 | 56,45 | 55,10 | 54,46 | 49,00 | 53,09 | 59,35 | 61,13 | 1,3581 | 0,0124 | 0,0010 | 0,1363 | |
| Espessura de gordura, mm | 4,08 | 3,63 | 4,30 | 4,60 | 3,85 | 3,50 | 3,46 | 4,30 | 3,91 | 0,3961 | 0,5834 | 0,7975 | 0,3124 | |

¹ L0,5 = Milho Laminado com adição de 0,5% da MS de uréia; L1,0 = Milho Laminado com adição de 1,0% da MS de uréia; L1,5 = Milho Laminado com adição de 1,5% da MS de uréia; M0,5 = Milho Moído Fino com adição de 0,5% da MS de uréia; M1,0 = Milho Moído Fino com adição de 01,0% da MS de uréia; M1,5 = Milho Moído Fino com adição de 1,5% da MS de uréia; F0,5 = Milho Floculado com adição de 0,5% da MS de uréia; F1,0 = Milho Floculado com adição de 1,0% da MS de uréia; F1,5 = Milho Floculado com adição de 1,5% da MS de uréia;

Desta forma, os resultados referentes aos métodos de processamento serão apresentados separadamente dos resultados obtidos com os tores de uréia na ração.

Na Tabela 16 estão apresentados os dados de desempenho e características de carcaça dos animais que receberam rações que continham milho moído fino, laminado ou floculado.

Tabela 16 – Desempenho e características de carcaça de machos Nelore alimentados com rações contendo grãos de milho processados por diferentes métodos

| Variáveis | Milho | | | EPM | P |
|--|--------------------|---------------------|--------------------|---------|--------|
| | L ¹ | M ² | F ³ | | |
| Número de animais | 60 | 60 | 60 | | |
| Nº Dias confinados | 101 | 101 | 101 | | |
| <i>Desempenho</i> | | | | | |
| Peso Inicial, kg | 342,9 | 343,1 | 343,2 | | |
| Peso final ajustado para RC, kg ⁴ | 459,6 ^c | 480,5 ^b | 486,7 ^a | 17,6647 | 0,0002 |
| IMS, kg/d | 8,18 ^b | 8,51 ^a | 7,99 ^b | 0,2008 | 0,0336 |
| GPD ajustado para RC, kg/d ⁴ | 1,16 ^b | 1,36 ^a | 1,42 ^a | 0,0428 | 0,0003 |
| EA ajustada para RC, GPD/IMS ⁴ | 0,141 ^c | 0,160 ^b | 0,177 ^a | 0,0047 | 0,0001 |
| <i>Características de carcaça</i> | | | | | |
| Rendimento de carcaça, % | 52,10 ^B | 52,74 ^A | 52,80 ^A | 0,2175 | 0,0614 |
| Espessura gordura subcutânea, mm | 4,00 | 4,23 | 3,89 | 0,2287 | 0,5834 |
| Área de olho de lombo, cm ² | 54,28 ^b | 55,60 ^{ab} | 57,85 ^a | 0,7841 | 0,0124 |

Letras minúsculas diferentes na mesma linha representam médias diferentes ($p \leq 0,05$)

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam médias diferentes ($p \leq 0,10$)

¹ Milho Laminado; ² Milho Moído Fino; ³ Milho Floculado; ⁴ Valores ajustados (Peso final ajustado = Peso de carcaça quente/0,5255).

A IMS foi 6,1% menor para os animais alimentados com o milho floculado em comparação com a ingestão dos animais alimentados com milho moído fino. Não houve diferença na IMS dos animais alimentados com milho floculado quando comparado com o laminado. Essa observação não está de acordo com alguns dados revisados da literatura internacional (LADELY et al., 1995; OWENS et al., 1997; BARAJAS e ZINN, 1998; SCOTT et al., 2003; CORONA et al., 2005; LEIBOVICH et al., 2009; CORRIGAN et al., 2009). A redução na IMS observada na literatura com milho floculado em

comparação com milho laminado, deve-se provavelmente ao maior teor energético dos grãos conforme relatado por Zinn et al., (2002; 2007) e por Owens e Zinn, (2005). Entretanto trabalhos como Huck et al., (1998), Brown et al., (2000) e Scott et al., (2003) também não encontraram variações na IMS em dietas com milho laminado e floculado.

Em comparação com a laminação do milho, a floculação e a moagem fina aumentaram o GPD ajustado para carcaça dos animais em 22,4 e 17,2%, respectivamente. A floculação não melhorou o GPD dos animais comparada com a moagem fina.

O GPD maior dos animais alimentados com milho floculado em comparação com o milho laminado no presente estudo não foi observado nos trabalhos revisados por Owens et al., (1997). De acordo com esses autores, a floculação melhorou o desempenho animal através da melhora na EA, com redução na IMS e manutenção do GPD. Entretanto, em trabalhos mais recentes compilados na Tabela 9 (BARAJAS e ZINN, 1998; BROWN et al. 2000; SCOTT et al. 2003; MACKEN et al. 2004; LA BRUNE et al. 2008; LEIBOVICH et al. 2009; CORRIGAN et al. 2009), a floculação quando comparada ao milho laminado, aumentou o GPD em média 9,0%. Os valores observados no presente estudo foram superiores ao valor médio encontrado na literatura com milho dentado, e podem ser justificados pelo efeito do processamento no rompimento da matriz protéica dos grãos do tipo *flint*. No trabalho de Carareto (2011) com milho *flint*, a floculação aumentou o GPD em 14,6% comparada com a laminação, apresentando também valores mais elevados que os encontrados na literatura internacional.

A maior eficiência de ganho de peso de animais em terminação, alimentados com sorgo ou milho floculados (Theurer, 1986; Huntington, 1997; Barajas e Zinn, 1998), pode ser devida à maior disponibilidade de energia e de proteína metabolizável para o animal. A maior disponibilidade de energia ocorre em função de uma maior liberação de acetato pelo sistema esplênico, assim como uma maior síntese hepática de glucose, devido principalmente, à maior disponibilidade de propionato produzido no rúmen (Huntington, 1997; Theurer et al., 1999).

A floculação dos grãos de milho aumentou a EA dos animais em 25,5% comparada com a laminação e em 10,6% comparada com a moagem fina. A moagem

fina aumentou a EA dos animais em 13,5% comparada com a laminação. Apesar do aumento na IMS, a moagem fina do milho aumentou a EA em comparação com a laminação em virtude do maior GPD. Com milho dentado, Corona et al., (2005) não observaram vantagem da moagem fina em comparação com a laminação do milho para bovinos em terminação.

O efeito positivo da floclulação de milho dentado na EA de bovinos confinados tem sido demonstrado de forma consistente na literatura internacional (OWENS et al, 1997; OWENS e ZINN, 2005). Com os dados apresentados na tabela 9 é possível observar um aumento médio de 12,0% na EA quando o milho dentado é floclulado em comparação com o milho laminado.

Já com o milho *flint*, assim como no presente trabalho, Carareto (2011) relatou aumento na EA de 26,0% também comparando a floclulação com a laminação. Marques (2011), também utilizando milho *flint*, observou aumento de 28,7% na EA de machos Nelore na fase de terminação quando comparou o fornecimento de milho floclulado com milho inteiro. Os dados acima, com valores bem superiores aos relatados na literatura internacional, reforçam uma das hipóteses deste trabalho de que o benefício do processamento mais intenso do milho *flint* é mais expressivo do que o benefício do processamento do milho dentado.

