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

**Processamento de grãos de milho *flint* e sua substituição por polpa
cíttrica em dietas para tourinhos Nelore terminados em
confinamento**

Vinícius Nunes de Gouvêa

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

**Piracicaba
2012**

Vinícius Nunes de Gouvêa
Médico Veterinário

Processamento de grãos de milho *flint* e sua substituição por polpa cítrica em dietas para tourinhos Nelore terminados em confinamento

Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

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
2012**

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

Gouvêa, Vinícius Nunes de

Processamento de grãos de milho *flint* e sua substituição por polpa cítrica em dietas para tourinhos Nelore terminados em confinamento / Vinícius Nunes de Gouvêa. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2012. 93 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Alimentação animal 2. Bovinos 3. Confinamento animal 4. Milho - Processamento 5. Ração 6. Subprodutos para animais 7. Suplementos energéticos para animais I. Título

CDD 636.2084
G719p

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

Aos meus pais,

***Sebastião Gualberto de Gouvêa e Alba Valéria
Nunes Gouvêa, meus exemplos de vida.***

*As minhas queridas irmãs, **Camilla e Gabriella**, que
sempre estiveram ao meu lado e me apoiaram nessa busca
pelo conhecimento.*

*Ao meu padrinho **José**, que com sábios conselhos, sempre me
ajudou a enfrentar todos os obstáculos e desafios impostos
pela vida.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar tudo o que existe de mais importante nessa vida: família, saúde, amor e meus amigos.

Ao Prof. Dr. Flávio Augusto Portela Santos, pela orientação, confiança, ajuda e amizade durante todo esse período que trabalhamos juntos.

Ao Prof. Dr. Juliano José de Resende Fernandes, pela orientação, amizade e valiosos conselhos que me prepararam para essa caminhada científica.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia, em especial a professora Carla Maris Bittar pelos conselhos e ensinamentos.

Ao amigo e hoje pesquisador Diego Barcelos Galvani pela ajuda, sinceridade, confiança e amizade que perduram mesmo com a distância e com o tempo.

Ao pesquisador Alexandre Mendonça Pedroso, por todos os conselhos.

Aos amigos do Laboratório de Bromatologia, Carlos César Alves e Alan, pela orientação e ajuda na condução das análises laboratoriais e à Tânia Aparecida, pelo carinho e sorrisos que alegraram meus dias.

A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial aos amigos Sr. Laureano e ao Fábio (Pomba) pelos ensinamentos de vida e ajuda durante a condução do experimento.

A Fazenda Figueira da FEALQ, em especial ao engenheiro agrônomo José Renato (Raí), por disponibilizar os animais e por toda ajuda durante a fase experimental.

A empresa Nutron[®] pela doação do sal mineral utilizado no experimento.

A empresa Total Alimentos por fornecer o milho floculado utilizado no experimento.

Aos estagiários Di-Prata, Deu-Seja e To-Fraco pela valiosa ajuda durante a realização do experimento. A companhia de vocês tornou a rotina do trabalho diário menos árdua.

A Daiani Donato por toda ajuda e paciência para a solução dos vários problemas que surgiram durante todo esse período.

Ao amigo Borrado e a República Zona Rural, por toda ajuda e ensinamentos durante todo o tempo em Piracicaba. Obrigado por terem me acolhido tão bem.

Aos colegas de pós-graduação Paraíba, Jonas, Fernanda Bastistel, Fernanda Lopes, Rodrigo Marques, Conçolo, Cristiane, Baiano, Humberto, Murilo, Cocó, Marília, pela ajuda, paciência, compreensão, amizade e diversão durante todo esse período de convivência.

A Carolina Braga Brandani, que, durante todo esse tempo e em qualquer que fosse as circunstâncias sempre esteve ao meu lado.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) pela excelente infraestrutura e corpo docente, os quais proporcionaram o aperfeiçoamento do meu treinamento científico.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudos e pelo apoio financeiro necessário à condução do experimento.

A Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG) pela formação necessária para a conclusão de mais essa etapa da minha vida acadêmica.

“O problema não é como levar para nossa mente idéias novas e inovadoras, mas como tirar de lá as idéias velhas.”

Dee Hock

“A inspiração existe, porém tenho que encontrá-la trabalhando.”

