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

**Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos
de milho inteiro e os benefícios da floculação na terminação de
tourinhos Nelore**

Rodrigo da Silva Marques

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

**Piracicaba
2011**

Rodrigo da Silva Marques
Zootecnista

Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação na terminação de tourinhos Nelore.

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010

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

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

**Piracicaba
2011**

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

Marques, Rodrigo da Silva

Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação na terminação de tourinhos Nelore / Rodrigo da Silva Marques. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010. - - Piracicaba, 2011.

72 p. : il.

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

1. Amido 2. Confinamento animal 3. Dieta animal 4. Digestibilidade 5. Floculação
6. Forragem 7. Gado nelore - Desempenho 8. Grãos 9. Milho - Processamento
10. Nitrogênio I. Título

CDD 636.291
M357e

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

A minha mãe, Maria Dalva Jesus de Oliveira Marques, que me mostrou o caminho correto da vida, com muita garra e exemplo para enfrentar os desafios impostos sem medir força para ser mãe e pai simultaneamente.

As minhas irmãs, Juliana e Joyce e ao meu amigo e ao mesmo tempo pai da vida, Durval Oliveira, que não negaram esforços para que eu completasse mais essa etapa na minha vida.

Dedico

Ao meu pai, Gutemberg Marques "in memorian", pelos ensinamentos que até hoje são presentes na minha vida e me tornaram forte para enfrentar qualquer dificuldade apresentada na vida.

Aos meus pais que adquiri durante essa etapa e que sempre serão especiais para mim, Valter e Adair Ruocco.

E em especial a minha pequena, Daniele Ruocco, pelo amor, carinho, companheirismo, dedicação e muita paciência que sempre demonstrou e me tornou um homem muito melhor

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Flávio Augusto Portela Santos, pela orientação, confiança, amizade e por despertar o interesse a pesquisa.

Aos professores do Departamento de Zootecnia pelos ensinamentos e momentos de discussão e aprendizados adquiridos durante essa etapa e pelas outras que irão surgir.

Ao Prof. Dr. Gerson Mourão e amigo João Dórea pelas discussões e ajuda nas análises estatísticas do estudo.

Ao meu amigo e professor em todas as horas em que precisei pesquisador Alexandre Pedroso, pela sinceridade, amizade, ensinamentos e ajuda nos momentos mais difíceis, um especial Obrigado.

A minha amiga Daiani Donato por agüentar todos os problemas que trazemos e facilitar nossas vidas, muito obrigado.

A todos os integrantes do grupo Nutribov, Féster, Ratueira, Trancada, Rasga, Mobilet, Biribinha, Rabicó e Umpalumpa que além de me ajudar no referente estudo se tornaram amigos para o resto da vida.

Aos estagiários que hoje são companheiros de pós graduação, Carol Guerra e Alvaro Bispo, pela ajuda nos experimentos.

Aos amigos de pós graduação Lucas Chagas (Paraíba), Fernanda Lopes, Marina Danés (Uruk), João Dórea (Baiano), Vinicius (Goiano), Cristiane Sitta, Sakudida, Conçolo e Mariana Peres, pelos grandes momentos de discussões e diversões.

Ao meu amigo e companheiro de campo, Sr Laureano Alves da Silva, pelo apoio, ajuda, ensinamentos de vida e de campo.

Ao funcionário do Laboratório de Bromatologia Carlos César Alves, pela ajuda e paciência durante as análises laboratoriais.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia pela colaboração para realização desse trabalho.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade da realização do curso de pós-graduação.

À Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de estudo concedida.

Às empresas Alltech do Brasil Ltda e Nutron, pelo apoio técnico e financeiro oferecido;

E a todos que diretamente e indiretamente contribuíram com a minha formação e condução dessa etapa na minha vida.

MUITO OBRIGADO

“Consulte não a seus medos, mas a suas esperanças e sonhos. Pense não sobre suas frustrações, mas sobre seu potencial não usado. Preocupe-se não com o que você tentou e falhou, mas com aquilo que ainda é possível a você fazer”.

Papa João XXIII

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 DESENVOLVIMENTO.....	19
2.1 Revisão Bibliográfica	19
2.1.1 Propriedades do amido de grãos de cereais	19
2.1.2 Métodos de processamentos	23
2.1.3 Efeitos do processamento de grãos no sítio de digestão do amido	29
2.1.4 Processamentos de grãos e desempenho animal.....	32
3 MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 Local experimental.....	39
3.2 Delineamento experimental	39
3.3 Rações experimentais e manejo alimentar	40
3.4 Colheita e análise bromatológica dos ingredientes	42
3.5 Coleta de fezes e determinação do teor de amido fecal e digestibilidade do amido	43
3.6 Coleta de dados após o abate.....	43
3.7 Cálculo de energia líquida das rações.....	44
3.8 Análise dos dados	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1 Desempenho e Características de carcaça.....	49
5 CONCLUSÕES.....	61
REFERÊNCIAS.....	63

RESUMO

Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação na terminação de tourinhos Nelore

Foram utilizados 116 tourinhos da raça Nelore (373 Kg) distribuídos aleatoriamente em 20 baias, com o objetivo de comparar dietas com níveis crescentes de bagaço de cana de açúcar (0, 3, 6% da MS) com grãos de milho inteiro do tipo duro ou *flint* (69,5% de vitreosidade). Também foi incluso um tratamento com maior teor de proteína bruta por meio da adição de nitrogênio de liberação lenta (Optigen®) e um quinto tratamento com milho floculado, ambos com 6% de bagaço. Os dados foram analisados em delineamento em blocos completos ao acaso, análises de regressão foram realizadas para os tratamentos que continham níveis crescentes de forragem e aplicação de contrastes ortogonais entre os tratamentos com milho inteiro com 6% de forragem. Nas dietas com milho inteiro a inclusão de bagaço na dieta, aumentou a IMS (ingestão de matéria seca) de forma quadrática ($P < 0,05$), aumentou o GPD (ganho de peso diário), o PF (peso corporal final) e o PCQ (peso de carcaça quente) de forma linear ($P < 0,05$), mas não teve efeito ($P > 0,05$) na eficiência alimentar (GPD/IMS). O aumento do teor de proteína da dieta com a adição de fonte de nitrogênio de liberação lenta não melhorou ($P > 0,05$) o desempenho dos animais alimentados com grãos inteiro de milho. A floculação do milho melhorou ($P < 0,05$) de forma significativa o desempenho dos animais em comparação ao uso de grãos de milho inteiro. Em comparação com a dieta contendo grãos de milho inteiro sem bagaço, a floculação não alterou a IMS, mas aumentou o GPD, o PF, o PCQ e a eficiência alimentar dos animais. Em comparação com a dieta contendo grãos de milho inteiro e 6% de bagaço, a floculação reduziu ($P < 0,05$) a IMS, não alterou ($P > 0,05$) o GPD, o PF, e as características de carcaça, mas aumentou ($P < 0,05$) a eficiência alimentar dos animais. A inclusão de bagaço com milho inteiro, assim como a inclusão de fonte de nitrogênio de liberação lenta, não afetaram ($P > 0,05$) os teores observados de energia das dietas. No entanto, a floculação aumentou ($P < 0,05$) de forma expressiva o teor de energia da dieta em comparação com o milho inteiro com ou sem bagaço na dieta. A inclusão de bagaço resultou em redução linear ($P < 0,10$) no teor de amido fecal e conseqüente aumento na DTA (digestibilidade total do amido) e na estimativa de energia líquida dos grãos de milho inteiro. A floculação reduziu ($P < 0,05$) os teores de amido fecal e por conseqüência, aumentou ($P < 0,05$) a digestibilidade do amido no trato digestivo total e a estimativa de energia líquida dos grãos de milho. As características de carcaça não foram afetadas ($P > 0,05$) pelos tratamentos e a incidência de abscessos hepáticos foi insignificante. Com base nos resultados conclui-se que a inclusão de forragem em dietas com milho inteiro melhora o desempenho dos animais e a digestibilidade do amido. A floculação do milho do tipo *flint* propicia maior energia nas dietas e maior eficiência alimentar dos animais. Tourinhos Nelore não respondem ao aumento no teor de proteína bruta da dieta com a inclusão de nitrogênio de liberação lenta.

Palavras-chave: Confinamento; Nitrogênio de liberação lenta; Processamento de milho; Amido

ABSTRACT

Effects of various forage levels in feedlot diets containing whole corn grains and the benefits of corn flaking for finishing Nellore bulls

One hundred sixteen yearling Nellore bulls (373 kg IBW) were allotted randomly to 20 pens in order to compare diets with increasing sugarcane bagasse levels (0, 3, 6% DM) and whole flint corn grains (69,5% vitreousness). A treatment with higher crude protein level containing a slow release urea source (Optigen®) and another containing steam flaked corn, both with 6% bagasse, were also included. The data were analyzed in randomized block design, regression analysis was performed for the treatments that contained various levels of forage and application of orthogonal contrasts between treatments with 6% of forage and whole corn against treatments with 6% of forage with addition of slow-release nitrogen source and against steam flaked corn with 6% of forage. Bagasse inclusion to diets containing whole corn quadratically ($P < 0,05$) increased dry matter intake (DMI) and linearly ($P < 0,05$) increased average daily gain (ADG), final body weight (FBW) and hot carcass weight (HCW) but didn't affect ($P > 0,05$) feed efficiency (ADG/DMI). Increasing diet protein level with inclusion of slow release urea didn't improve ($P > 0,05$) the performance of animals fed whole corn. Steam flaking corn significantly improved ($P < 0,05$) performance compared to whole corn. Compared to the whole corn and no bagasse diet, steam flaked corn didn't affect DMI but increased ADG, FBW, HCW and feed efficiency. In relation to the whole corn and 6% bagasse diet steam flaking corn decreased DMI, didn't affect ADG, FBW and carcass parameters and increased feed efficiency. Bagasse inclusion to whole corn diets as well as slow release urea source didn't affect diets' observed energy concentration. However, steam flaking corn expressively increased diet energy content compared to whole corn, with or without bagasse. Bagasse inclusion resulted in linear decrease ($P < 0,10$) on fecal starch concentration with increase on total starch digestibility (TSD) and increase on whole corn grains estimated net energy levels. Corn flaking decreased fecal starch concentration and as a consequence increased total tract starch digestibility and estimated corn grains net energy levels. Liver abscess incidence was negligible. Trial results lead to the conclusion that roughage inclusion to whole corn grain diets improve animal performance and starch digestibility. Steam flaking of flint corn allows higher energy levels e better feed efficiency. Nellore Bulls not respond to the increase in crude protein diet with the inclusion of slow-release nitrogen.

Keywords: Feedlot; Release urea source; Corn processing; Starch

1 INTRODUÇÃO

O número de animais terminados em confinamento no Brasil ainda é pequeno, estimado em 3,0 milhões de cabeças em 2010 (FNP, 2010). Este número vem crescendo nos últimos anos, amparado no aumento da disponibilidade de grãos e subprodutos gerados com o crescimento significativo da agricultura brasileira.

De maneira geral, grãos de cereais, representam a principal fonte de energia em rações de bovinos de corte terminados em confinamento (HUNTINGTON, 1997; OWENS et al., 1997; SANTOS; MOSCARDINI, 2007). Nos últimos anos tem aumentado o interesse e a viabilidade da inclusão de doses cada vez maiores de grãos nas rações de bovinos confinados em terminação no Brasil em virtude do crescimento expressivo da safra nacional, do custo elevado da energia contida em forragens conservadas e por questões de operacionalidade nos confinamentos de grande porte que vêm crescendo em número no país. Rações com teores mais altos de grãos propiciam ganho de peso mais rápido, melhor conversão alimentar, carcaças com melhor acabamento e rendimento e menores custos operacionais no confinamento, o que pode tornar a atividade mais rentável (PRESTON, 1998; SANTOS et al., 2004; NUNEZ et al., 2008; CARARETO, 2011).

O amido representa de 60 a 70% da composição da maioria dos grãos de cereais (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986), portanto, maximizar o uso deste nutriente é fundamental para se obter alta eficiência alimentar dos animais confinados (THEURER, 1986; HUNTINGTON, 1997; OWENS et al., 1997; OWENS; ZINN, 2005; OWENS; SODERLUND, 2007). A digestibilidade do amido é afetada por vários fatores, principalmente pelo tipo de grão de cereal, pela vitreosidade do grão, pelos teores de amilopectina e de amilose, camada externa dos grânulos, presença de matriz protéica que reveste os grânulos de amido e método de processamento dos grãos.