Referente às características de carcaça, houve diferença estatística para a AOL ($P < 0,05$) e para RC ($P < 0,10$). Isso se deve ao maior peso final dos animais, ou seja, carcaças mais pesadas resultaram em AOL maiores. O milho floclulado aumentou o peso final dos animais em 4,3% quando comparado com o milho laminado. Já para a AOL esse aumento foi de 6,6%.

Na Tabela 17 estão apresentados os dados de desempenho e características de carcaça dos animais recebendo rações com diferentes teores de uréia.

Tabela 17 – Desempenho e características de carcaça de machos Nelore alimentados com rações contendo diferentes teores de uréia

| Variáveis | Uréia | | | Efeito | EPM | P |
|--|------------------|------------------|------------------|--------|---------|--------|
| | 0,5 ¹ | 1,0 ² | 1,5 ³ | | | |
| Número de animais | 60 | 60 | 60 | | | |
| No. Dias confinados | 101 | 101 | 101 | | | |
| <i>Desempenho</i> | | | | | | |
| Peso Inicial, kg | 343,1 | 343 | 343,1 | | | |
| Peso final ajustado para RC, kg ⁴ | 462,7 | 474,5 | 489,6 | L | 17,6647 | 0,0004 |
| IMS, kg/d | 8,03 | 8,03 | 8,63 | L | 0,2008 | 0,0043 |
| GPD ajustado para RC, kg/d ⁴ | 1,18 | 1,30 | 1,45 | L | 0,0428 | 0,0004 |
| EA ajustada para RC, GPD/IMS ⁴ | 0,148 | 0,163 | 0,168 | L | 0,0047 | 0,0203 |
| <i>Características de carcaça</i> | | | | | | |
| Rendimento de carcaça, % | 52,38 | 52,58 | 52,69 | | 0,2175 | 0,5946 |
| Espessura gordura subcutânea, mm | 4,05 | 3,93 | 4,15 | | 0,2287 | 0,7975 |
| Área de olho de lombo, cm ² | 53,50 | 55,97 | 58,28 | L | 0,7841 | 0,0010 |

¹0,5% de uréia na matéria seca da ração; ²1,0% de uréia na matéria seca da ração; ³1,5% de uréia na matéria seca da ração; ⁴Valores ajustados (Peso final ajustado = Peso de carcaça quente/0,5255)

Houve efeito linear dos teores de uréia para as variáveis Peso final, IMS, GPD e EA ajustadas para carcaça.

A IMS foi 7,5% maior para os animais alimentados com rações contendo 1,5% da MS de uréia em comparação com a ingestão dos animais alimentados com rações contendo 0,5 e 1,0% da MS de uréia.

Existem vários fatores que podem interferir no consumo dos animais, como: manejo de cocho, conforto animal, qualidade dos ingredientes e composição da ração. Relacionado com a nutrição protéica, tanto o balanço de PDR, quanto o de PM podem interferir na IMS. Em rações com deficiência de PDR pode haver limitações na fermentação ruminal e conseqüente redução na IMS (NRC, 2001). O aumento do fluxo de PM para o intestino delgado pode promover aumento na IMS dos animais (NRC, 1996; NRC, 2001). De acordo com a Tabela 15, todas as rações experimentais apresentaram balanço negativo de PDR, exceto o tratamento com milho moído fino com adição de 1,5% da MS de uréia. O maior balanço negativo de PDR nos tratamentos

uréia 0,5 e uréia 1,0 podem justificar as menores IMS, ocasionada por limitações fermentativas.

Em comparação com o tratamento uréia 0,5%, os tratamentos uréia 1,5% e uréia 1,0% aumentaram o GPD ajustado para carcaça dos animais em 22,9 e 10,2%, respectivamente. O tratamento uréia 1,5% aumentou 11,5% o GPD dos animais quando comparado com o tratamento uréia 1,0%.

Em rações com alto teor de amido, proveniente de grãos processados, o fornecimento de maior concentração de PDR a fim de eliminar as deficiências de N no rúmen, ocasiona ganhos de peso superiores, indicando que as exigências de PM foram melhor atendidas. Esse melhor suprimento da exigência por PM se deve ao sincronismo da elevada disponibilidade de amido altamente fermentável e do fornecimento de uma fonte de proteína de rápida degradabilidade, otimizando a síntese de Pmic e a produção de ácidos graxos de cadeia curta (PLASCENCIA e ZINN, 1996). Além disso, esse sincronismo minimiza possíveis perdas de amônia através da parede ruminal (MILLEN e SARTI, 2011), melhorando o desempenho dos animais.

Segundo Taniguchi et al., (1995) e Huntington et al., (1996), a degradabilidade ruminal do amido afeta a quantidade de amônia disponível para absorção ruminal. De acordo com Alio et al., (2000), essa amônia é quase totalmente removida do sangue pelo fígado, que a converte em uréia, podendo ser reciclada de volta ao rúmen ou excretada via urina. A menor perda de amônia para a corrente sanguínea e a maior reciclagem de uréia para o rúmen, associadas a uma PM mais bem balanceada em aminoácidos, devido à maior participação da Pmic, podem explicar os melhores ganhos de peso nas rações com maior fornecimento de PDR.

Mesmo com a IMS maior para o tratamento uréia 1,5%, como os GPD para esse tratamento também foram maiores, este fornecimento de maior teor de uréia nas rações experimentais resultou em melhor EA quando comparado aos outros tratamentos.

O tratamento uréia 0,5% apresentou EA menor em 13,5% quando comparado com o tratamento uréia 1,5% e menor em 10,1% quando comparado com o tratamento uréia 1,0%. O tratamento uréia 1,5% aumentou a EA dos animais em 3,1% quando comparado com o tratamento uréia 1,0%.

Gleghorn et al., (2004) fornecendo dietas com milho floculado e com teores crescentes de PB na dieta de bovinos em confinamento (11,5%, 13,0% e 14,5% da MS da ração), com a uréia como única fonte de N, não encontraram diferença na IMS e na EA entre os tratamentos. Entretanto, encontraram efeito quadrático para o GPD. O GPD máximo ocorreu com o teor de 13,0% de PB (1,71 kg / d), em comparação com 11,5% de PB (1,65 kg / d) e 14,5% de PB (1,67 kg / d). Thomson et al., (1995) relataram aumento da IMS e da EA com o aumento da concentração de PB na dieta.

Para dietas com milho laminado, a inclusão de uréia apresentou melhores resultados quando limitada a 0,9% da MS (Milton et al., 1997; Shain et al., 1998). No presente estudo, apesar de não haver interação entre os processamentos e os teores de uréia, dietas com milho laminado apresentaram melhores resultados em EA com teores de 1,0% de uréia (Tabela 16). Em Gleghorn et al. (2004), a uréia foi incluída em aproximadamente 0,50, 1,03, e 1,57% da MS, e o desempenho foi maximizado em 1,03% de uréia na MS da dieta.

Cooper et al., (2002) demonstraram que o processamento de milho aumenta a exigência de PDR na dieta por causa do aumento da digestão do amido no rúmen. Concentrações ótimas de PDR (% de MS) em dietas à base de milho floculado foram estimadas em 8,30%. No presente estudo, para as dietas com milho floculado, o percentual de PDR na MS foi de 4,73% (uréia 0,5%), 6,16% (uréia 1,0%) e 7,60% (uréia 1,5%) e a melhor EA foi encontrada para o tratamento com 7,60% de PDR na MS, se aproximando dos dados encontrados por Cooper et al., (2002). Em Gleghorn et al. (2004), o teor de PDR na MS variou de 6,07 para 9,70%, e o melhor desempenho foi obtido também com 8,20% de PDR na MS da ração, também concordando com o proposto por Cooper et al., (2002) e se aproximando dos resultados encontrados no presente trabalho.