Picasso

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
LISTA DE FIGURAS.....	15
LISTA DE TABELAS.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 Estrutura dos grãos de milho.....	23
2.2 Caracterização do amido.....	24
2.3 Fatores que afetam a digestibilidade do amido.....	27
2.4 Processamento dos grãos de milho e desempenho animal.....	29
2.4.1 Tamanho de partícula do grão de milho.....	29
2.4.2 Floculação e laminação dos grãos de milho.....	33
2.5 A polpa cítrica peletizada.....	35
2.6 Caracterização da pectina e a utilização da polpa cítrica peletizada na alimentação de ruminantes.....	35
2.7 Milho floculado e subprodutos fibrosos.....	38
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
3.1 Local do experimento.....	41
3.2 Desenho experimental.....	41
3.3 Animais e rações experimentais.....	42
3.4 Manejo alimentar.....	44
3.5 Amostragem e análises bromatológicas dos ingredientes.....	46
3.6 Determinação do desempenho animal.....	48
3.7 Coletas de dados após o abate.....	48
3.8 Coleta de fezes e determinação do teor de amido fecal e digestibilidade do amido.....	49
3.9 Cálculo da energia líquida das rações.....	50
3.10 Ensaio de produção de gás <i>in vitro</i>	51
3.11 Análise estatística.....	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5 CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS.....	83

RESUMO

Processamento de grãos de milho *flint* e sua substituição por polpa cítrica em dietas para tourinhos Nelore terminados em confinamento

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de métodos de processamentos de grãos de milho *flint* (floculação (MF), 310 g/L x moagem (MM), 1,3 mm de tamanho médio de partícula - TMP) e sua substituição parcial por polpa cítrica peletizada (0, 25, 50 e 75% da MS da dieta) no desempenho e nas características da carcaça de tourinhos terminados em confinamento. Foram utilizados 216 tourinhos da raça Nelore, com peso inicial de 350 kg, alojados em 40 baias coletivas, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 4, perfazendo um total de oito tratamentos (MM0, MM25, MM50, MM75, MF0, MF25, MF50, MF75). O experimento teve duração de 103 dias, após a adaptação dos animais às dietas experimentais, que apresentaram na composição da MS, 12% de bagaço de cana de açúcar *in natura* (BIN) e 88% de concentrado. Os dados foram analisados através do procedimento MIXED do pacote estatístico SAS, sendo a bacia considerada a unidade experimental. Houve interação significativa ($P < 0,05$) para as variáveis IMS, PF, GPD e GPD/IMS entre os tipos de processamento de milho e sua substituição por polpa cítrica na dieta. A substituição do milho floculado por polpa cítrica não afetou ($P > 0,05$) a IMS dos animais, entretanto, houve efeito positivo ($P < 0,05$) da polpa cítrica na IMS dos animais alimentados com milho moído quando a polpa substituiu 50% desse milho (MM50) em comparação com os tratamentos MM0 e MM75. A inclusão de polpa cítrica diminuiu o GPD dos animais nas dietas contendo milho floculado (1,80; 1,52; 1,70; 1,58 kg.cab⁻¹), e aumentou o GPD nas dietas contendo milho moído (1,60; 1,74; 1,85; 1,70 kg.cab⁻¹). A maior eficiência alimentar foi observada nos animais alimentados exclusivamente com milho floculado, seguido pelos animais alimentados com a dieta MF50. Inclusão de polpa cítrica diminuiu a eficiência alimentar dos animais alimentados com milho floculado (0,222; 0,190; 0,200; 0,184) e não teve nenhum efeito para os animais recebendo dietas contendo milho moído (0,180; 0,176; 0,180; 0,186). A Elg foi maior para as dietas contendo milho floculado (1,73; 1,51; 1,56; 1,45 e 1,42 Mcal kg.MS⁻¹) em comparação com as dietas contendo milho moído (1,42; 1,37; 1,39; 1,44 Mcal kg.MS⁻¹), com um efeito negativo da polpa cítrica nas dietas contendo milho floculado. A espessura de gordura foi maior nos animais alimentados com milho moído em comparação aos animais alimentados com milho floculado (4,4 mm x 5,0 mm). Quando a polpa cítrica substituiu até 50% do milho nas dietas, o teor de amido fecal foi menor para as dietas contendo milho floculado em comparação as dietas contendo milho moído (2,0% x 9,3%). Em conclusão, a floculação aumenta a Elg para bovinos Nelore alimentados com dietas ricas em concentrado, em comparação à moagem fina. A polpa cítrica diminui a Elg nas dietas contendo milho floculado e não apresenta efeitos negativos sobre as dietas contendo milho moído para bovinos da raça Nelore terminados em confinamento.