O processamento dos grãos de cereais visa principalmente aumentar a digestibilidade do amido no trato digestivo e assim aumentar o aproveitamento de energia, o ganho de peso e a eficiência alimentar dos animais (OWENS; ZINN, 2005; SANTOS; PEDROSO, 2010). Tomando o grão de milho como exemplo, a diferença em digestibilidade do amido no trato digestivo total é considerável quando se comparam

formas diferentes de processamento desse grão de cereal. De acordo com Owens e Soderlund (2007) a digestibilidade do amido no trato digestivo total de bovinos de corte em crescimento e/ou terminação é menor para grão inteiro (87,08%), intermediária para grão laminado a seco (91,03%) e maior para grão ensilado úmido (99,25%) e floculado (99,09%). Entretanto, esses dados são encontrados em literaturas internacionais nas quais, a variedade de milho utilizada para alimentação animal é do tipo “dentado”, ou seja, amido de alta digestibilidade, ao contrário do Brasil que na sua maioria utiliza cultivares “duro” ou “flint”, com amido menos digestível. Segundo levantamento da EMBRAPA Milho e Sorgo, 80,6% das sementes de milho disponíveis no mercado são de cultivares duros ou semi-duros, sendo que as variedades dentadas representam apenas 5% dos materiais disponíveis (EMBRAPA, 2007).

Outro fator para ser avaliado é o tipo de animal utilizado, ao contrário dos Estados Unidos, no Brasil predominam os animais zebuínos, cuja eficiência em utilizar rações ricas em amido tem sido questionada (BOIN et al., 2004).

Tradicionalmente, forragens são incluídas em dietas formuladas nos confinamentos americanos, mas em pequenas quantidades entre 0 a 13,5 % na MS da ração total (OWENS, 2008) para manter o rúmen saudável e diminuir incidência de desordens digestivas tais como acidose, abscessos hepáticos e laminites (NAGARAJA; LENCHTENBERG, 2007). Por outro lado, para rações formuladas em confinamentos brasileiros, a inclusão média de forragens é de 28,8% na MS da dieta total (entre 12 a 45%) (MILLEN, et al., 2009). Inclusões altas de forragens em dietas de terminação economicamente não são competitivas quando comparada com grãos e reduz a energia líquida de ganho, aumenta o custo por unidade de EM e dificulta o manejo e gerenciamento em confinamentos comerciais (BRITON; STOCK, 1987; ZINN; WARE, 2007).

Desta forma, estudos para reduzir ou eliminar as forragens das dietas de terminação, utilizaram grão de milho inteiro como fonte de amido na dieta total. O não processamento deste ingrediente possibilita baixas taxas de passagem e menor degradação ruminal do amido quando comparado com o milho floculado e o milho com alta umidade (BRITTON; STOCK, 1987).

Ainda são escassos trabalhos com a eliminação total das forragens em dietas de confinamentos americanos e brasileiros. No entanto, poucos estudos avaliaram a inclusão de grãos de milho inteiro na dieta total de animais da raça Nelore alimentados em sistema de confinamento comparado com grãos de milho processado. Com isso, os objetivos desse trabalho são avaliar o desempenho, características de carcaça e o valor energético de rações contendo variações no nível de inclusão de forragem associadas a grãos de milho inteiro, o benefício da floculação e o aumento da proteína bruta com a adição de nitrogênio de liberação lenta na terminação de tourinhos Nelore.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 Propriedades do amido de grãos de cereais

O amido é um polissacarídeo com função de reserva de energia para os vegetais e atualmente de 70-80% da energia calórica consumida pela população mundial provém do amido (WEBER et al., 2009). É obtido de sementes de cereais como o milho, o trigo, o arroz, o sorgo, a cevada e a aveia dentre outros, assim como de tubérculos e raízes, particularmente de batata, batata-doce e mandioca. A molécula de amido é composta por dois tipos principais de moléculas: a amilose e a amilopectina. A amilose é um polímero linear com ligações alfa 1,4 entre as suas unidades de glicose. A proporção de amilose no amido pode variar de 0 até 80%, dependendo da espécie e das variações genéticas dentro das espécies. Grãos que são utilizados na alimentação animal apresentam de 20 a 30% de amilose, já os cereais cerosos apresentam reduzida ou nenhuma quantidade de amilose. A amilopectina é um polímero maior e ramificado, com cadeias lineares de D-glicose (alfa 1,4) e com pontos de ramificações (alfa 1,6) a cada 20 a 25 moléculas de glicose. A amilopectina é o principal constituinte do milho, da cevada e do sorgo, segundo na maioria dos cereais há pelo menos de 70 a 80% do amido de amilopectina (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

As moléculas de amilose e amilopectina são mantidas unidas através de pontes de hidrogênio, resultando em grânulos de amido com estrutura altamente organizada (NOCEK; TAMMINGA, 1991). Cada espécie vegetal produz grânulos de amido com determinadas características, como tamanho, forma e propriedades. Os grânulos são pseudo-cristais que possuem regiões cristalinas e amorfas, as quais podem influenciar na utilização do amido. A região cristalina, também chamada de micelar, é organizada e composta principalmente de amilopectina. Já a região amorfa é rica em amilose e apresenta menor densidade que a área cristalina (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

A função exata da amilose no grânulo de amido é desconhecida. Materiais cerosos quando são aquecidos em água incham mais que os não cerosos, indicando que a amilose tem papel de restringir o inchaço do grânulo. Segundo Rooney e Pflugfelder (1986), é possível que as moléculas de amilose orientem elas mesmas dentro dos cristais de amilopectina, promovendo aumento das ligações de pontes de hidrogênios intermoleculares, o que poderia ser fator limitante ao inchaço do grânulo e a hidrólise enzimática.

Os grânulos de amido sofrem processo chamado de gelatinização quando há perda irreversível de sua estrutura nativa 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 por exemplo, agentes térmicos, mecânicos, químicos ou então por possíveis combinações entre os mesmos. Durante a gelatinização os grânulos absorvem água, incham, expõem parte da amilose e tornam-se mais susceptíveis à degradação enzimática (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

A retrogradação pode ser considerada o oposto da gelatinização, ou seja, é a reassociação das moléculas de amido que foram separadas durante a gelatinização. São formadas pontes de hidrogênio entre a amilose e parte da amilopectina, porém o amido que passa por este processo não tem a característica pseudo-cristalina do amido in natura. O grau de retrogradação depende de vários fatores, como a estrutura da amilopectina e da amilose, umidade do grão, temperatura, agentes atuantes em ligações, como lipídios, e a concentração de amido. O grão pode ter sua digestibilidade diminuída quando passa por este processo (FRENCH, 1984; ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

A digestibilidade do amido é afetada por vários fatores, principalmente tipo de grão de cereal, a vitreosidade do grão, os teores de amilopectina e de amilose, presença de matriz protéica revestindo os grânulos de amido e método de processamento dos grãos. Em ordem de digestibilidade do amido, têm-se os grãos de aveia, trigo, cevada, milho e sorgo. As proteínas dos grãos de aveia, trigo e cevada, não se apresentam formando matrizes protéicas intensas ao redor dos grânulos de amido, o que confere alta digestibilidade ao amido destes cereais. No caso do milho e

principalmente do sorgo, existe a presença de intensa matriz protéica revestindo os grânulos de amido, o que limita a ação das enzimas amilolíticas tanto no rúmen quanto nos intestinos. Processamentos pouco intensos, como a quebra, a moagem grosseira ou laminação são suficientes em grãos como aveia, trigo e cevada. Entretanto, no caso do milho e do sorgo, são requeridos métodos mais intensos de processamento para romper as matrizes protéicas e otimizar digestão do amido.

Nas principais regiões produtoras de milho do mundo, o milho cultivado é quase em sua totalidade do tipo dentado (*Dent - Zea mays ssp. Indentata*) enquanto o milho cultivado no Brasil é predominantemente do tipo duro (*flint - Zea mays ssp. Indentura*) (CORREA et al., 2002). Grãos de milho do tipo dentado possuem amido mole e poroso e têm baixa densidade. Com a perda de umidade do grão, durante o processo de maturação fisiológica da planta, o endosperma farináceo e macio reduz o seu volume mais do que as camadas duras no lado do endosperma, assim se origina a indentação, pelo enrugamento do endosperma no topo da semente (Figuras 1 e 2). Grãos do tipo duro (ou *flint*) têm endosperma duro ou cristalino ocupando quase todo o seu volume e baixa proporção de endosperma farináceo. A vitreosidade é definida como a proporção de endosperma duro (vítreo) com relação ao endosperma total, grãos duros têm alta vitreosidade e densidade.

Figura 1 - Milho dentado

Figura 2 – Milho *flint*

Figuras 1 e 2 - Milho dentado com indentação típica no topo do grão e endosperma farináceo (1) e milho duro (*flint*) com topo do grão arredondado e alta proporção de endosperma vítreo (2)

A dureza do endosperma é determinada pela composição protéica do grão. Os grânulos de amido dentro das células estão envoltos por uma matriz protéica. A densidade da matriz varia com a localização da célula no grão. A matriz é esparsa e fragmentada no endosperma farináceo, densa e bem desenvolvida na região vítrea. Na porção farinácea os grânulos de amido estão mais acessíveis ao ataque enzimático. A interação com a proteína pode reduzir a susceptibilidade do amido à hidrólise enzimática, reduzindo a digestibilidade deste carboidrato. (HARMON; TAYLOR, 2005).

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. 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, 48,2, oscilando de 34,9 a 62,3. O híbrido brasileiro menos vítreo teve maior vitreosidade que o mais vítreo dos Estados Unidos.

A correlação entre vitreosidade e degradabilidade ruminal foi negativa e alta (Gráfico1), e teve comportamento bem semelhante ao observado por pesquisadores franceses trabalhando com outra população de plantas (PHILIPPEAU; MICHALET-DOUREAU, 1998).

Gráfico 1 - Vitreosidade do grão e disponibilidade ruminal do amido avaliada *in situ* em híbridos norte americanos (♦) e três brasileiros (●). Disponibilidade = $108.2 - 0,7605 \times \text{Vitreosidade}$. $R^2 = 0,87$. Disponibilidade (% do amido) = $A + B [K_d / (K_d + K_p)]$. K_p de 0,08/h. Fonte: Adaptado de Correa et al. (2002)

Sendo assim, o valor energético dos cultivares de milho duro (*flint*), utilizados no Brasil, deve ser inferior aos valores tabulares do National Research Council - NRC (1996) gerados a partir de estudos com milho dentado nos Estados Unidos. Além disso, é esperado que cultivares de milho duro, como os cultivados no Brasil, apresentem respostas positivas maiores aos métodos mais intensos de processamento de grãos que os cultivares de milho dentado.

2.1.2 Métodos de processamentos

O processamento de grãos na alimentação animal tem sido praticado pelo homem há vários anos e sua finalidade é melhorar o aproveitamento de alguns alimentos pelos ruminantes, principalmente os bovinos (HALE, 1973; ORSKOV, 1986). Há diversas maneiras de processar os grãos, segundo Hale (1973), os métodos são

classificados em processamentos a seco e úmidos. Desta forma quebrar, moer, tostar e peletizar são exemplos de processamentos a seco, e ensilar grão com alta umidade, flocular, explodir e cozer sob pressão são práticas úmidas.

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 as rações típicas continham ao redor de 91% de concentrado e que todo o milho utilizado nas rações sofria algum tipo de processamento, sendo os mais comuns a floculação (65,52%), a ensilagem do grão com alta umidade (13,79%) e a laminação a seco (13,79%). Millen et al. (2009) utilizaram protocolo semelhante de pesquisa com nutricionistas brasileiros. De acordo com esse levantamento as rações típicas utilizadas nos confinamentos brasileiros continham em média 71,2% de concentrado. Com isso, 59,1% dos nutricionistas responderam que incluíam entre 51 a 80% de grãos de cereais nas rações. Para 79,3% dos nutricionistas entrevistados o milho era a primeira opção de grão de cereal, enquanto o sorgo era a primeira opção para 20,7% dos nutricionistas. O método de processamento de grãos mais utilizado era a moagem fina, adotada como primeira opção por 54% dos nutricionistas, enquanto 38,7% dos nutricionistas utilizavam a quebra do grão e 6,5% utilizavam a moagem grosseira como primeiras opções de processamento.