Referente aos dados de carcaça, apenas a variável AOL apresentou efeito linear significativo ($P < 0,001$). Essa característica é dependente do peso em que o animal foi abatido, ou seja, como o tratamento com o fornecimento de 1,5% de uréia resultou em maiores ganho de peso e conseqüentemente animais mais pesados, a AOL foi maior neste tratamento. Gleghorn et al. (2004), observaram aumento quadrático para peso de carcaça conforme aumentou a concentração de PB da dieta, sendo o maior peso

observado para o tratamento com 13,0% da MS de PB e valores menores para os níveis de 11,5 e 14,5% de PB. Os mesmos autores também encontraram efeito linear para a AOL. Os efeitos de teores de PB na carcaça têm variado na literatura. Milton et al., (1997) observaram efeito quadrático da concentração de uréia no peso de carcaça quente e efeito linear na EG com aumento nos teores de uréia da dieta. Em contraste, Sindt et al., (1993) não relataram diferenças na espessura de gordura e peso de carcaça quente entre teores e fontes de proteína.

Neste estudo, não houve incidência de abscessos hepáticos. Nenhum abscesso foi observado nos animais alimentados com milho floculado, laminado ou moído e com os diferentes teores de uréia. Sitta et al. (2010) também não relataram ocorrência de abscessos hepáticos em tourinhos Nelore alimentados com rações contendo 12% de feno e 78% de milho moído fino. Carareto (2011) relatou baixa incidência de abscessos hepáticos em animais recebendo milho laminado, ensilado e floculado (2,1, 2,1 e 6,2% dos animais, respectivamente) e ausência nos animais recebendo milho moído fino.

4.1.3 Energia líquida das rações e energia metabolizável do milho

Na Tabela 18 estão apresentados os dados observados de energia líquida dos tratamentos com diferentes formas de processamento do milho e a relação com os valores esperados.

Tabela 18 – Valores observados de energia líquida dos tratamentos com diferentes processamentos de milho e relação com os valores esperados de energia

| Item | Tratamentos ¹ | | | EPM | P |
|---|--------------------------|-------------------|-------------------|---------|--------|
| | L | M | F | | |
| EL observada da ração, Mcal/kg de MS | | | | | |
| Manutenção | 1,81 ^c | 1,94 ^b | 2,11 ^a | 0,04321 | <0,001 |
| Ganho | 1,18 ^c | 1,29 ^b | 1,44 ^a | 0,03788 | <0,001 |
| EL observado/esperado da ração, Mcal/kg de MS | | | | | |
| Manutenção | 0,95 | 0,94 | 1,00 | 0,02131 | 0,0930 |
| Ganho | 1,08 | 1,06 | 1,15 | 0,03187 | 0,1049 |

Letras minúsculas diferentes na mesma linha representam médias diferentes ($p \leq 0,05$)

¹ L = Milho Laminado; M = Milho Moído Fino; F = Milho Floculado

A flocação dos grãos de milho aumentou a EL observada de manutenção da ração em 16,6% e a EL observada de ganho em 22,0% comparada com a laminação. De acordo com Zinn et al., (2002), a flocação do milho dentado aumenta a EL de manutenção em 15,0% e a EL de ganho em 18,0% comparada com a laminação a seco. De acordo com esses autores os valores de EL do milho floclado estão subestimados e os do milho laminado estão super estimados nas tabelas do NRC (1996). Marques (2011), também com milho *flint*, encontrou aumento de 25,0% na EL de ganho do milho floclado em relação ao milho inteiro. Carareto (2011), com milho *flint*, também encontrou aumento nas concentrações de EL para rações com grãos de milho floclado, ensilados e moído fino em comparação com as rações com grãos de milho laminado. No presente estudo, comparada a moagem fina, a flocação aumentou em 8,8% a EL observada de manutenção e em 11,6 % a EL observada de ganho.

A moagem fina do milho aumentou a EL observada de manutenção em 7,2% quando comparada com a laminação, e aumentou a EL observada de ganho em 9,3% também quando comparada à laminação.

Os valores observados de EL de manutenção foram menores que os valores esperados para os milhos laminado e moído fino. Para o milho floclado o valor observado foi igual ao esperado. Já para os valores observados de EL de ganho, todos os valores foram maiores que os esperados. Para o milho floclado, o valor observado de energia líquida de ganho foi 15,0% maior que o esperado, enquanto que para os milhos laminado e moído fino este valor foi apenas 8,0 e 6,0% maior, respectivamente.

No presente estudo, mesmo sem diferença significativa na IMS entre rações com milho floclado e milho laminado, a ingestão de energia foi superior nas rações com grãos mais processados, resultando em maiores GDP e EA. O GPD dos animais que receberam rações com milho floclado foi igual ao GPD dos animais que receberam rações com milho moído fino, porém a ingestão de EL foi maior para o tratamento com milho floclado, resultando em maior EA. O mesmo foi relatado no trabalho de Carareto (2011). No trabalho de Corona et al., (2005), a flocação do milho não aumentou o GPD dos animais em comparação com a moagem fina, uma vez que a ingestão de energia líquida foi equivalente nos dois processamentos.

Na Tabela 19 estão apresentados os dados observados de energia líquida e a relação com os valores esperados dos tratamentos com teores de uréia.

Tabela 19 – Valores observados de energia líquida dos tratamentos com teores de uréia e relação com os valores esperados de energia

| Item | Tratamentos ¹ | | | EPM | P | Efeito |
|---|--------------------------|------------------|------------------|---------|--------|--------|
| | 0,5 ¹ | 1,0 ² | 1,5 ³ | | | |
| EL observada da ração, Mca/kg de MS | | | | | | |
| Manutenção | 1,88 | 1,99 | 2,00 | 0,04321 | 0,1052 | ns |
| Ganho | 1,24 | 1,33 | 1,34 | 0,03788 | 0,1059 | ns |
| EL observado/esperado da ração, Mcal/kg de MS | | | | | | |
| Manutenção | 0,92 | 0,98 | 0,99 | 0,02131 | 0,0181 | L |
| Ganho | 1,03 | 1,12 | 1,14 | 0,03187 | 0,0195 | L |

Valores significativos a $P < 0,05$

¹ 0,5% de uréia na matéria seca da ração; ² 1,0% de uréia na matéria seca da ração; ³ 1,5% de uréia na matéria seca da ração

Não houve diferença significativa da EL observada de manutenção e de ganho entre os tratamentos. Numericamente os valores foram maiores para os tratamentos com teores maiores de uréia e estão de acordo com os dados de desempenho.

Gleghorn et al. (2004) também não encontraram diferença na EL observada de manutenção e EL observada de ganho quando estudaram a variação nos teores de uréia em rações à base milho floculado.

A relação da EL observada/esperada de manutenção foi menor que 1 nas dietas com 0,5 e 1,0% de uréia. Já para EL de ganho, os valores observados foram maiores que os esperados.

4.1.4 Estimativa da digestibilidade do amido com base no teor de amido fecal e energia metabolizável do milho

Na Tabela 20 são apresentados os dados de amido fecal e as estimativas de digestibilidade do amido e dos valores energéticos dos diferentes processamentos de grãos de milho.