2.1.2.1 Moagem ou laminação a seco

A moagem é realizada em moinho do tipo “martelo” 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, o que depende da malha da peneira utilizada durante o processamento.

O moinho de rolo ou laminador contém um, dois ou três pares de rolos ondulados e moldados, que 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.

Quando se refere a milho moído fino, normalmente trata-se de material com tamanho médio de partículas igual ou inferior a 1,2mm. No caso de milho moído grosso ou laminado o tamanho médio varia normalmente de 2 a 4mm.

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

2.1.2.2 Ensilagem de grão úmido

Nos Estados Unidos a silagem de grãos úmidos é utilizada em diversos confinamentos. De acordo com levantamento realizado nas edições do Journal of Animal Science entre os anos de 1910 a julho de 2010, o primeiro trabalho comparando milho de alta ou baixa umidade foi no ano de 1958 (BEESON; PERRY, 1958). No Brasil, segundo Kramer e Voorsluys (1991) esta técnica foi introduzida no início da década de 80, no estado do Paraná, inicialmente na alimentação de suínos e mais tarde utilizada na alimentação de bovinos leiteiros e de corte, porém os primeiros trabalhos científicos são da década de 90 (JOBIM, 1996; JOBIM et al., 1997, 1999).

A ensilagem de grãos úmidos consiste na colheita dos grãos logo após a maturação fisiológica (MADER et al., 1983), ocasião em que apresentam teor de umidade ao redor de 28%, processamento ou não dos grãos e armazenamento anaeróbio. A maturação fisiológica caracteriza-se pelo momento em que cessa a translocação de nutrientes da planta para os grãos, determinado pela ocorrência da camada preta na base dos mesmos (TOLEDO, 1980; COSTA et al., 2002). Por outro lado, Jobim et al. (2001) trabalharam com cultivares nacionais de milho e sugeriram que o ponto ideal de colheita é quando os grãos apresentarem de 32 a 35% de umidade. A tecnologia de ensilagem de grãos deve seguir o mesmo princípio (fermentação anaeróbica) daquela utilizada para conservação de qualquer forrageira. Devem-se

tomar todos os cuidados em relação à colheita, ao carregamento, vedação e posterior descarregamento no silo (JOBIM et al., 2001). Em silos especiais com exaustão do oxigênio o milho pode ser ensilado inteiro, já em silos trincheiras ou de lona, o material normalmente é moído ou laminado antes de ser ensilado.

Segundo Jobim et al. (2001), esta técnica de armazenamento pode contribuir na solução de graves problemas relacionados com o armazenamento dos grãos nas fazendas, onde normalmente ocorrem perdas qualitativas e quantitativas em função do ataque de insetos e ratos. Outra vantagem seria a antecipação da retirada da cultura na área plantada, permitindo melhor aproveitamento da área e favorecendo a rotação de culturas.

O milho e o sorgo ensilados com alta umidade apresentam amido com maior digestibilidade no rúmen, intestinos e trato digestivo total que os mesmos materiais moídos ou laminados a seco. O aumento na digestibilidade do amido ocorre em virtude principalmente da solubilização da matriz protéica dos grãos por ação de enzimas proteolíticas microbianas (OWENS; SODERLUND, 2007).

2.1.2.3 Floculação

A floculação de milho e sorgo teve início oficialmente nos EUA no ano de 1962, com experimento de campo conduzido em confinamento comercial por John Matsushima, ex-professor da universidade do Colorado (MATSUSHIMA, 2007). O primeiro trabalho publicado no Journal of Animal Sciences sobre floculação de sorgo e cevada foi em 1966 (HALE et al., 1966).

A floculação é um processo intenso que exige maior controle de qualidade que outros processamentos como a moagem e a laminação a seco. 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 absorve água chegando de 18 a 20% de umidade e em seguida é floculado entre os rolos pré-aquecidos e ajustados para se obter 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 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 360g/l (ZINN, 1990; REINHARDT et al., 1997; SWINGLE et al., 1999; THEURER et al., 1999; BROWN et al., 2000a; ZINN, et al., 2002; HALES et al., 2010). 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. Zinn, et al. (2002) revisaram 64 trabalhos e determinaram a relação entre densidade do floco e a porcentagem da digestão ruminal e total do amido (DRA e DTA), (Gráficos 2 e 3).

Gráfico 2 - Relação entre densidade final do floco e digestão ruminal do amido
(Adaptado de ZINN et al., 2002)

Gráfico 3 – Relação entre a densidade final do floco e digestão do amido no trato total (DTA) (Adaptado de ZINN et al., 2002)

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

Huntington (1997) revisou trabalhos publicados entre os anos de 1986 a 1995 que apresentavam os coeficientes de digestibilidade do amido de grãos de milho e de sorgo submetidos a vários métodos de processamento para vacas leiteiras, garrotes e novilhas de corte. De acordo com sua revisão tanto milho quanto sorgo apresentaram valores menores de digestibilidade do amido no rúmen e no trato digestivo total quando foram laminados a seco em comparação com grãos floculados ou ensilados úmidos. Quando o método de processamento foi a laminação a seco, a digestibilidade do amido tanto no rúmen quanto no trato digestivo total, foram maiores para o milho que para o sorgo. A floculação praticamente eliminou as diferenças entre sorgo e milho quanto à digestibilidade do amido no trato digestivo total.

Owens e Soderlund (2007) compilaram dados de experimentos publicados entre 1990 e 2006 sobre processamento de grãos, nos quais a digestibilidade do amido do milho nos diferentes compartimentos do trato digestivo foi medida em garrotes de corte (Tabela 1).

Tabela 1 – Influência do processamento dos grãos de milho na digestão do amido e da fibra nos diferentes compartimentos do trato digestivo de bovinos de corte em confinamento (% do nutriente que entra no compartimento)

	Milho Inteiro	Milho Laminado seco	Silagem de milho úmido	Milho Floculado
Digest. amido rúmen, %	68,34 ^b	63,80 ^b	86,55 ^a	84,05 ^a
Digest. amido Int. delgado, %	64,64 ^b	58,83 ^b	94,86 ^a	92,48 ^a
Digest. amido Int. grosso, %	32,09 ^{ab}	56,32 ^a	24,80 ^b	20,47 ^b
Digest. amido Rum + I.delg., %	86,60 ^{ab}	83,67 ^b	99,07 ^a	98,48 ^a
Digest. amido ID + IG, %	52,99 ^c	72,16 ^b	93,10 ^a	94,33 ^a
Digest. amido Trato Dig. Total, %	87,08 ^c	91,03 ^b	99,25 ^a	99,09 ^a
Digest. FDN rúmen, %	33,43 ^{bc}	48,07 ^a	18,48 ^d	27,71 ^c
Digest. FDN ID + IG, %	2,43	9,95	15,50	19,89
Digest. FDN Trato Dig. Total, %	38,10 ^{cd}	50,83 ^a	34,27 ^d	44,39 ^{bc}

Fonte: Adaptado de Owens e Soderlund (2007)

Quando o milho é fornecido inteiro sem processamento ou laminado, a digestibilidade do amido diminui à medida que passa pelos compartimentos do trato digestivo, ou seja, é maior no rúmen, intermediária no intestino delgado e inferior no intestino grosso. Já 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.

Conforme apresentado na Tabela 1, o processamento mais intenso 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. Em bovinos de corte alimentados com silagem de milho úmido ou com milho floculado, ao redor de 85% da digestão total do amido ocorre no rúmen. A explicação para o melhor desempenho dos animais quando alimentados com grãos de milho e de sorgo processados mais intensamente é que a digestibilidade total do amido é maior, o que leva a maior aporte de energia para o animal, compensando as perdas ruminais por metano e calor. Outro fator que pode contribuir para o melhor desempenho, principalmente no caso de animais jovens, é o aumento da síntese de proteína microbiana no rúmen e conseqüente maior fluxo de proteína metabolizável para o intestino.

Do ponto de vista energético a digestão do amido no intestino delgado é 42% mais eficiente que a digestão ruminal em virtude da redução nas perdas de energia, resultante da ausência de produção de metano e menor produção de calor (OWENS et al., 1986). Grãos de milho não processados (inteiro) ou pouco processados (quebrado, laminado ou moído grosso) apresentam menor digestão ruminal do amido que materiais mais processados, o que resulta em passagens de quantidades significativas de amido para o intestino delgado. O que poderia se constituir em vantagem energética para esses métodos de processamento acaba não ocorrendo em virtude da baixa digestibilidade do amido no intestino delgado, de apenas 64,64% para milho inteiro e 58,83% para o milho laminado (Tabela 1). Isso resulta em passagem de

quantidades significativas de amido para o intestino grosso, onde a digestibilidade são mais baixas ainda e com mais perdas energéticas, uma vez que a proteína microbiana formada no intestino grosso é toda excretada nas fezes. O resultado final é a baixa digestibilidade do amido no trato digestivo total com grãos inteiros ou pouco processados.

De acordo com simulação feita por Huntington et al. (2006), aumentar a passagem de amido para ser digerido no intestino delgado de bovinos será energeticamente mais eficiente desde que a digestibilidade do amido que chega ao intestino delgado seja de no mínimo 75%. De acordo com esses autores, valores de digestibilidade do amido de grãos de milho ou sorgo no intestino delgado dessa magnitude só são observados quando o consumo de amido é baixo ou quando o animal é alimentado com grãos ensilados úmido ou floculado.

Em bovinos de corte em confinamento, a digestibilidade do milho ensilado úmido ou floculado no intestino delgado é de 92 a 95% (Tabela 1) conforme compilado por Owens e Soderlund (2007). Com base na simulação feita por Huntington et al. (2006), animais alimentados com silagem de milho úmido ou com milho floculado, poderiam se beneficiar da maior passagem desse amido de alta digestibilidade para o intestino delgado. Owens e Zinn (2005) simularam os efeitos de aumentar em 20% a passagem para o intestino delgado de amido de milho laminado a seco ou floculado. Teoricamente, aumentar em 20% a passagem para o intestino delgado de milho laminado resultou em redução da eficiência energética. Por outro lado, aumentar em 20% a passagem para o intestino delgado de milho floculado ou ensilado úmido aumentou o suprimento de energia absorvível para o animal em 2,4 e 4,5% respectivamente. É óbvio que essa vantagem teórica só se concretiza caso essa energia extra seja convertida em peso extra de carcaça quente do animal. Ainda é pouco sabido para onde vai a glicose que desaparece no intestino delgado do animal, ou seja, se ela é ou não utilizada para fins produtivos pelo animal. Tem intrigado os nutricionistas o fato de parte da glicose que desaparece do intestino delgado não ser recuperada na veia porta (HUNTINGTON et al., 2006). Isto pode ocorrer em virtude de fermentação microbiana de glicose no intestino delgado, uso de glicose pelos tecidos viscerais (HUNTINGTON et al., 2006) ou conversão direta ou indireta da energia da

glicose em gordura omental (MCLEOD; HARMON, 2007). De acordo com Owens e Soderlund (2007), caso a glicose extra, absorvida com a maior passagem de amido de alta digestibilidade para o intestino seja utilizada para síntese de gordura omental, a qual não contribui para aumento do peso de carcaça quente, pois é removida durante a limpeza no frigorífico, não haverá vantagem produtiva para o sistema ainda que haja menor produção de metano e calor durante a fermentação ruminal.

2.1.4 Processamentos de grãos e desempenho animal

2.1.4.1 Processamento a seco – moagem e laminação

A laminação a seco do milho, a quebra ou moagem grosseira em moinho de martelo parece não resultar em melhor desempenho animal quando comparado com o fornecimento do milho inteiro (OWENS et al., 1997; GOROCICA-BUENFIL; LOERCH, 2005). Nesse caso o uso de grão de milho inteiro pode ser vantajoso, pois permite trabalhar com níveis mínimos de forragem ou até mesmo sem forragem com base na dieta total.

Utley e McCormick (1975) compararam rações contendo milho quebrado com 20% de casca de amendoim como fonte de volumoso na dieta total contra dieta contendo milho inteiro e sem volumoso. O consumo de MS foi menor na dieta com milho inteiro (11,95 x 8,49 kg/cab/dia), o GPD também foi menor (1,42 x 1,16 kg/cab), mas a eficiência alimentar (GPD/CMS) foi maior com grão inteiro sem volumoso (0,119 x 0,136).

Traxler et al. (1995) compararam rações contendo milho inteiro sem volumoso com rações contendo milho quebrado com 40% de volumoso na fase de crescimento e 15% de volumoso na fase de terminação. Os animais alimentados com grão inteiro de milho apresentaram menor consumo de MS, GPD similar e maior eficiência alimentar que os animais alimentados com milho quebrado e volumoso.

Gorocica-Buenfil e Loerch (2005) compararam o desempenho de bovinos confinados com rações que continham grãos de milho inteiros ou quebrados com 5 ou 18% de silagem de milho na MS da dieta total. O GPD (1,75 kg/cab) e a eficiência

alimentar (0,193 kg de GPD por kg de MS ingerida) dos animais não diferiu entre os tratamentos.

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 resulta em melhor GPD e eficiência alimentar de tourinhos Nelore que a laminação seco (PEDROSO et al., 2010; CARARETO, 2011).

Trabalhos sobre o grau de moagem dos grãos de sorgo seco para bovinos confinados não foram encontrados na literatura revisada. Com base nos dados de digestibilidade do amido do grão de sorgo e da intensa matriz protéica presente no endosperma do grão a moagem fina é preconizada em relação à moagem grosseira ou à laminação a seco.

Quando ambos os grãos são laminados a seco, o sorgo tem 90% do valor energético do milho dentado americano (2,94 x 3,26 Mcal de EM/kg MS respectivamente), conforme dados compilados por Owens et al. (1997).

Foram compilados 5 trabalhos onde sorgo e milho laminados foram comparados para bovinos de corte em terminação (Tabela 2).

Tabela 2 – Superioridade do milho laminado em relação ao sorgo laminado a seco na dieta de bovinos em terminação

Referência	Teor de concentrado % da MS	Variação CMS, %	Variação GPD, %	Variação GPD/CMS, %
Stock et al. (1987)	90	-1,9	+5,7	+7,6
Stock et al. (1987)	90	-4,4	+5,1	+9,0
Stock et al. (1990)	100	-4,0	0	+4,8*
Stock et al. (1990)	90	0	+8,5	+9,5*
Stock et al. (1991)	88	-5,5	+14,4	+21,1*
Sindt et al. (1993)	85	-7,7	+1,3	+9,7*
Média	90,5	-3,9	+5,8	+10,3

***significativo ($P<0.05$)**

De modo geral animais alimentados com milho laminado apresentaram menor consumo de MS (-3,9%), maior GPD (+5,8%) e maior eficiência alimentar (+10,3%) que animais alimentados com sorgo laminado.

2.1.4.2 Floculação

De acordo com a revisão de Owens et al. (1997), para bovinos confinados na fase de terminação, a floculação do milho reduziu o CMS em 11,6% (9,45 x 8,35 kg/cab/dia), não afetou o GPD (1,45 x 1,43 kg/cab) e melhorou a eficiência alimentar (GPD/CMS) em 12% em comparação com a laminação a seco. No caso do sorgo a floculação reduziu o CMS em 17% (10,47 x 8,68 kg/cab/dia), não afetou o GPD (1,43 x 1,40 kg/cab) e aumentou a eficiência alimentar (GPD/CMS) em 17,4% em comparação com laminação a seco. Os grãos de sorgo possuem uma matriz protéica envolvendo os grânulos de amido mais intensamente que os grãos de milho e isso resulta em menor digestibilidade do amido do sorgo. Sendo assim é de se esperar que a floculação cause maior incremento no valor energético do sorgo que do milho, fato este confirmado por Owens et al. (1997) que relataram que a floculação aumentou a energia metabolizável do sorgo em 21% (3,56 x 2,94 Mcal/kg MS) e a do milho em 14,4% (3,73 x 3,26 Mcal/kg MS). Segundo Zinn et al. (2002), o NRC (1996) subestima o valor energético do milho floculado e superestima o do milho laminado a seco, pois segundo os autores, 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.

Trabalhos mais recentes também têm confirmado as vantagens da floculação do milho sobre a laminação a seco de forma muito consistente (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito da Floculação do milho no desempenho de bovinos confinados em comparação com a Laminação a Seco (MLS)

Referência	Teor de concentrado % da MS	Variação CMS, %	Variação GPD, %	Variação GPD/CMS, %
Barajas & Zinn (1998)	88	-10,1	+ 8,20	+19,8*
Huck et al. (1998)	85	0	+ 7,70	+8,60*
Brown et al. (2000)	90	-1,2	+17,7	+19,8*
Brown et al. (2000b)	90	0	+ 8,20	+7,80*
Scott et al. (2003)	92,5	0	+ 3,40	+4,30*
Scott et al. (2003)	92,5	0	+ 10,2	+8,40*
Macken et al. (2004)	93	-1,5	+ 15,4	+16,6*
La Brune et al. (2008)	92	-0,9	+ 14,0	+12,1*
Leibovich et al. (2009)	90	- 6,8	+ 1,30	+ 9,0*
Corrigan et al. (2009)	92,5	-8,9	+ 0,60	+11,7*
Média	90,6	- 2,9	+ 8,70	+11,8

***significativo ($P<0.05$)**

O incremento de 11,8% na eficiência alimentar com a floculação é da mesma magnitude que o valor de 12,0% relatado por Owens et al. (1997) com dados publicados entre 1974 e 1995. Entretanto, nos trabalhos revisados por Owens et al. (1997), o fator que determinou a maior eficiência alimentar dos animais alimentados com milho floculado foi a redução de 11,6% no CMS sem alteração do GDP dos animais, ao passo que nos trabalhos mais recentes, compilados na Tabela 3, o fator determinante da maior eficiência alimentar foi o aumento médio de 8,7% no GPD com redução média de apenas 2,9% no CMS. De modo geral, nos trabalhos compilados na Tabela 3, o milho foi floculado dentro de uma faixa de densidade recomendada atualmente para bovinos de corte em terminação entre 310 e 387 g/l (ZINN, 1990; BROWN et al., 2000; ZINN et al., 2002; HALES et al., 2010).

Em todos os trabalhos compilados na Tabela 3 o milho foi o principal concentrado energético da ração, perfazendo entre 64 e 82,5% da MS da dieta total. A

inclusão de co-produtos energéticos na dieta como a polpa cítrica, a casca de soja e o co-produto da extração de amido de milho, comercializado no Brasil com os nomes comerciais de Refinazil ou Promill, reduzem a inclusão de cereais na dieta e por consequência reduzem o teor de amido da ração. A inclusão de co-produtos nas rações de confinamento é prática comum no Brasil. A questão é se o incremento na eficiência alimentar obtido com a floculação em comparação com os processamentos de milho a seco seria reduzido em rações com teores menores de amido que os adotados nos trabalhos compilados na Tabela 3.

Em dois experimentos conduzidos por Scott et al. (2003) com bovinos confinados com rações totais contendo 32% da MS em co-produto de milho (Refinazil ou Promill) na forma úmida, a floculação do milho levou a maior aumento na eficiência alimentar (+6,7% e +10,4%) em comparação ao milho laminado do que quando comparado com rações sem o co-produto de milho (+4,3 e +8,4%). Da mesma forma Macken et al. (2006) relataram que a eficiência alimentar de bovinos confinados com rações contendo 25% de co-produto de milho (Refinazil ou Promill) na forma úmida foi 12% maior quando o milho foi floculado em comparação com o milho laminado, valor similar ao reportado por Owens et al. (1997) e ao valor médio obtido com os dados compilados na Tabela 3.

Leibovich et al. (2009) também não observaram diferença na resposta à floculação em comparação com a laminação a seco, quando as rações continham ou não 15% (% da MS) de grãos de sorgo destilados na forma úmida. Entretanto, no trabalho de Macken et al. (2004) o incremento da floculação em relação à laminação do milho na eficiência alimentar de bovinos confinados foi maior (+16,6% x +8,1%) em rações sem co-produto contendo a fibra do milho (corn bran) que em rações contendo 30% (% da MS) do co-produto. Já Vander Pol et al. (2008) relataram que em rações contendo 30% (% da MS) de grãos úmidos destilados a floculação não aumentou a eficiência de bovinos confinados em comparação com a laminação a seco. Corrigan et al. (2009) relataram que à medida que doses crescentes (0, 15, 27,5 e 40,0% da MS) de grãos úmidos de milho destilado foram incluídos nas rações totais de bovinos em terminação, o incremento na eficiência alimentar causado pela floculação em relação à laminação a seco foi reduzido drasticamente (+11,6%, +9,4%, 0%, e -1,1%

respectivamente). Conforme discutido no item 2.1.4.1, o sorgo quando processado a seco é inferior ao milho também processado ao seco como fonte energética para bovinos confinados. Entretanto, quando ambos os grãos são floculados a diferença de valor energético entre os grãos é menor ou inexistente.

Schake et al. (1976), Brandt et al. (1992) e Huck et al. (1998) relataram que animais alimentados com sorgo floculado apresentaram GPD e eficiência alimentar similares aos de animais alimentados com milho floculado. Em um segundo experimento conduzido por Huck et al. (1998) e no estudo conduzido por Zinn (1991) o milho floculado foi superior ao sorgo floculado.

2.1.4.3 Silagem de grãos úmidos

Nos últimos anos tem crescido no país a utilização de silagem de grãos úmidos de milho na alimentação de ruminantes. O efeito benéfico desta forma de processamento na digestibilidade ruminal, intestinal e total do amido em comparação à moagem ou laminação a seco é consistente na literatura revisada (HUNTINGTON, 1997; OWENS; SODERLUND, 2007). Entretanto, os resultados de desempenho animal apresentam grande inconsistência com este método de processamento de grãos. De acordo com os dados revisados por Owens et al. (1997), a ensilagem de milho ou sorgo úmido não melhorou o desempenho de bovinos em terminação de forma consistente em comparação com a laminação a seco. Em parte, isto se deve à variação no teor de umidade das silagens de grãos, uma vez que materiais ensilados com teores de umidade inferiores a 24% podem resultar em desempenho animal inferior ao obtido com grãos processados a seco (OWENS; ZINN, 2005).

Trabalhos americanos onde se comparou a ensilagem de grãos úmidos em relação à laminação a seco para bovinos em confinamento, publicados a partir de 1995 (não incluídos na revisão de Owens et al. (1997)) foram compilados na Tabela 4. Em todos esses trabalhos, o teor de umidade dos grãos ensilados variou de 28 a 35%. Nos trabalhos de Ladely et al. (1995) os grãos úmidos de milho foram moídos enquanto nos demais experimentos os grãos foram laminados e então foram ensilados.

Tabela 4 - Efeito da ensilagem de milho úmido de milho no desempenho de bovinos confinados em comparação com a laminação a seco

Referência	Teor de concentrado, % da MS	Variação em CMS, %	Variação em GPD, %	Variação em GPD/CMS, %
Ladely et al. (1995)	90,0	-15,8	0	+17,7*
Ladely et al. (1995)	90,0	-6,2	+2,6	+11,3*
Huck et al. (1998)	90	-3,8	-1,1	+3,4
Scott et al. (2003)	92,5	-6,6	-2,0	+5,0*
Scott et al. (2003)	92,5	-0,9	+0,5	+1,8
Corrigan et al. (2009)	92,5	-9,9	+1,2	+12,3
<i>Média</i>	<i>91,2</i>	<i>-7,2</i>	<i>+1,2</i>	<i>+8,6</i>

Nos experimentos conduzidos no Brasil com milho *flint*, a ensilagem de milho úmido reduziu a IMS e aumentou o GPD dos animais em comparação com o milho moído fino (Tabela 5). O aumento na eficiência alimentar relatado nos trabalhos nacionais com a ensilagem de milho úmido em comparação com o moído fino é maior que a relatada nos trabalhos americanos que compararam o milho ensilado úmido com o milho laminado. Isso pode ter ocorrido em virtude do milho *flint* usado no Brasil, com amido menos digestível que o do milho dentado americano.