Tabela 20 – Porcentagem de amido fecal, digestibilidade total do amido, energia líquida de manutenção e de ganho de peso de milho processado através de diferentes métodos

| | Milho | | | P |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------|
| | L ⁴ | M ⁵ | F ⁶ | |
| % amido fezes | 24,78 ^a (1,2069) | 18,75 ^b (0,5407) | 11,61 ^c (0,4422) | <0,0001 |
| DTA ¹ , % | 81,19 ^c (1,4310) | 87,45 ^b (0,4984) | 93,30 ^a (0,3176) | <0,0001 |
| Elm ² , Mcal/kg | 1,93 ^c (0,0279) | 2,14 ^b (0,0279) | 2,29 ^a (0,0279) | <0,0001 |
| Elg ³ , Mcal/kg | 1,29 ^c (0,0252) | 1,48 ^b (0,0252) | 1,60 ^a (0,0252) | <0,0001 |

Letras diferentes na mesma linha representam médias diferentes ($p \leq 0,05$).

¹ DTA = Digestibilidade total do amido (Zinn et. al 2002); ² Valor de energia líquida de manutenção do milho (Zinn et. al 2002); ³ Valor de energia líquida de ganho do milho (Zinn et. al 2002); ⁴ Milho Laminado; ⁵ Milho Moído Fino; ⁶ Milho Floculado.

A concentração de amido fecal foi maior para os animais alimentados com milho laminado, intermediária com milho moído fino e menor com milho floculado. Em comparação com o milho laminado, a excreção de amido fecal foi 53,1% menor para os animais alimentados com rações a base de milho floculado e 24,3% menor para o milho moído fino. Quando comparado ao milho moído fino, a excreção de amido fecal para os animais que receberam rações a base de milho floculado foi 38,1% menor.

Os valores de amido fecal observados neste estudo não corroboram com os dados de Corona et al., (2005) com milho dentado que, com rações com 12% de forragem e 75% de milho, muito próximas das rações do presente estudo, foram 19,6% com milho laminado, 16,2% com milho moído e 1,75% com milho floculado. Os valores encontrados no presente trabalho foram: 24,78% de amido fecal nas rações com milho laminado, 18,75% nas rações com milho moído fino e 11,61% nas rações com milho floculado. Estes dados estão mais próximos dos valores encontrados por Carareto (2011), que utilizando dietas de alto concentrado com milho *flint*, encontrou valores de amido fecal para rações com milho laminado de 20,03%, 16,20% para milho moído fino e 16,6% para rações com milho floculado. Os valores encontrados no presente estudo são intermediários entre os valores encontrados por Corona et al. (2005) e Carareto (2011).

A diferença de concentração de amido fecal entre milho floculado e laminado no presente estudo foi de 53,10% contra 17,85% encontrados no trabalho de Corona et al.,

(2005) e 82,90% encontrado no trabalho de Carareto (2011). De forma comparativa, esta diferença permite explicar o aumento de 25,50% na EA neste estudo, 26,00% relatado no trabalho de Carareto (2011) contra o aumento de 17,6% relatado no trabalho de Corona et al., (2005). Esta comparação nos mostra benefício do processamento mais expressivo para o milho do tipo *flint* do que para o milho dentado.

As digestibilidades do amido no trato digestivo total foram maiores nos animais alimentados com milho floculado, intermediárias com milho moído fino e menores com milho laminado. Em comparação com o milho laminado, a DTA foi 14,9% maior para os animais alimentados com rações a base de milho floculado e 7,7% maior para o milho moído fino. Quando comparado ao milho moído fino, a DTA para os animais que receberam rações a base de milho floculado foi 6,7% maior. Os valores encontrados no presente estudo para DTA do milho floculado (93,30%) são menores do que os valores encontrados por Owens e Soderlund (2007) com milho dentado (99,09%) e muito próximos dos valores encontrados por Marques (2011) também com milho *flint* (95,86%). Esses dados confirmam a menor digestibilidade do milho *flint* quando comparado ao milho dentado, mesmo quando floculado ou menor eficiência de animais zebuínos para digerir amido que os taurinos.

As concentrações de energia dos grãos de milho, estimadas indiretamente utilizando a metodologia de Zinn et al., (2002) a partir das concentrações de amido fecal (ZINN e SHENN, 1998), foram maiores nos animais alimentados com milho floculado, intermediárias com milho moído fino e menores com milho laminado.

A floculação aumentou em 18,7% a EL de manutenção do milho quando comparada à laminação e 7,0% quando comparada à moagem fina. A floculação aumentou também a EL de ganho do milho quando comparada a laminação e a moagem fina (8,1 e 24,0%, respectivamente).

De acordo com Zinn et al., (2002) o aumento no valor energético do grão de milho com a floculação não é consequência exclusiva do aumento da digestibilidade do amido. Outros componentes nutricionais do milho também têm sua digestibilidade aumentada com a floculação. No presente estudo não foram avaliadas as digestibilidades de outros compostos nutricionais além do amido.

Na Tabela 21 são apresentados os dados de amido fecal e as estimativas de digestibilidade do amido e dos valores energéticos do milho para os tratamentos com teores de uréia.

Tabela 21 – Porcentagem de amido fecal, digestibilidade total do amido, energia líquida de manutenção e de ganho de peso do milho nas rações com diferentes teores de uréia

| | Uréia | | | Efeito | P |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|--------|--------|
| | 0,5 ⁴ | 1,0 ⁵ | 1,5 ⁶ | | |
| % amido fezes | 20,08 (0,7643) | 18,31 (0,7955) | 16,75 (0,8529) | L | 0,0408 |
| DTA ¹ , % | 85,66 (0,8442) | 87,26 (0,8783) | 89,02 (0,9554) | L | 0,0752 |
| Elm ² , Mcal/kg | 2,10 (0,0280) | 2,14 (0,0280) | 2,13 (0,0280) | ns | 0,4533 |
| Elg ³ , Mcal/kg | 1,44 (0,0247) | 1,48 (0,0247) | 1,46 (0,0247) | ns | 0,4445 |

¹ DTA = Digestibilidade total do amido (Zinn et. al 2002); ² Valor de energia líquida de manutenção do milho (Zinn et. al 2002); ³ Valor de energia líquida de ganho do milho (Zinn et. al 2002); ⁴ 0,5% de uréia na matéria seca da ração; ⁵ 1,0% de uréia na matéria seca da ração; ⁶ 1,5% de uréia na matéria seca da ração

A concentração de amido fecal foi maior para os animais que receberam rações com 0,5% da MS de uréia, intermediária com rações com 1,0% da MS de uréia e menor com 1,5% de uréia, apresentando um efeito linear. Em comparação com o tratamento uréia 0,5%, a excreção de amido fecal foi 16,6% menor para os animais do tratamento uréia 1,5% e 8,8% menor para o tratamento uréia 1,0%. Quando comparado ao tratamento uréia 1,0%, a excreção de amido fecal para os animais do tratamento uréia 1,5% foi 8,5% menor.

As digestibilidades do amido no trato digestivo total foram maiores nos animais do tratamento uréia 1,5%, intermediárias para o tratamento uréia 1,0% e menores para o tratamento uréia 0,5%, apresentando um efeito linear ($P < 0,10$). Em comparação com o tratamento uréia 0,5%, a DTA foi 3,9% maior para os animais do tratamento uréia 1,5% e 1,9% maior para o tratamento uréia 1,0%. Quando comparado ao tratamento uréia 1,0%, a DTA para os animais do tratamento uréia 1,5% foi 2,0% maior.