Tabela 5 - Efeito da ensilagem de milho úmido no desempenho de bovinos confinados em comparação com a moagem fina (dados nacionais)

Referência	Teor de concentrado, % da MS	Variação em CMS, %	Variação em GPD, %	Variação em GPD/CMS, %
Silva et al., (2007)	60	-18	-1	+17,24
Henrique et al. (2007)	88	-1,77	+7,14	+6,25
Henrique et al. (2007)	80	-3,6	+5,48	+5,5
Costa et al. (2002)	60	-6,5	+7,89	+15,4
<i>Média</i>	<i>72</i>	<i>-7,46</i>	<i>+ 4,87</i>	<i>+ 13,72</i>

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local experimental

O experimento foi conduzido nas instalações do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), em Piracicaba-SP, no período de 18 de setembro a 12 de dezembro de 2010, totalizando 86 dias de período experimental após a adaptação dos animais às rações.

Foram utilizados 116 tourinhos da raça Nelore com peso médio inicial de 373 kg e 24 meses de idade. Os animais receberam dose de vermífugo (Albendazol), vitamina ADE (Valle®) e vacina contra *clostridioses* (Sintoxan®) no primeiro dia do período experimental.

Foram utilizadas 20 baias de 32 m² cada (4x8m), providas de piso de concreto com 60% da área coberta, 4 metros lineares de cocho e 1 bebedouro por baia.

3.2 Delineamento experimental

Foi adotado o delineamento em blocos completos aleatorizados, com o objetivo de comparar o efeito do uso de teores crescentes de bagaço de cana-de-açúcar (0, 3 e 6% da MS) em dietas contendo grãos de milho inteiro do tipo “flint” para tourinhos da raça Nelore em terminação. Também foi avaliada a inclusão de fonte de nitrogênio não protéico de liberação lenta no rúmen (Optigen®) para elevar o teor de proteína da dieta com 6% de bagaço. Um quinto tratamento foi incluído para avaliar o efeito da floculação do milho no desempenho e características de carcaça dos animais.

Os animais foram distribuídos nos blocos de acordo com o peso corporal inicial, visando compor unidades experimentais (baias) com peso inicial semelhante dentro de cada bloco. A cada 5 baias, formou-se 1 bloco, totalizando 4 blocos e 20 baias com 6 animais cada. A blocagem foi realizada após o período de adaptação dos animais às rações experimentais e os tratamentos foram dispostos nas baias dentro dos blocos aleatoriamente.

3.3 Rações experimentais e manejo alimentar

Os animais eram provenientes de pastagens e foram adaptados às rações experimentais gradativamente por 21 dias, partindo de uma dieta com 30% de volumoso e 70% de concentrado (Tabela 6). A cada 7 dias a quantidade de concentrado era aumentada. Após o 21º dia de adaptação os animais foram pesados, agrupados nos blocos e passaram a receber as rações experimentais por 86 dias.

Tabela 6 - Composição (% da MS) das rações de adaptação

Ingredientes (%MS)	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
Bagaço de cana de açúcar	30	20	10
Milho inteiro	54.98	64.98	74.98
Uréia	0.02	0.02	0.02
Suplemento peletizado	15	15	15

Composição do Suplemento peletizado – 4,39% Ca, 1,347 P total, 1,422% Na, 0,861% Mg 0,686% S, 207,3 ppm Mn, 344 ppm Zn, 18,22 ppm Fe, 104 ppm Cu, 6 ppm Co, 6 ppm I, 1,65 ppm Se, 140 mg/ Kg virginamicina.

As composições das rações experimentais estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Composição de ingredientes das rações experimentais (% da MS)

Ingredientes	Tratamentos				
	MI-0	MI-3	MI-6	MI6+Opt	MF-6
Bagaço	--	3,00	6,00	6,00	6,00
Milho	85,00	81,90	78,80	78,20	78,80
Suplemento peletizado	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Uréia	--	0,10	0,20	--	0,20
Optigen	--	--	--	0,80	--

MI-0 = milho inteiro sem inclusão de volumoso, MI-3= milho inteiro com 3% de volumoso, MI=6 = milho inteiro com 6% de volumoso, MI6+Opt= milho inteiro com 6% de volumoso e inclusão de optigen e MF-6= milho floculado com 6% de volumoso.

O bagaço de cana-de-açúcar utilizado no experimento foi adquirido de usina comercial em Rio das Pedras – SP e era entregue a cada 15 dias no local do experimento, depositado no chão e coberto com lona plástica sempre que havia possibilidade de chuva no local.

O milho floculado foi adquirido da Total Alimentos, em Três Corações – MG. O material foi entregue no Departamento de Zootecnia em 1 remessa e estocado em barracão coberto e com piso revestido de concreto. Procurou-se evitar ao máximo a quebra dos flocos de milho e diariamente o material era inspecionado para verificar as condições de armazenamento, principalmente se havia elevação de temperatura e formação de mofo. A densidade do milho floculado ao sair do floculador foi de 280 a 300 g/L, conforme relatado pela empresa responsável pelo processamento.

As rações foram ofertadas aos animais uma vez ao dia, sempre no período da manhã e na forma totalmente misturada, utilizando vagão misturador com capacidade de 2 m³ (TOTALMIX® EXPRESS 20 - CASALE) com sistema de mistura utilizando três roscas horizontais. O vagão continha balança eletrônica com precisão de 2 kg e esta balança foi utilizada para quantificar a ração que era ofertada por baia. Os ingredientes eram pesados individualmente em balança de 100 kg com precisão de 0,1kg (MARTE®), A quantidade de ração fornecida foi ajustada diariamente para manter, no máximo, 3% de sobras, que eram retiradas a cada 3 dias e pesadas, permitindo a avaliação do consumo efetivo por baia.

Os bebedouros eram drenados e lavados semanalmente. O piso de todas as baias era raspado a cada 7 dias com auxílio de um trator provido de lâmina.

Para a determinação do ganho de peso diário (GPD) os animais foram pesados no primeiro e no último dia do período experimental, após jejum alimentar de 16 horas. A eficiência alimentar dos animais foi calculada dividindo-se o GPD médio da baia pela ingestão de matéria seca (IMS) média da baia. Pesagens intermediárias foram realizadas a cada 30 dias sem jejum prévio para monitorar o desempenho animal.

3.4 Colheita e análise bromatológica dos ingredientes

Amostras do bagaço de cana-de-açúcar foram colhidas a cada 2 a 3 dias para determinação do tamanho de partícula segundo a metodologia de Lammers et al. (1997) e matéria seca em estufa a 105° C por 12 horas, com a finalidade de ajustar as quantidades de matéria original de cada ingrediente na ração.

Amostras dos ingredientes utilizados nas rações foram coletadas semanalmente, congeladas e armazenadas em freezer, para posteriormente serem analisadas quimicamente. Após o descongelamento, as amostras foram pré secadas em estufas com ventilação forçada (55°C) por 72 horas (SILVA, 1990), moídas em moinhos tipo “Willey” providos de peneiras de 1,0 mm e ao término desse processo foram compostas, formando amostras homogêneas de cada ingrediente.

Para as amostras de milho foram também para mensurar a vitreosidade do endosperma segundo a metodologia de Corrêa et al, (2002).

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

Para a determinação dos teores de MS dos ingredientes, estes foram colocados em estufa de circulação forçada a 105°C por 12 horas.

As amostras dos ingredientes, secas em estufa a 55°C, foram analisadas para MS em estufa de circulação forçada a 105°C por 12 horas e para MO e cinzas de acordo com a Association of official agricultural chemists (AOAC, 1995). Os valores de fibra em detergente neutro (FDN) com adição de amilase termoestável, fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinados de acordo com Van Soest; Robertson; Lewis (1991). Os valores de nitrogênio 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 proteína bruta (PB) foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 6,25. O extrato etéreo foi mensurado a partir da extração com éter de petróleo por um período de 5 horas conforme metodologia proposta por Campos, Nussio e Nussio (2004).

3.5 Coleta de fezes e determinação do teor de amido fecal e digestibilidade do amido

Foram realizadas coletas de fezes no dia 56 do período experimental de todos os animais diretamente do reto antes do fornecimento das rações experimentais; As amostras foram acondicionadas imediatamente após a coleta em caixas de isopor com gelo. Posteriormente foram secas em estufa a 55°C durante 48 horas e moídas em moinho de facas com peneiras de 1,0 mm. Para cada etapa, as amostras secas foram compostas formando uma amostra homogênea por baia e foram analisadas para determinação dos teores de matéria seca (MS) de acordo com AOAC (1995). Para a determinação de amido foi utilizada a técnica de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo através do espectrômetro FOSS NIRSystem 5000.

As digestibilidades do amido das rações foram estimadas através de 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.

Os valores energéticos dos grãos de milho processados pelos diferentes métodos foram estimados de acordo com as equações propostas por Zinn et al. (2002).

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

$$(2) \quad ELg_{\text{Milho}} = 0,877 \times ELm_{\text{Milho}} - 0,41$$

Onde,

ELm_{Milho} = energia líquida para manutenção do milho (Mcal/dia)

ELg_{Milho} = energia líquida para ganho do milho (Mcal/dia)

AF = amido fecal (% da MS)

3.6 Coleta de dados após o abate

Os animais foram abatidos em frigorífico comercial em Bauru-SP. Após o abate, foram determinados o peso da carcaça quente e o rendimento de carcaça (peso

da carcaça quente dividido pelo peso vivo final do animal após jejum de sólido 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 costelas e exposição do músculo *Longissimus dorsi*. Nesse músculo foi mensurada a espessura de gordura obtida na altura do terceiro quarto da amostra a partir da coluna vertebral e a área de olho de lombo. Para a leitura da espessura de gordura, foi utilizado uma régua graduada em milímetros e para a área de olho de lombo, foi utilizado uma transparência graduada em centímetros quadrados (grid LinBif) (LUCHIARI FILHO, 2000) Foi realizada análise visual nos fígados dos animais a fim de se detectar presença de abscessos hepáticos. O procedimento foi feito por um funcionário do frigorífico, que tocava toda a superfície do órgão e quando percebia alguma anormalidade, realizava vários cortes ao longo do mesmo. Desta maneira realizou-se a análise visual na parte externa, e quando necessário, na parte interna do órgão.

3.7 Cálculo de energia líquida das rações

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

Foram calculadas as exigências de energia de ganho (E_g) e de manutenção (E_m) dos animais através das fórmulas 1 e 2, relacionadas com o GPD (kg/dia) e ao 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 (EL_g) e manutenção (EL_m), através das fórmulas 3 e 4.

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

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

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

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

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

$$c = -0,41 E_m$$

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

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 dieta (Mcal/kg de MS)

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

Os valores observados de energia líquida foram comparados com os valores esperados. Os valores esperados de energia das dietas foram estimados com base nas equações do NRC (1996) nível 1 com adição de ionóforos, tomando-se por base os valores de NDT dos ingredientes estimados pela equação de Weiss et al. (1992), a composição química dos ingredientes e os fatores de processamento 0,95 para o milho inteiro e 1,04 para o milho floculado (NRC, 2001).

3.8 Análise dos dados

Os dados foram analisados através do procedimento MIXED do sistema estatístico computacional SAS (2003). 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.

Os contrastes utilizados para analisar os dados foram um teste de regressão para os níveis de forragem, uma comparação entre o grão de milho inteiro com 6 % de forragem com o tratamento com adição de uma fonte de uréia de liberação

lenta e o tratamento com milho floculado utilizando a ferramenta do SAS (2003) de contrastes ortogonais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas dos ingredientes das rações experimentais encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item ^a	Milho Inteiro	Milho floculado	Pellet Mineral	Bagaço de cana
MS, % MS	85,04	84,05	89,26	45,74
MM, % MS	1,60	0,85	25,65	6,21
PB, % MS	8,68	7,65	34,77	1,99
EE, % MS	5,95	2,07	2,39	0,81
FDN, % MS	18,22	12,62	22,32	83,77
FDA, % MS	4,16	3,42	12,00	52,95
LIG., % MS	0,81	0,62	1,65	8,61
NDT, % MS	85,30	89,23	58,46	46,27
PDR, % PB ^b	44,67	43,04	83,90	25,00
Vitreosidade, %	69,50	-	-	-
Estratificação das Partículas				
> 19 mm, %				22,98
8 – 19 mm, %				40,66
< 8 mm, %				36,39
Tamanho partícula, mm				13,49

^a MS = matéria seca; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; FDN= fibra insolúvel em detergente neutro; FDA= fibra insolúvel em detergente ácido; LIG= lignina; NDT= nutrientes digestíveis totais (Weiss et al., 1992). ^b Valores de PDR: milho (NRC, 1996); suplemento peletizado (rótulo comercial); bagaço de cana (CNCPS v.5).