Esses resultados comprovam que o maior fornecimento de PDR estimulou a fermentação ruminal e talvez o fluxo de Pmic para o intestino e a digestão intestinal do amido. Em alguns trabalhos foi demonstrado que o aumento do fluxo de proteína para o

intestino delgado acarreta aumento na síntese de amilase pancreática (HUNTINGTON, 1997). Desta forma, o incremento no fluxo de proteína para o intestino possibilita aumento na digestibilidade do amido que chega ao intestino delgado e aumento na concentração portal de glicose (TANIGUCI; HUNTINGTON; GLENN, 1995). Estes resultados demonstram a importância da sincronização da degradabilidade ruminal entre as fontes de proteína e amido. Segundo Millen e Sarti., (2011) a inclusão de ingredientes que fermentam mais rápida e extensivamente dentro do rúmen (como o milho floculado) aumenta a exigência de PDR, pois mais energia estará sendo disponibilizada para as bactérias e com isso mais N será necessário para haver sincronismo entre a degradação de amido e de proteínas dentro do rúmen. Esta afirmação corrobora com os dados do presente estudo que apresenta maior digestibilidade do amido nos tratamentos com maior fornecimento de PDR.

Não houve diferença significativa entre os valores de EL de manutenção e de ganho do milho entre os tratamentos.

4.2 Experimento de digestibilidade

4.2.1 Composição química dos ingredientes

Os resultados das análises químicas dos ingredientes das rações encontram-se na Tabela 22.

Tabela 22 – Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas rações experimentais

| Item ¹ | Feno | L ² | M ³ | F ⁴ |
|-------------------|-------|----------------|----------------|----------------|
| MS, % da MS | 92,50 | 87,21 | 88,14 | 90,47 |
| MM, % da MS | 6,21 | 1,10 | 2,25 | 0,69 |
| PB, % da MS | 3,86 | 7,83 | 8,44 | 7,45 |
| EE, % da MS | 0,71 | 0,56 | 1,07 | 4,46 |
| FDN, % da MS | 80,06 | 8,93 | 10,56 | 8,64 |
| FDA, % da MS | 43,20 | 4,58 | 4,33 | 4,24 |
| Lignina, % da MS | 5,45 | 1,34 | 1,14 | 1,42 |
| NDT, % da MS | 52,75 | 80,94 | 83,28 | 92,44 |

¹ MS = matéria seca; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; NDT = nutrientes digestíveis totais; ² Milho Laminado; ³ Milho Moído Fino; ⁴ Milho Floculado

O NDT dos ingredientes foi calculado através da metodologia de Weiss et al. (1992), utilizando os valores das análises químicas, e os fatores de processamento de 0,95 para o milho laminado, 1,00 para o milho moído fino e 1,04 para o milho floculado (NRC, 2001).

Os teores de NDT dos milhos processados encontrados na análise acima são menores que os valores tabulares do NRC (1996), porém o valor encontrado para o milho floculado foi bem próximo do tabular do NRC. Os valores tabulares de NDT do NRC para o milho moído, laminado e floculado são 88,00, 90,00 e 93,00% respectivamente.

As composições químicas das rações experimentais estão apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 – Composição química das rações experimentais

| Item ¹ | Tratamento ² | | |
|-------------------|-------------------------|----------|----------|
| | L | M | F |
| PB (% da MS) | 11,2 | 11,6 | 10,9 |
| PDR (balanço, g) | (-182,6) | (-107,6) | (-221,1) |
| NDT | 73 | 75 | 81 |
| ELm (Mcal/kg) | 1,94 | 2,00 | 2,20 |
| ELg (Mcal/kg) | 1,12 | 1,16 | 1,31 |

¹ PB = Proteína Bruta; PDR = Proteína Degradável no Rúmen; NDT = Nutrientes Digestíveis Totais; ELm = Energia Líquida de Manutenção; ELg = Energia Líquida de Ganho; ² L = Milho Laminado; M = Milho Moído Fino; F = Milho Floculado

4.2.2 Estimativa da digestibilidade do amido com base no teor de amido fecal e energia metabolizável do milho

Não houve interações significativas entre os métodos de processamento de milho e os diferentes grupos genéticos para os parâmetros avaliados de digestibilidade do amido. Portanto, os resultados referentes aos métodos de processamento serão apresentados separadamente dos resultados obtidos com os diferentes grupos genéticos.

Na Tabela 24 estão apresentados os dados de digestibilidade do amido dos animais recebendo rações com milho moído fino, laminado ou floculado.

Tabela 24 – Porcentagem de amido fecal, digestibilidade total do amido, energia líquida de manutenção e de ganho de peso do milho nas rações com milho laminado, moído fino e floculado

| | Milho | | | P |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------|
| | L ⁴ | M ⁵ | F ⁶ | |
| IMS, kg | 9,27 ^a (0,4021) | 8,08 ^b (0,4021) | 6,53 ^c (0,4021) | <0,0003 |
| % amido fezes | 22,78 ^a (0,6716) | 16,17 ^b (0,6716) | 9,48 ^c (0,6791) | <0,0001 |
| DTA ¹ , % | 83,43 ^c (0,6326) | 89,47 ^b (0,6362) | 94,79 ^a (0,6434) | <0,0001 |
| Elm ² , Mcal/kg | 2,04 ^b (0,0165) | 2,20 ^c (0,0165) | 2,34 ^a (0,0167) | <0,0001 |
| Elg ³ , Mcal/kg | 1,38 ^c (0,0146) | 1,52 ^b (0,0146) | 1,65 ^a (0,0148) | <0,0001 |

Letras diferentes na mesma linha representam médias diferentes ($p \leq 0,05$).

¹ DTA = Digestibilidade total do amido (Zinn et. al 2002); ² Valor de energia líquida de manutenção do milho (Zinn et. al 2002); ³ Valor de energia líquida de ganho do milho (Zinn et. al 2002); ⁴ Milho Laminado; ⁵ Milho Moído Fino; ⁶ Milho Floculado

A ingestão de matéria seca foi 29,6% maior para os animais alimentados com o milho laminado em comparação com a ingestão dos animais alimentados com milho floculado. Esses dados diferem dos resultados encontrados no experimento de desempenho apresentado anteriormente, porém estão de acordo com alguns dados revisados da literatura internacional (LADELY et al., 1995; OWENS et al, 1997; BARAJAS e ZINN, 1998; SCOTT et al., 2003; CORONA et al., 2005; LEIBOVICH et al., 2009; CORRIGAN et al., 2009). Este aumento na IMS com milho laminado comparado ao milho floculado é devido ao menor teor energético dos grãos laminados conforme relatado por Zinn et al., (2002; 2007) e por Owens e Zinn (2005). Já para os animais alimentados com milho laminado, em comparação com os animais alimentados com milho moído fino, a ingestão de matéria seca foi 12,8% maior. E para os animais alimentados com milho moído fino em comparação com a os animais alimentados com milho floculado, a ingestão de matéria seca foi 19,2% maior.

A concentração de amido fecal foi maior para os animais que receberam rações com milho laminado, intermediária em rações com milho moído fino e menor com milho floculado. Em comparação com o tratamento milho laminado, a excreção de amido fecal

foi 58,3% menor para os animais do tratamento milho floculado e 30,8% menor para o tratamento milho moído fino. Quando comparado ao tratamento milho moído fino, a excreção de amido fecal para os animais do tratamento milho floculado foi 39,8% menor. Esses dados corroboram com os resultados encontrados no experimento de desempenho e com os outros resultados da literatura brasileira com milho *flint* já citados como Carareto, (2011) e Marques, (2011).

As digestibilidades do amido no trato digestivo total foram maiores nos animais alimentados com milho floculado, intermediárias com milho moído fino e menores com milho laminado. Em comparação com o milho laminado, a DTA foi 13,6% maior para os animais alimentados com rações a base de milho floculado e 7,8% maior para o milho moído fino. Quando comparado ao milho moído fino, a excreção de amido fecal para os animais que receberam rações a base de milho floculado foi 5,4% maior. Estes dados corroboram com os dados do experimento de desempenho apresentados anteriormente.

As concentrações de energia dos grãos de milho, estimadas indiretamente utilizando a metodologia de Zinn et al., (2002) a partir das concentrações de amido fecal (ZINN e SHENN, 1998), foram maiores nos animais alimentados com milho floculado, intermediárias com milho moído fino e menores com milho laminado.

A floculação aumentou 6,4% a EL de manutenção do milho quando comparada à laminação e 14,7% quando comparada à moagem fina. A floculação aumentou também a EL de ganho do milho quando comparada a laminação e a moagem fina (18,8 e 7,9%, respectivamente). Esses dados também corroboram com os dados encontrados no experimento de desempenho.

Na Tabela 25 estão apresentados os dados de digestibilidade do amido dos animais separados por grupo genético.

Tabela 25 – Porcentagem de amido fecal, digestibilidade total do amido, energia líquida de manutenção e de ganho de peso do milho para animais Nelore e Canchim

| | Raça | | P |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------|
| | Ne ⁴ | Can ⁵ | |
| IMS, kg | 7,84 (0,3283) | 8,08 (0,3283) | 0,6105 |
| % amido fezes | 16,86 ^a (0,5767) | 15,43 ^b (0,5696) | 0,0475 |
| DTA ¹ , % | 88,58 ^b (0,5416) | 89,88 ^a (0,5378) | 0,0612 |
| Elm ² , Mcal/kg | 2,18 ^b (0,0140) | 2,21 ^a (0,0124) | 0,0580 |
| Elg ³ , Mcal/kg | 1,50 ^b (0,0125) | 1,53 ^a (0,0110) | 0,0612 |

Letras diferentes na mesma linha representam médias diferentes ($p \leq 0,10$).

¹ DTA = Digestibilidade total do amido (Zinn et. al 2002); ² Valor de energia líquida de manutenção do milho (Zinn et. al 2002); ³ Valor de energia líquida de ganho do milho (Zinn et. al 2002); ⁴ Animais da raça Nelore; ⁵ Animais da raça Canchim;

A IMS foi numericamente menor para os animais Nelore quando comparada com animais Canchim. Esta diferença foi de 3,1%.

A concentração de amido fecal foi maior para os animais Nelore do que para os animais Canchim. Em comparação com os animais Nelore, a concentração de amido fecal foi 8,5% menor nos animais da raça Canchim. Esses dados permitem afirmar que animais zebuínos têm uma maior excreção de amido fecal quando comparados com animais europeus, porém com uma representatividade menor do que a relatada por Caetano (2008), que encontrou diferença de 28,0% no teor de amido fecal de animais da raça Nelore comparada com animais cruzados. Olbrich Jr. (1996), fornecendo 15,0% de silagem e 85,0% de concentrado, demonstrou que novilhos da raça Brahman possuem menor capacidade de digerir amido do que animais da raça Angus, encontrando concentrações de amido fecal de 25,8% da MS fecal para animais Brahman e 19,6% para animais Angus, ou seja, uma diferença de concentração de amido fecal de 24,5% entre os grupos genéticos.

A digestibilidade do amido no trato digestivo total foi maior nos animais Canchim quando comparado com os animais Nelore, sendo que nestes, a DTA foi apenas 1,5% menor do que nos animais Canchim. Esses dados confirmam que existe uma diferença

da digestibilidade total do amido entre os grupos genéticos, porém não justificam o não fornecimento de dietas com altas concentrações de amido para animais zebuínos.

5 CONCLUSÕES

Em rações com alto teor de concentrado para bovinos de corte em terminação, o benefício da floculação do milho *flint* no desempenho dos animais foi duas vezes maior quando comparado com a literatura internacional com milho dentado.

Ao contrário do relatado na literatura com milho dentado, a moagem fina do milho possibilitou melhor desempenho dos animais quando comparada com a laminação.

A adequação de PDR, através do fornecimento de maiores teores de PB em rações com grãos de milho processados mais intensamente, é fundamental para melhorar o desempenho de animais em terminação recebendo dietas com altos teores de milho.

A digestibilidade do amido é maior com o milho floculado em comparação com o milho moído fino e milho laminado.

A digestibilidade do amido é maior em animais do grupo genético *Bos taurus* do que em animais *Bos indicus*, porém a diferença é mínima e não há restrição ao uso de dietas ricas em amido para zebuínos.

REFERÊNCIAS

A. ALIO; C. B. THEURER; O. LOZANO; J. T. HUBER; R. S. SWINGLE; A. DELGADO-ELORDUY; P. CUNEO; D. DeYOUNG; K. E. WEBB. Splanchnic nitrogen metabolism by growing beef steers fed diets containing sorghum grain flaked at different densities. *Journal of animal science*, Albany v.78, p.1355-1363, 2000.

ANTUNES, R.C. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP. p.229-253, 2006.

ASP, N.G.; VAN AMELSVOORT, J.M.M.; HAUTVAST, J.G.A.J. Nutrition implications of resistant starch. *Nutrition Research Reviews*, 9:1, 1996.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. *Official methods of analysis*. 15.ed. Arlington: AOAC International, 1990. 1117p.

BARAJAS, R.; ZINN, R.A. The feeding value of dry-rolled and steam-flaked corn in finishing diets for feedlot cattle: Influence of protein supplementation. *Journal of Animal Science*, Albany, v. 76, p. 1744–1752, 1998.

BENGOCHEA, W.L.; LARDY, G.P.;BAUER, M.L. Effect of grain processing degree on intake, digestion, ruminal fermentation and performance characteristics of steers fed medium-concentrate growing diets. *Journal of Animal Science*, v.83, p.2815-2825, 2005.

BRINK, D.R., LOWRY, S.R., STOCK, R.A. Severity of liver abscesses and efficiency of feed utilization of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. V.68. p. 1202-1207. 1990.

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.

CAETANO, M.; NUÑEZ, A.J.C.; MOURÃO, G.B.; LANNA, D.P.D. Time of collection affects starch losses in Nellore and crossbred cattle in commercial feedlots. *Journal of Animal Science*, Denver, v. 88, E-Suppl. 2, p. 697, 2010.

CAETANO, M. Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. *Métodos de análise de alimentos*. Piracicaba: FEALQ, 135p.2004.

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

CHESSON, A.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N. e STEWART, C.S. (Eds). The rumen microbial ecosystem. Londres: Brackie Academic & Professional, cap.8, p.329-381, 1997.

COOPER, R.J.; MILTON, C.T.; KLOPFENSTEIN, T.J.; JORDON, D.J. Effect of corn processing on degradable intake protein requirement of finishing cattle. *Journal of Animal Science*, Albany, v.80, p.242-247, 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 distillers grains plus solubles inclusion level in finishing steers. *Journal of Animal Science*, Albany, v. 87, p. 3351-3362, 2009.

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, 2005.

CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAUER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v.85, n.11, p.3008-3012, 2002.