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 inteiro e 1,04 para o milho floculado (NRC, 2001).

Os teores estimados de NDT do milho inteiro e do milho floculado na Tabela 8 são menores que os valores tabulares do NRC (1996) (85,3 x 90%) e (89,23 x 93,0%) respectivamente. No caso do milho inteiro, o teor de FDN de 18,22% foi maior

que o valor tabular do NRC (1996) de 10,8%. O milho floculado apresentou valor de FDN maior e de extrato etéreo menor que os valores tabulares do NRC (1996).

O valor estimado mais alto de NDT do milho floculado em relação ao inteiro se deve aos valores adotados de fator de processamento (PAF) no NRC (2001) de 1,04 x 0,95 respectivamente. Em caso de se adotar valor de PAF = 1 para ambos os milhos, o NDT estimado seria maior para o milho inteiro que para o milho floculado.

A porcentagem do endosperma vítreo (69,5%) no grão de milho utilizado no experimento foi semelhante ao valor médio (73%) encontrado nos resultados de Corrêa et al. (2002) para milho do tipo flint e um valor muito acima comparado com o milho do tipo dentado (48%).

Teores mais altos de energia em grãos de milho e de sorgo processados mais intensamente, principalmente através da ensilagem e da floculação em comparação com grãos menos processados (laminação e moagem grosseira) têm sido reportados de forma consistente em diversas revisões de literatura (HUNTINGTON, 1997; THEURER et al., 1999; ZINN et al., 2002).

O bagaço de cana apresentou tamanho médio de partícula de 13,49mm, com praticamente 64% das partículas maiores que 8 mm. De acordo com Mertens (1997) partículas de forragem maiores que 1,18mm têm efetividade física para estimular a ruminação dos animais.

As composições químicas das dietas experimentais testadas estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Composição química das rações experimentais

Itens ^a	Tratamentos ^b				
	MI-0	MI-3	MI-6	MI-6+Opt	MF-6
PB (% da MS)	12,6	12,7	12,8	14,5	11,9
EL manutenção (Mcal/Kg MS)^c	2,21	2,17	2,12	2,11	2,22
EL ganho (Mcal/Kg)^c	1,32	1,29	1,25	1,24	1,33
PDR (balanço, g)	-22,7	-55,5	-78,0	104,5	-46,6
FDN (% da MS)	19	21	23	23	18
FDNf (% da MS)	0	2,51	5,02	5,02	5,02

^aPB= proteína bruta; EL=energia líquida; PDR= proteína degradável no rúmen; FDN= fibra insolúvel em detergente neutro; FDNf= FDN de forragem.

^bMI0= milho inteiro sem forragem; MI-3= milho inteiro com 3% de forragem; MI-6= milho inteiro com 6% de forragem; MI-6+OPT= milho inteiro com 6% de forragem com adição de optigen; MF-6= milho floculado com 6% de forragem.

^cValores estimados pelo NRC (1996) nível 1 com base nos valores de NDT da Tabela 8 e com adição de ionóforo na dieta.

De acordo com os dados compilados por Santos e Pedroso (2010) e por Di Constanzo (2007), o desempenho dos animais alimentados com milho floculado pode ter sido limitado pela falta de PDR na dieta. De acordo com os dados compilados por Santos e Pedroso (2010), com milho floculado, a resposta em ganho de peso e eficiência alimentar é maior em dietas com 13 a 13,5% de PB que com teores entre 10 a 12%. Por outro lado, teores de PB na dieta ao redor de 11,0 a 12,0% são adequadas quando o milho é processado via laminação a seco. É de se esperar que estes valores também sejam adequados para grãos inteiros de milho. De acordo com Di Constanzo (2007) dietas com balanço de PDR negativo (NRC, 1996) limitaram o desempenho de animais alimentados com milho floculado, mas não limitaram o desempenho de animais alimentados com milho laminado.

4.1 Desempenho e Características de carcaça.

Os resultados de desempenho animal foram apresentados separadamente quanto ao nível de forragem e processamento de milho, para facilitar o entendimento e a discussão dos dados (Tabelas 10, 11 e 12).

Tabela 10 - Desempenho e características da carcaça dos animais recebendo dietas contendo grãos de milho inteiro com diferentes níveis de forragem

	Tratamentos			<i>Valor de P</i>	<i>L</i>	<i>Q</i>	<i>EPM</i>
	MI-0	MI-3	MI-6				
PI, kg	375,93	374,54	373,62	0,4272	-	-	-
PF, kg	476,03	507,92	504,29	0,0278	*	ns	7,243
IMS, kg	8,42	10,51	10,16	0,0001	*	*	0,217
GPD, kg	1,197	1,587	1,555	0,0027	*	ns	0,084
GPD/IMS	0,143	0,152	0,153	0,3272	-	-	0,007
PCQ, kg	273,91	290,17	293,85	0,0126	*	ns	3,372
RC, %	57,53	57,13	58,32	0,8463	-	-	0,461
AOL, cm²	77,56	79,66	79,53	0,8464	-	-	1,558
EGS, mm	4,45	5,29	4,81	0,6765	-	-	0,414

MI0= milho inteiro sem forragem; MI-3= milho inteiro com 3% de forragem; MI-6= milho inteiro com 6% de forragem
 IMS= ingestão de matéria seca; GPD = ganho de peso diário; PI= peso corporal inicial; PF = peso corporal final;
 PCQ = peso de carcaça quente; RC = rendimento de carcaça; AOL = área de olho de lombo; EGS = espessura de gordura subcutânea; (*)= significativo; (ns)= não significativo a 5% de probabilidade; L= linear, Q = quadrático; EPM= erro padrão da média

Os pesos iniciais dos animais não diferiram entre os tratamentos. A inclusão de forragem na dieta aumentou a IMS (ingestão de matéria seca) de forma quadrática ($P<0,05$), aumentou o GPD (ganho de peso diário), o PF (peso corporal final) e o PCQ (peso de carcaça quente) de forma linear ($P<0,05$), mas não teve efeito ($P>0,05$) na eficiência alimentar (GPD/IMS), no rendimento de carcaça, na área de olho de lombo e na espessura de gordura subcutânea (Tabela 10).

Em dietas com 6% de bagaço de cana, a adição de fonte de nitrogênio de liberação lenta (Optigen®), não melhorou ($P>0,05$) o desempenho e as características de carcaça dos animais alimentados com dietas que continham grão de milho inteiro (tabela 11).

Tabela 11 – Desempenho e características da carcaça dos animais recebendo dietas contendo grãos de milho inteiro com 6% de forragem com e sem adição de fonte de nitrogênio de liberação lenta (Optigen®)

	Tratamentos		Valor de P contraste	EPM
	MI-6	MI-6+Opt		
PI, kg	373,62	374,54	0,6758	-
PF, kg	504,29	500,25	0,7000	7,243
IMS, kg	10,16	10,15	0,9733	0,217
GPD, kg	1,555	1,504	0,6964	0,084
GPD/IMS	0,153	0,149	0,6758	0,007
PCQ, kg	293,85	288,07	0,7431	3,372
RC, %	58,32	57,47	0,8689	0,461
AOL, cm²	79,53	79, 5	0,9859	1,558
EGS, mm	4,81	5,04	0,6805	0,414

MI-6= milho inteiro com 6% de forragem; MI-6+OPT= milho inteiro com 6% de forragem com adição de optigen; IMS= ingestão de matéria seca; GPD = ganho de peso diário; PI= peso inicial PF = peso vivo final; PCQ = peso de carcaça quente; RC = rendimento de carcaça; AOL = área de olho de lombo; EGS = espessura de gordura subcutânea; EPM= erro padrão da média.

A floculação do milho melhorou de forma significativa o desempenho dos animais. Em comparação com a dieta contendo grãos de milho inteiro sem forragem, a floculação não alterou ($P>0,05$) a IMS, mas aumentou ($P<0,05$) o GPD, o PF, o PCQ e a eficiência alimentar dos animais. Em comparação com a dieta contendo grãos de milho inteiro e 6% de forragem, a floculação reduziu ($P<0,05$) a IMS, não alterou ($P>0,05$) o GPD, o PF, e as características de carcaça, mas aumentou de forma expressiva ($P<0,05$) a eficiência alimentar dos animais (Tabela 12).

Tabela 12 - Desempenho e características da carcaça dos animais recebendo dietas contendo grãos de milho inteiro com diferentes níveis de forragem e milho floculado

	Tratamentos			Valor de P MI-6 vs.MF6	Valor de P MI-0 vs. MF6	EPM
	MI-0	MI-6	MF-6			
PI, kg	375,93	373,62	372,41	0,5098	-	-
PF, kg	476,03	504,29	503,18	0,9149	0,0339	7,243
IMS, kg	8,42	10,16	8,44	0,0001	0,9486	0,217
GPD, kg	1,197	1,555	1,556	0,9671	0,0161	0,084
GPD/IMS	0,143	0,153	0,184	0,0179	0,0030	0,007
PCQ, kg	273,91	293,85	289,72	0,9918	0,0211	3,372
RC, %	57,53	58,32	57,54	0,9014	0,6194	0,461
AOL, cm ²	77,56	79,53	79,45	0,9698	0,4202	1,558
EGS, mm	4,45	4,81	5,10	0,5981	0,3115	0,414

MI0= milho inteiro sem forragem; MI-6= milho inteiro com 6% de forragem; MF-6= milho floculado com 6% de forragem; IMS= ingestão de matéria seca; GPD = ganho de peso diário; PI= peso inicial PF = peso vivo final; PCQ = peso de carcaça quente; RC = rendimento de carcaça; AOL = área de olho de lombo; EGS = espessura de gordura subcutânea; EPM= erro padrão da média.

A inclusão de forragem nas dietas com milho inteiro, assim como a inclusão de fonte de nitrogênio de liberação lenta, não afetaram os teores observados de energia das dietas ($P>0,05$). Entretanto, a floculação aumentou de forma expressiva o teor de energia da dieta em comparação com o milho inteiro com ou sem forragem ($P<0,05$). Os valores observados de energia líquida foram menores que os esperados nas dietas com milho inteiro e maiores para energia líquida de ganho em relação ao esperado na dieta com milho floculado (Tabela 13).

Tabela 13 – Valores observados de energia líquida das dietas e a relação com os valores esperados de energia

Item	Tratamentos					Nível de ¹ forragem	MI6 vs. ² MF- 6	MI-0 vs. ² MF- 6
	MI-0	MI-3	MI-6	MI-6+Opt	MF-6			
EL observada (Mcal/KgMS)								
Manutenção	1,87	1,85	1,87	1,84	2,19	0,82	0,0052	0,0049
Ganho	1,23	1,22	1,23	1,20	1,51	0,81	0,0055	0,0050
EL observa/esperada								
Manutenção	0,85	0,86	0,88	0,87	0,99	0,40	0,0376	0,0077
Ganho	0,93	0,95	0,99	0,97	1.13	0,38	0,0424	0,0087

MI0= milho inteiro sem forragem; MI-3= milho inteiro com 3% de forragem; MI-6= milho inteiro com 6% de forragem; MI-6+OPT= milho inteiro com 6% de forragem com adição de Optigen; MF-6= milho floculado com 6% de forragem; (¹) análise de regressão para os níveis de forragem nos tratamentos MI-0, MI-3, MI-6; (²) contrastes entre os tratamentos

A concentração de amido nas fezes foi alta nas dietas com milho inteiro. A inclusão de forragem resultou em redução linear ($P<0,10$) no teor de amido fecal e conseqüente aumento na DTA (digestibilidade total do amido) e na estimativa de energia líquida dos grãos de milho inteiro. A floculação teve efeito marcante na redução dos teores de amido fecal e por conseqüência, no aumento da digestibilidade do amido no trato digestivo total e na estimativa de energia líquida dos grãos de milho (Tabela 14).