DEVANT, M.; FERRET, A.; CALSAMIGLIA, S.; CASALS, R.; GASA, J. Effect of nitrogen source on highconcentrate, low-protein beef cattle diets on microbial fermentation studied in vivo and in vitro. *Journal of Animal Science*, Albany, v.79, p.1944-1953, 2001.

DI CONSTANZO, A. Implications of Balancing Feedlot Diets for Protein Fractions (RDP and RUP) or Amino Acids. In: SOUTHWEST NUTRITION & MANAGEMENT CONFERENCE, 22, Tempe. Proceedings... Tempe, University of Arizona, 2007. p.37-48, 2007.

EMBRAPA. Milho - Cultivares para 2006/2007. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/> Acesso em: 25 jul.2010.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agrishow Agropecuária, 360 p., 2000.

FLINT, H.J.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation in the rumen: Biochemistry and genetics. In: ENGELHARDT, W.W.; LEONHARD-MAREK, S.; BREVES, G. et al. (Eds.). Ruminant physiology: Digestion, metabolism, growth and reproduction. Stuttgart: Enke, p.43-70, 1995.

FRENCH, D. Chemical and physical properties of starch. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 64. Blacksburg, 1972. Journal of Animal Science, Champaign, v.37, n.4, p.1062-1074, 1973.

GABARRA, P.R.; SANTOS, F.A.P.; BITTAR, C.M.M.; PIRES, A.V.; IMAIZUMI, H. Fontes protéicas e energéticas com diferentes degradabilidades ruminais para novilhos de corte. Acta Scientiarum Animal Science, Maringá, v.29, n.2, p.195-202, 2007.

GALYEAN, M. L. Protein levels in beef cattle finishing diets: Industry application, university research, and systems results. J. Anim. Sci. Vol 74, p 2860-2870, 1996.

GAMA, E.E.G. Potencial genético de um sintético de milho de grãos duros para formação de híbridos. Ciência Rural, Santa Maria, v.33, n.4, p. 615-619, 2003.

GLEGHORN, J.F.;ELAM, N.A.; GALYEAN, M.L.; DUFF, G.C. ;COLE, N.A.; RIVERA, J.D. Effects of crude protein concentration and degradability on performance, carcass characteristics, and serum urea nitrogen concentrations in finishing beef steers. Journal of Animal Science, Albany, v.82,p.2705–2717, 2004.

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

HALE, W.H. Influence of processing of the utilization of grains (starch) by ruminants. Tucson. Journal of Animal Science, Albany, v.37, n.4, p.1075-1083, 1973.

HOLDEN, L.A. Comparision of methods of in vitro matter digestibility for ten feeds. Journal Dairy Science, v.82, n.8, p. 1791-1794, 1999.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches a review. Carbohydrate Polymers, 45:253, 2001.

HUCK, G.L.; KREIKEMEIER, K.K.; KUHL, G.L.; ECK, T.P.; BOLSEN, K.K. Effects of feeding combinations of steam-flaked grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dry-rolled corn on growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle. Journal of Animal Science, Albany, v. 76, p. 2984–2990, 1998.

HARMON, D.L.; TAYLOR, C.C. Factors influencing assimilation of dietary starch in beef and dairy cattle. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005. Nebraska, Proceedings... Nebraska, p.55-66, 2005.

HARMON, D.L. Dietary influences on carbohydrases and small intestinal starch hydrolysis capacity in ruminants. In: ANNUAL RUMINANT NUTRITION CONFERENCE., 31., 1990. Washington, The Journal of Nutrition, Bethesda,v.122, n.1, p. 203-210, 1992.

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

KAINUMA, K. Structure and Chemistry of the Starch Granule. In: STUMPF, P.K.; CONN, E.E. (Ed.). *The biochemistry of plants; a comprehensive treatise*. San Diego: Academic Press, v.14: Carbohydrates. cap.5p. 141-80, 1988.

KOTARSKI, S.F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. In: ANNUAL RUMINANT NUTRITION CONFERENCE, 31., 1990. Washington, *The Journal of Nutrition*, Bethesda, v.122, n.1, p.178-190, 1992.

KOSTER, H.H.; COCHRAN, R.C.; TITGEMEYER, E.C.; VANZANT, E.S.; ABDELGADIR, I.; SAINT-JEAN, G. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef cows. *Journal of Animal Science*, Bethesda, v.74, p.2473-2481, 1996.

LABRUNE, H.J.; REINHARDT, C.D.; DIKEMAN, M.E.; DROUILLARD, J.S. Effects of grain processing and dietary lipid source on performance, carcass characteristics, plasma fatty acids, and sensory properties of steaks from finishing cattle. *Journal of Animal Science*, Albany, v. 86, p. 167-172, 2008.

LADELY, S.R.; STOCK, R.A.; GOEDEKEN, F.K. et al. Effect of corn hybrid and grain processing method on rate of starch disappearance and performance of finish cattle. *Journal of Animal Science*, Bethesda, v.73, p.360-364, 1995.

LEIBOVICH J.; VASCONCELOS, J.T; GALYEAN, M.L. Effects of corn processing method in diets containing sorghum wet distillers grain 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. 2124-2132, 2009.

LIMA, N.V.A. Substituição de uréia por farelo de soja em rações com polpa cítrica para bovinos em crescimento ou em terminação. 2006. 75p. Dissertação (Mestrado na área de Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

LOE, E.R.; BAUER, M.L.; LARDY, G.P. Grain source and processing in diets containing varying concentrations of wet corn gluten feed for finishing cattle. *Journal of Animal Science*, Albany, v.84, p.986-996, 2006.

LOERCH, S.C.; FLUHARTY, F.L., Effects of programming intake on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, v. 76, p.371-377, 1998.

LOFGREEN, G.P.GARRETT, W.N.. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. . *Journal of Animal Science*, Bethesda v. 27, p.793, 1968.

LUCHIARI FILHO, A. Pecuária da carne bovina. São Paulo: LinBife, 2000. 134p.

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.

MADER, T.; GUYER, P.; STOCK, R. Feeding high moisture corn. 1983. Site: <http://www.ianr.unl.edu/pubs/beef/g100.htm#ADVOHIGHMOICRN>. Acesso em 27 Nov. 2010.

McCALLISTER, T.A.; PHILLIPE, R.C.; RODE, L.M.; CHENG, K.J. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.71, n.1, p. 205-212, 1993.

MARQUES, R. S. Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação na terminação de tourinhos Nelore. 2011. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MELLO JR., C.A. Processamento de grãos de milho e sorgo visando aumento do valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., Piracicaba, 1991. Anais. Piracicaba, FEALQ, p.263-284, 1991.

MILLEN, D.D.; SARTI, L.M.N. Adequação protéica em rações de confinamento: crescimento e terminação. 9º Simpósio de Nutrição de Bovinos. Anais, p. 383-401, 2011.

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.

MILTON, C.T.; BRANDT JUNIOR, R.T.; TITGEMEYER, E.C. Urea in dry-rolled corn diets: finishing steer performance, nutrient digestion, and microbial protein production. *Journal of Animal Science*, Albany, v.75, p.1415-1424, 1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL . Nutrient Requirements of Beef Cattle. Washington:National Academy Press, 1984.90p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. Washington, DC : National Academy Press, 242p, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Rev. Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 381p, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requeriments of beef cattle. 7th ed. Washington: National Academy Press, 242p, 1996.

NOCEK, J.E.; TAMINGA, 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*, Lancaster, v. 74, n. 8, p. 3598-3629, 1991.

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

ORSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science*, Albany, v.63, p.1624-1633, 1986.

OWENS, F.N. Grain processing and starch digestion. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES – SAÚDE DO RÚMEN, 3., 2007. Botucatu. Anais... Botucatu: Universidade Estadual Paulista “ Júlio de Mesquita Filho”, p.235-242, 2007.

OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminant and postruminal starch digestion by cattle. In: PIONEER HI-BRED, A DUPONT BUSINESS CONFERENCE, 2007, Jonston. Proceedings. Jonston, 2007.

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

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.

PLASCENCIA, A.; ZINN, R.A. Influence of flake density on the feeding value of steam processed corn in diets for lactating cows. *Journal of Animal Science*, Albany, v.74, p.310-316, 1996.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOUREAU, B. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v.81, p.2178-2184, 1998.

REINHARDT, C.D.; BRANDT Jr, R.T.; ECK, T.P.; TITGEMEYER, E.C. Performance, digestion, and mastication efficiency of Holstein steers fed whole or process corn in limit – or full-fed growing-finishing systems. *Journal of Animal Science*, v. 76, p. 1778-1788, 1998.

ROONEY, L.W., MILLER, F.R. Variation in the Structure and Kernel Characteristics of Sorghum. In: Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality, Rooney L.W. and D.S. Murty (Eds.). ICRISAT, Patancheru, A.P. India. 1981

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.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, Albany, v. 70, p.3551-3561, 1992.

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, p. 403-432, 2011.

SANTOS, F.A.P.; GRECO, L.F. Digestão pós ruminal de proteínas e exigências de aminoácidos para ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, Pirassununga-SP. Anais... Pirassununga: Francisco de Palma Renó; Luis Felipe Prada e Silva, 2007. p. 121-159, 2007.

SANTOS, F.A.P.; MOSCARDINI, M.C. Substituição de fontes de amido por subprodutos ricos em pectina ou fibra de alta digestibilidade na ração de bovinos confinados. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES – SAÚDE DO RÚMEN, 3.. 2007. Botucatu. Anais... Botucatu: Universidade Estadual Paulista " Júlio de Mesquita Filho", p.31-47, 2007.

SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, p. 255-286, 2006.

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

SAS INSTITUTE. *SAS user's guide: statistics*. Cary, 1999.

SATTER, L. D.; KLOPFENSTEIN, T. J.; ERICKSON, G. E. The role of nutrition in nutrient output from ruminants. *Journal of Animal Science*, Albany, v.80, E. Suppl. 2, E143-E156, 2002.

SCOTT, T.L.; MILTON, C.T.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; STOCK, R.A. Corn processing method in finishing diets containing wet corn gluten feed. *Journal of Animal Science*, Albany, v. 81, p. 3182-3190, 2003.

SHAIN, D.H.; STOCK, R.A.; KLOPFENSTEIN, T.J. et al. Effect of degradable intake protein level on finishing cattle performance and ruminal metabolism. *Journal of Animal Science*, Albany, v.76, p. 242-248, 1998.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 235p, 2002.

SINDT, M.H.; STOCK, R.; KLOPFENSTEIN, T.J.; SHAIN, D.H.. Protein sources for finishing calves as affected by management system. *Journal of Animal Science*, Albany , v.71, p.1047-1056, 1993.

SWINGLE, R.S.; ECK, T.P.; THEURER, C.B. Flake density of steam-processed sorghum grain alters performance and sites of digestible by growing-finishing steers. *Journal of Animal Scienc.* v.77, p. 1055-1064, 1999.

TANIGUCHI, K.; HUNTINGTON, G.B.; GLENN, B.P. Net nutrient flux by visceral tissues of beef steers given abomasal and ruminal infusions of casein and starch. *Journal of Animal Science*, Albany, v.73, n.1, p.236-249, 1995.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; SAINZ, R.D.; BARIONI, L.G.; MEDEIROS, S.R.; BOIN, C.; Mathematical models in ruminant nutrition. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.62, n.1, p.76-91, 2005.

TAYLOR-EDWARDS, C.C.; HIBBARD, G.; KITTS, S.E.; MCLEOD, K.R.; AXE, D.E.; VANZANT, E.S.; KRISTENSEN, N.B.; HARMON, D.L. Effects of slow-release urea on ruminal digesta characteristics and growth performance in beef steers. *Journal of Animal Science*, Albany, v. 87, n.1, p 200-208, 2009.

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. Steam-flaked grain for high-producing dairy cows. In: *Proc. Southwest Nutrition and Management Conf. Department Animal Science.*, University of Arizona, Tucson, p. 64-72, 1992.

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 Animal Science*, Albany, v.77, p.2824-3281, 1999.

THOMSON, M.A.; QUIRK, P.; SWANSON, C.E.; THOMAS, B.; HOLT, T.L.; FRANCIS, P.T.; SHEPHERD, R.W. Nutritional growth retardation is associated with defective lung growth in cystic fibrosis: a preventable determinant of pulmonary dysfunction. *Nutrition*, Burbank CA, v.11, n.4, p.350-354, 1995.

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.

VASCONCELOS, J.T.; TEDESCHI.L.O.; FOX, D.G.; GALYEAN, M.L.; GREENES, L.W. Feeding nitrogen and phosphorus in beef cattle feedlot production to mitigate environmental impacts. *Professional Animal Scientist*, Nebraska, v.23, p.8-17, 2007.

VASCONCELOS, J.T.; GREENE, L.W.; COLE, N.A.; BROWN, M.S.; McCOLLUM III, F.T.; TEDESCHI, L.O. Effect of phase feeding of protein on performance, blood urea nitrogen concentration, manure nitrogen:phosphorus ratio, and carcass characteristics of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, Albany, v.84, p.3032-3038, 2006.

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*, Champaign, v.74, n.10, p.3583-97, 1991.

WANG, T.L.; BOGRACHEVA, T.Y.; HENDLEY, C.I., Starch: as simple as A, B, C? *Journal of Experimental Botany*, 49:481, 1998.

WEBER, F.H.; COLLARES-QUEIROZ, F.P.; CHANG, Y.K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 29, n. 4, p. 748-753, 2009.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, R.S. A theoretically-base model for predicting total digestible nutrient values of a forages and concentrates. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam. 39, p. 95-119, 1992.

WILES. P.G.; GRAY, I.K ; KISSLING, R.C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. *Journal of AOAC International*, v.81, n.3, p.620-632, 1998.

YAN, T.; FROST, J.P.; KEADY, T.W.J.; AGNEW, R.E.; MAYNE, C.S. Prediction of nitrogen excretion in feces and urine of beef cattle offered diets containing grass silage. *Journal of Animal Science*, Albany, v.85, p. 1982-1989, 2007.

YU, X. ; BELL, P.F.;YU, X.O. Nutrient deficiency symptoms and boron uptake mechanism of rice. *Journal Plant Nutrition*. v.21,n.10,p.2077-2088, 1998.

ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F. Recentes avanços em amido na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE, n2., Lavras.Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p.249-284, 2001.

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

ZINN, R. A.; BARRAJAS, R.; MONTANO, M.; WARE, R. A. Influence of dietary urea level on digestive function and growth performance of cattle fed steam-flaked barley-based finishing diets. *Journal of Animal Science*, Albany, v.81, p.2383-2389, 2003.

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.

ZINN, A.; SHEN, Y. An evaluation of ruminal degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *Journal of Animal Science*, Albany, v. 76, n. 5, p. 1280-1289, 1998.

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, n.2, p.471-475, 1983.