Tabela 14 - Porcentagem de amido fecal, digestibilidade total do amido, energia líquida de manutenção e de ganho de peso do milho

Item	Tratamentos					Nível de forragem ¹	MI6 vs. MF- 6 ²	MI-0 vs. MF- 6 ²
	MI-0	MI-3	MI-6	MI-6+Opt	MF-6			
% amido	32,28	30,94	26,69	24,45	7,82	0,088*	<0,0001	<0,0001
DTA	72,74	74,27	79,45	81,79	95,86	0,085*	0,0002	<0,0001
Elm Milho ³	1,77	1,81	1,94	2,00	2,37	0,080*	<0,0001	<0,0001
Elg Milho ³	1,14	1,18	1,29	1,34	1,67	0,080*	0,0001	<0,0001

MI-0= milho inteiro sem forragem; MI-3= milho inteiro com 3% de forragem; MI-6= milho inteiro com 6% de forragem; MI-6+OPT= milho inteiro com 6% de forragem com adição de optigen; MF-6= milho floculado com 6% de forragem; (*) efeito linear com $P<0,10$; (¹) análise de regressão para os níveis de forragem nos tratamentos MI-0, MI-3, MI-6; (²) contrastes entre os tratamentos; DTA = Digestibilidade total do amido (ZINN et al. 2002); (³) valores de energia líquida de manutenção e de ganho do milho (ZINN et al., 2002).

A IMS menor de animais alimentados com dietas sem forragem em comparação com animais alimentados com dietas com forragem está de acordo com a literatura consultada (UTLEY; MCORMICK, 1975; TRAXLER et al., 1995; KREIKEMEIER et al., 1990; SHAIN et al., 1999; SANTOS et al., 2011).

Algumas hipóteses têm sido levantadas para explicar o aumento na IMS dos animais alimentados com níveis crescentes de forragem na dieta. De acordo com a revisão de Galyean et al. (2003), o nível e a fonte de forragem podem ter efeitos significativos na IMS de animais alimentados com dietas contendo teores altos de concentrado. Os efeitos dos níveis de forragem (maiores que 5% da MS) sobre a IMS podem ocorrer em virtude da diluição da energia, de modo que os animais aumentam a IMS presumivelmente na tentativa de manter o consumo de energia. No presente trabalho não houve diferença no valor energético das dietas com a inclusão de volumoso, ou seja, o aumento na IMS não foi influenciado pela possível falta de energia, no entanto ocorreu uma maior DTA (digestibilidade total do amido) e menor quantidade de amido nas fezes com maior inclusão de forragem da dieta, indicando maior aproveitamento energético do alimento e maior digestão do amido no trato total.

No presente estudo a inclusão de apenas 3% de bagaço na dieta com milho inteiro foi suficiente para otimizar a IMS, o GPD, o PF e o PCQ dos animais. A melhora no desempenho foi consequência da maior ingestão de energia pelos animais, determinada pela maior IMS. Com milho inteiro, a inclusão de 3 e 6% de bagaço não reduziu o teor de energia das dietas. Isso ocorreu em parte, pelo aumento da digestibilidade do amido nas dietas com bagaço. O efeito positivo da inclusão de bagaço na digestibilidade do amido pode ser explicado teoricamente pelos seguintes fatores: a) redução no teor de amido da dieta; b) melhor ambiente ruminal favorecendo o processo fermentativo como um todo; c) maior ruminação, que possibilita redução mais intensa do tamanho de partículas dos grãos de milho e d) maior fluxo de proteína para o intestino delgado.

A redução no teor de amido da dieta com a inclusão de bagaço, não explica o aumento na digestibilidade desse nutriente, uma vez que houve maior IMS e de amido por parte desses animais.

A melhora do ambiente ruminal pode favorecer a atividade fermentativa no rúmen como um todo. Kreikemeier et al. (1990) também relataram maior digestibilidade do amido com inclusão de níveis crescentes de forragem na dieta. Entretanto, nesse estudo o pH ruminal não foi alterado pela inclusão de forragem. Os autores atribuíram o aumento na digestão de amido à presença de uma população microbiana mais ativa no rúmen, em virtude da maior taxa de diluição de líquidos com níveis crescentes de forragem.

O principal fator que limita a digestão do amido com grãos inteiros de milho é o tamanho de partícula e presença de matriz protéica intacta revestindo os grânulos de amido (OWENS et al., 1986, 1997; OWENS; SUDERLUND, 2007). No trabalho de Shain et al. (1999) a inclusão de 5% de palha de trigo ou 10% de feno de alfafa em dietas com milho laminado a seco praticamente dobrou o tempo de ruminação e de mastigação total dos animais em comparação com animais alimentados com dietas sem forragem. Isso deve ter um efeito significativo na redução do tamanho de partícula do milho inteiro, favorecendo a digestão do amido, especialmente no caso de milho duro como no presente estudo.

A inclusão de forragem na dieta pode resultar em pH ruminal mais alto, maior atividade fermentativa no rúmen e maior passagem de proteína microbiana para o intestino (NRC, 1996). O maior aporte de proteína para o intestino delgado pode favorecer a digestão do amido nesse local (TANIGUSCHI; HUNTINGTON; GLENN, 1995).

Kreikemeier et al. (1990) forneceram 0, 5, 10 ou 15% de forragem (50% silagem de milho:50% de feno de alfafa) na MS da dieta de novilhos alimentados com grãos de trigo laminados a vapor. Houve aumento linear na IMS com níveis crescentes de forragem, entretanto, a ingestão de energia líquida para ganho, o GPD e a eficiência alimentar foram otimizados com o nível de 10% de forragem. A inclusão de 15% de forragem teve efeito negativo no consumo de energia e no desempenho animal. Os autores atribuíram o efeito positivo da forragem ao aumento da capacidade de tamponamento ruminal em virtude da maior produção de saliva.

Shain et al. (1999) compararam dietas com milho laminado contendo 0, 5,2% de palha de trigo e 10% de feno de alfafa (FDN de forragem igual nas duas dietas

com forragem) para bovinos em confinamento. Os animais que receberam dietas sem inclusão de forragem apresentaram menor IMS, mas este não diferiu entre os dois tipos de forragem. O desempenho animal foi melhor para os animais alimentados com alfafa e os que receberam palha de trigo não diferiram dos animais alimentados sem inclusão de forragem.

O uso de grãos de milho inteiro pode ser interessante em determinadas situações, pois permite trabalhar com níveis mínimos de forragem ou sem forragem alguma na dieta total (GOROCICA-BUENFIL; LOERCH, 2005). De acordo com a revisão de Owens et al. (1997), animais alimentados com rações contendo grãos de milho inteiro sem forragem ou com mínimo de forragem, podem apresentar melhor desempenho quando comparados com animais alimentados com dietas contendo milho quebrado, laminado a seco ou moído grosso. No trabalho de Utley e McCormick (1975) os animais alimentados com grãos de milho inteiro sem forragem, apresentaram menor IMS e menor GPD, mas melhor eficiência alimentar (GPD/IMS) que os animais alimentados com grãos de milho quebrado com forragem na dieta. No trabalho de Traxler et al. (1995) os animais alimentados com grãos de milho inteiro sem forragem, apresentaram menor IMS, GPD similar e melhor eficiência alimentar (GPD/IMS) que os animais alimentados com grãos de milho quebrado com forragem na dieta.

Gill et al. (1981) usaram 240 novilhos para avaliar 5 níveis de forragem (8, 12, 16, 20 e 24% da MS) em dietas a base de milho floculado, silagem de milho úmido e uma mistura de 50:50 entre os dois. Independente do tipo de grão, o nível crescente de inclusão de forragem aumenta a IMS, mas o GPD e a eficiência alimentar vão depender do tipo de grão utilizado, com 8, 12, 16% de forragem o desempenho é otimizado para o milho floculado, a mistura de 50:50 e silagem de milho úmido, respectivamente.

Todos os trabalhos acima citados foram conduzidos com milho dentado ou mole, utilizado na América do Norte. No Brasil, o milho utilizado é do tipo duro ou semi-duro com endosperma vítreo e com amido de menor digestibilidade. A baixa digestibilidade do amido contido em cultivares de milho duro pode limitar a eficiência de uso de dietas com milho inteiro (SANTOS et al., 2011). Owens e Soderlund (2007) relataram valor de 87% de digestibilidade do amido de milho dentado quando fornecido

inteiro para bovinos em confinamento. No presente estudo, conduzido com milho duro, a digestibilidade do amido no trato digestivo total foi de apenas 72,74% no tratamento sem forragem e de 79,5% no tratamento com 6% de forragem. A diferença entre os valores de digestibilidade do milho utilizado no presente estudo e os valores relatados por Owens e Soderlund (2007) é expressiva. Os valores estimados de energia líquida de manutenção de 2,1 Mcal/kg MS e de ganho de 1,43 Mcal/kg MS para o milho inteiro calculados com as equações do NRC (1996) e utilizando valores de NDT = 85,3% são muito maiores que os estimados na Tabela 14 com base nos teores de amido fecal conforme proposto por Zinn et al. (2002). Os valores de energia líquida de ganho do milho inteiro variaram de 1,14 Mcal/kg MS sem forragem a 1,29 Mcal/kg MS com 6% de forragem. Esses valores correspondem respectivamente a 79,7 e 90,2% do valor estimado na Tabela 8 (1,43 Mcal/kg MS).

Supondo que os valores de energia do bagaço e do suplemento peletizado estimados na Tabela 8 sejam os valores reais, o valor de energia líquida de ganho do milho inteiro, teria que ser 1,32 Mcal/kg MS na dieta sem forragem, 1,35 Mcal/kg MS na dieta com 3% de forragem e 1,41 Mcal/kg MS na dieta com 6% de forragem respectivamente, para que essas dietas contenham a energia observada com base no desempenho do animal (Tabela 13). Esses teores de energia são mais altos que os preditos com base nos teores de amido nas fezes.

A menor digestibilidade do amido do milho duro observada no presente estudo, de 72,7 a 79,5% em comparação com o valor de 87% relatado por Owens e Soderlund (2007) é uma desvantagem desse material. Por outro lado, isso sugere que o benefício de processamentos intenso como a ensilagem e a floculação deve ser maior para o milho duro que para o milho dentado.

A floculação do milho diminuiu a IMS em comparação aos tratamentos com milho inteiro e 3 ou 6% de bagaço, entretanto, a IMS foi igual a do tratamento com milho inteiro sem forragem. A redução na IMS observada no tratamento com milho floculado em comparação com milho inteiro com forragem, deve-se provavelmente ao maior teor energético do milho floculado, conforme relatado por Owens et al. (1997), por Zinn et al. (2002, 2007) e por Owens e Zinn (2005). De acordo com os dados revisados por Owens et al. (1997) e com os dados mais recentes compilados na Tabela 3, a

floculação do milho dentado melhora ao redor de 12% a eficiência alimentar de bovinos em terminação em comparação com a laminação. No presente estudo a flocação aumentou a eficiência alimentar em 28,7 e 20,3% em comparação com o milho inteiro com 0 e com 6% de forragem respectivamente. Esses dados confirmam a hipótese do trabalho de que há maior benefício desse método de processamento para o milho duro que para o milho dentado.

De acordo com Zinn et al. (2002) a flocação do milho aumenta a EI de ganho em 18% comparada com a laminação a seco. De acordo com esses autores os valores de energia líquida do milho floclado estão subestimados e os do laminado estão superestimados nas tabelas do NRC (1996). No presente estudo, a flocação aumentou a energia líquida de manutenção e a de ganho da dieta com 6% de bagaço em 17,1 e 22,8% respectivamente (Tabela 13). Isso corresponde a um aumento de 25% na energia líquida de ganho do milho floclado em relação ao inteiro ambos em dietas com 6% de forragem. O aumento de 25% na energia líquida de ganho do milho duro com a flocação é 39% do que o benefício da flocação com milho dentado relatado por Zinn et al. (2002). Com base nos teores de amido fecal (Tabela 14) e utilizando a metodologia de Zinn et al. (2002), a energia líquida de ganho ($1,67 \times 1,29$ Mcal/kg MS) do milho floclado foi 29,5% maior que a do milho inteiro com 6% de forragem.

A flocação aumentou a digestibilidade do amido nas dietas com 6% de forragem em 20,6% ($95,86 \times 79,45\%$) em comparação com o milho inteiro. Esse incremento na digestibilidade do amido é 49% maior que o relatado com milho dentado ($99,09 \times 87,08\%$) por Owens e Soderlund (2007) na Tabela 1.

O efeito expressivo da flocação do milho duro no presente estudo está de acordo com outros estudos conduzidos no Departamento de Zootecnia da ESALQ. Nesses estudos a flocação do milho também aumentou a eficiência alimentar dos animais em mais de 20% em comparação com a laminação a seco.

De modo geral, o rendimento de carcaça, a espessura de gordura subcutânea e a área de olho de lombo dos animais não foram afetadas pelos tratamentos testados.

A inclusão de uma fonte de nitrogênio de liberação lenta na dieta dos animais recebendo 6% de forragem não trouxe nenhum benefício no desempenho e

nas características de carcaça dos animais neste experimento. Esses resultados sugerem que o excesso de proteína não traz melhoria para os animais, sendo desnecessário o uso de fontes de nitrogênio de liberação lenta em dietas com grão inteiro de milho.

Não houve incidência de abscessos hepáticos no presente estudo. Sitta et al. (2010) também não relataram ocorrência de abscessos hepáticos em tourinhos Nelore alimentados com dietas com alto concentrado. Pedroso et al. (2010) também não relataram incidência significativa de abscessos hepáticos em tourinhos Nelore alimentados com dietas contendo 12% de feno e mais de 75% de milho laminado, moído fino ou floculado.

5 CONCLUSÕES

A inclusão de 3% de bagaço em dietas com milho é suficiente para aumentar a ingestão de MS e o GPD dos animais em comparação com dietas sem forragem, sem alterar a eficiência alimentar dos animais.

A inclusão de 3 ou 6% de bagaço na dieta com milho inteiro não reduz os teores de energia das dietas, em parte pelo aumento na digestibilidade do amido.

Em dietas com milho inteiro, bovinos com PI de 373 kg não respondem ao aumento no teor de proteína bruta da dieta acima de 12,6 com a inclusão de fonte de N de liberação lenta.

Em dietas com 6% de bagaço a floclulação aumenta a digestibilidade total do amido do milho flint em 20,7%, comparado com o milho inteiro.

Dietas contendo 6% de bagaço e milho floclado propiciam 22,7% maior energia líquida de ganho e 28,7% maior eficiência alimentar comparadas com dietas com milho inteiro sem forragem.

O efeito da floclulação na digestibilidade do amido e na eficiência alimentar dos animais é maior no milho flint utilizado no Brasil do que o efeito reportado na literatura americana com milho dentado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16th. ed. Arlington, 1995. v. 2. chap. 33. p. 10-11.

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.

BEESEON, W.M.; PERRY, T.W. The comparative feeding value of high moisture corn and low moisture corn with different feed additives for fattening beef cattle **Journal of animal Science**, Albany, v. 17, p. 368-373, 1958.

BRANDT, R.T.; KUHLM, G.L. JR.; CAMPBELL, R.E.; KASTNER, C.L.; STRODA, S.L. Effects of steam-flaked sorghum grain or corn and supplemental fat on feedlot performance, carcass traits, longissimus composition, and sensory properties of steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, p. 343-348, 1992.

BRITTON, R.A.; STOCK, R.A. Acidosis, rate of starch digestion and intake. In: SYMPOSIUM FEED INTAKE BY BEEF CATTLE, 1987, Stillwater. **Proceedings...** Stillwater: Oklahoma State University, 1987. p. 125–137. (Publication, MP 121).

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, 2000a.

BROWN, M.S.; KREHBIEL, C.R.; GALYEAN, M.L.; REMMENG, M.D.; PETERS, J.P.; HIBBARD, B.; ROBINSON, J. ;MOSELEY, W.M. Evaluation of models of acute and subacute acidosis on dry matter intake, ruminal fermentation, blood chemistry, and endocrine profiles of beef steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 78, p. 3155-3168, 2000b.

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

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

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.

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.

COSTA, C.; ARRIGONI, M.D.B.; SILVEIRA, A.C.; OLIVEIRA, H. N. Desempenho de bovinos superprecoces alimentados com silagem de milho ou feno de aveia e grãos de milho ensilados ou secos. **Acta Scientiarum of Animal Science**, Maringá, v. 24, n. 4, p. 1175-1183, 2002.

DI CONSTANZO, A. Implications of balancing feedlot diets for protein fractions (rdp and rup) or amino acids. In: SOUTHWEST NUTRITION & MANAGEMENT CONFERENCE, 22., 2007, Tempe. **Proceedings...** Tempe: University of Arizona, 2007. p. 37-48.

EMBRAPA. **Milho - Cultivares para 2006/2007**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/>>. Acesso em: 25 jan.2011.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **ANUALPEC 2010**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo, 2010. p. 62.

FRENCH, D. Organization of starch granules. **Starch chemistry and technology**. 2nd ed. New York; London: Academic Press, 1984. p. 237-238.

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

GILL, D.R.; OWENS, F.N.; MARTIN, J.J.; WILLIAMS, D.E.; ZINN, R.A.; HILLIER, R.J. **Roughage levels in feedlot rations**. Stillwater: Oklahoma Agricultural Experiment Station, 1981. p. 141-146. (Research Report, MP-108).

GOROCICA-BUENFIL, M.A; LOERCH, S.C. Effect of cattle age, forage level, and corn processing on diet digestibility and feedlot performance. **Journal of Animal Science**, Albany, 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.

HALE, W.H.; CUITUN, L.; SABA, W.J.; TAYLOR, B.; THEURER, B. Effect of steam processing and flaking milo and barley on performance and digestion by steers, **Journal of Animal Science**, Albany, v. 25, p. 392-396, 1966.

HALES, K.E.; MCMENIMAN, J.P.; LEIBOVICH, J.; VASCONCELOS, J.T.; QUINN, M.J.; MAY, M.L.; DILORENZO, N.; SMITH, D.R.; GALYEAN, M.L. Effects of varying bulk

densities of steam-flaked corn and dietary roughage concentration on in vitro fermentation, performance, carcass quality, and acid-base balance measurements in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 80, p. 1135-1147, 2010.

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, 2005. p. 55-66.

HENRIQUE, W.; BELTRAME FILHO, J.A.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; ALLEONI, G.F.; COUTINHO FILHO, J.L.V.; SAMPAIO, A.A.M. Avaliação da silagem de grãos de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação. Desempenho e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 183-190, 2007.

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.

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

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

JOBIM, C.C. **Avaliação das características microbiológicas, químicas e digestibilidade das silagens de grãos úmidos e de espiga de milho**. 1996. 98 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1996.

JOBIM, C.C.; REIS, R.A. Produção e utilização de silagem de grãos úmidos de milho. In: MATTOS, W.R.S.(Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 912-927.

JOBIM, C.C.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. Avaliação da silagem de grãos úmidos de milho (*Zea mays* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 311-331, 1997.

JOBIM, C.C.; REIS, R.A.; SCHOKEN-ITURRINO, R.P.; ROSA, B. Desenvolvimento de microorganismos durante a utilização de silagens de grãos úmidos de milho sem brácteas. **Acta Scientiarum of Animal Science**, Maringá, v. 21, n. 3, p. 671-676, 1999.

KRAMER, J.; VOORSLUYS, J.L. Silagem de milho úmido, uma opção para gado leiteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 257-261.

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

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

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 79, p. 922-928, 1996.

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.

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

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

MADER, T.; GUYER, P.; STOCK, R. **Feeding high moisture corn**. 1983. Disponível em: <<http://www.ianr.unl.edu/pubs/beef/g100.htm#ADVOHIGHMOICRN>>. Acesso em: 02 nov. 2010.

McLEOD, K.R.; BALDWIN, V.R.L.; SOLOMON, M.B.; BAUMANN, R.G. Influence of ruminal and postruminal carbohydrate infusion on visceral organ mass and adipose tissue accretion in growing beef steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 85, p. 2256-2270, 2007.

MENDES, J.L.; MENDO, C. **Conheça process milling**. 2009. Disponível em: <<http://www.mendesemendo.com.br/process/manual.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2011.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1463-1482, 1997.

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.

NAGARAJA, T.G.; LECHTENBERG, K.F. Acidosis in feedlot cattle. **The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 23, p. 333–350, 2007.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of domestic animals. Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 2001. 381 p.

NOCEK, J.E.; TAMIMGA, 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.

NUNEZ, A.J.C.; CAETANO, M.; BERNDT, A.; DEMARCHI, J.J.A.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. Uso combinado de ionóforo e virginiamicina em novilhos nelore confinados com dietas de alto concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008. Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 2008. 1 CD-ROM.

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

OWENS, F.N. Optimization of feedlot diets with high density of energy and nutrients. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2008. p. 95-120.

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

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, 2005. p. 86-112.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, p. 1634-1648, 1986.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 75, p. 868-879, 1997.

PEDROSO, A.M.; PERES, M.S.; SANTOS, F.A.P.; MOURAO, G.B.; NERI, T.G. Flint corn grain processing and protein adequacy in rations for feedlot finished Nellore bulls. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 88, E-Suppl. 2, p. 704, 2010.

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.

PRESTON, R.L. Management of high concentrate diets in feedlot. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE GADO DE CORTE, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1998. p. 82-91.

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

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.

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: UNESP, 2007. p. 31-47.

SANTOS, F.A.P.; PEDROSO, A.M. Suplementação proteica e energética para bovinos de corte em confinamento. In: PIRES, A.V. **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010. v. 2, p. 257-280.

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, 2004. p. 262-297.

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

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

SCHAKE, L.M.; DRIEDGER, A.; RIGGS, J.K.; CLAMME, D.N. Corn and grain sorghum evaluations for beef cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 43, p. 959-965, 1976.

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.; HEROLD, D.W. The effect of forage source and particle size on finishing yearling steer performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 1082-1092, 1999.

SILVA, D.J. **Análises de alimentos:** métodos químicos e biológicos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165 p.

SILVA, S.L.; LEME, P.R.; PUTRINO, S.M.; VALINOTE, A.C.; NOGUEIRA FILHO, J.C. M.; LANNA, D P.D. Milho grão seco ou úmido com sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1426-1434, 2007.

SINDT, M.H.; STOCK, R.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; SHAIN, D.H. Effect of protein source and grain type on finishing calf performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 71, p. 1047-1056, 1993.

SITTA, C.; SANTOS, F.A.P.; MOURÃO, G.B.; PEDROSO, A.M.; CARARETO, R.; DÓREA, J.R.R.; NERI, T.G.; RODRIGUES, D.A. Additives (sodium monensin, salinomycin, and virginiamycin) for nellore bulls feedlot fed high concentrate finishing rations. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 88, E-Suppl. 2, p. 132, 2010.

STOCK, R.A.; BRINK, D.R.; KREIKEMEIER, K.K.; SMITH, K.K. Evaluation of early-harvested and reconstituted grain sorghum in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 65, p. 548-556, 1987.

STOCK, R.A., SINDT, M.H.; CLEALE, R.M.; BRITTON, R.A. High-moisture corn utilization in finishing cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 69, p. 1645-1656, 1991.

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

STOCK, R.A.; BRINK, D.R.; BRITTON, R.A.; GOEDEKEN, F.K.; SINDT, M.H.; KREIKEMEIER, K.K.; BAUER, M.L.; SMITH, K.K. Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 65, p. 290-302, 1987.

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

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

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

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

TOLEDO, F.F. Tecnologia das sementes. In: PATERNIANI, E. (Coord.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 1980. p. 571-619.

TRAXLER, M.J.; FOX, D.G.; PERRY, T.C.; DICKERSON, R.L.; WILLIAMS, D.L. Influence of roughage and grain processing in high-concentrate diets on the performance of long-fed Holstein steers. **Journal Animal Science**, Albany, v. 73, p. 1888–1900, 1995.

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

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**, Albany, v. 74, p. 3583, 1991.

VANDER POL, K.J.; LUEBBE, M.K.; CRAWFORD, G.I.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J. Performance and digestibility characteristics of finishing diets containing distillers grains, composite of corn processing coproducts, or supplemental corn oil. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 639–652, 2009.

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.

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.

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

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

ZINN, R.A.; 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.; WARE, R.A. Forage quality: digestive limitations and their relationships to performance of beef and dairy cattle. In: ANNUAL SOUTHWEST NUTRITION& MANAGEMENT CONFERENC, 2., 2007, Temple. **Proceedings...** Temple, 2007. p. 49-54.

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, 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.