Palavras-chave: Bovinos; Confinamento; Subproduto

ABSTRACT

***Flint* corn grain processing and increasing levels of citrus pulp in finishing diets for Nellore bulls.**

The effects of *flint* corn processing (steam flaking, 310 g/l vs. gridding, 1.3 mm GMD) and the partial replacement of corn with citrus pulp (0, 25, 50 or 75%) in feedlot diets were evaluated. A total of 216 Nellore bulls (IBW 350 kg) were allotted to 40 pens and used in a randomized complete block design with a 2 × 4 factorial arrangement of treatments (SF100:CP0; SF75:CP25; SF50:CP50; SF25:CP75; GC100:CP0; GC75:CP25; GC50:CP50; GC25:CP75) for 103-d. The diets contained (% DM) 12% sugar cane bagasse and 88% concentrate. Data was analyzed using mixed procedure of SAS with pens as experimental units. For DMI, ADG, G/F and observed NE_g the effects of grain processing, the effects of citrus pulp inclusion in the diets and interactions were significant ($P < 0.01$). All the diets containing SFC presented less DMI than the GC75:CP25 and the GC50:CP50 diets. Citrus pulp had no effect on DMI of the SFC diets, however it increased DMI when it replaced up to 50% of the GC. Inclusion of CP decreased ADG in the SFC diets (1.80; 1.52; 1.70; 1.58 kg.head⁻¹) and it increased ADG in the GC diets (1.60; 1.74; 1.85; 1.70 kg.head⁻¹). The greatest G/F was observed for Nellore cattle fed the SF100:CP0 diet followed by the SF50:CP50 diet. Inclusion of citrus pulp decreased G/F of cattle fed SFC (0.222; 0.190; 0.200; 0.184) and had no effect for cattle fed GC diets (0.180; 0.176; 0.180; 0.186). Diet NE_g was greater for SFC diets (1.73; 1.51; 1.56; 1.45 Mcal kg.DM⁻¹) than for GC diets (1.42; 1.37; 1.39; 1.44 Mcal kg.DM⁻¹), with a negative effect of CP in the SFC diets. Fat thickness was greater for GC than for SFC diets (4.4 mm vs. 5.0 mm). When CP replaced up to 50% of corn in the diets fecal starch was less for SFC diets than for GC diets (2.0% vs. 9.3%). In conclusion, SFC increases diet NE_g for Nellore cattle fed high concentrate diets compared to ground corn. Citrus pulp decreases NE_g in SFC diets and has no negative effects on ground corn diets NE_g for Nellore cattle.

Keywords: By Product; Cattle; Feedlot

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação entre vitreosidade do grão de milho e a disponibilidade ruminal do amido avaliados em híbridos dentados norte-americanos e do tipo <i>flint</i> produzidos no Brasil..	24
Figura 2 - Efeito do tamanho de partícula do milho laminado sobre pH ruminal de bovinos confinados alimentados com dietas contendo 92% de concentrado.	28
Figura 3 - Confinamento experimental da ESALQ/USP.	36
Figura 4 - Dietas experimentais contendo 0% (A), 25% (B), 50% (C) e 75% (D) de substituição do milho por polpa cítrica peletizada.	38
Figura 5- Vagão misturador de ração sendo abastecido com bagaço de cana – de – açúcar.	40
Figura 6 - Bagaço de cana – de - açúcar (esquerda) e milho floculado (direita) utilizados durante o experimento..	41
Figura 7 - Estratificação do milho moído utilizado no experimento: (A) peneira de 4mm; (B) peneira de 2mm; (C) peneira de 1mm; (D) peneira de 0,85 mm; (E) peneira de 0,5mm; e (F) peneira de 0,25mm.	42
Figura 8 - Animais no início (esquerda) e no final (direita) do período experimental.	43
Figura 9 - Determinação da área de olho de lombo (esquerda) e espessura de gordura subcutânea (direita).	44
Figura 10 - Coleta retal de fezes dos animais.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades dos componentes do amido	21
Tabela 2 - Influência do tipo de híbrido (dentado x <i>flint</i>) na digestibilidade ruminal <i>in situ</i> do amido dos grãos de milho	25
Tabela 3 - Efeito da floculação do milho no desempenho de bovinos confinados em comparação com a laminação a seco.....	29
Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade do amido do grão de milho submetido a diferentes tipos processamentos	30
Tabela 5 - Composição das rações experimentais.....	37
Tabela 6 - Composição das rações de adaptação	39
Tabela 7 - Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	49
Tabela 8 - Influência do tipo de processamento sobre as características físicas dos grãos de milho utilizados	52
Tabela 9 - Composição química das rações experimentais	55
Tabela 10 - Desempenho de tourinhos Nelore alimentados com dietas contendo grãos de milho processados de diferentes formas e substituídos na dieta por polpa cítrica peletizada.....	58
Tabela 11 - Características da carcaça de tourinhos Nelore alimentados com dietas contendo grãos de milho processados de diferentes formas e substituídos na dieta por polpa cítrica peletizada.....	63
Tabela 12 - Valores observados de energia líquida e sua relação com os valores esperados de energia.....	66
Tabela 13 - Porcentagem de amido fecal, digestibilidade total do amido, energia líquida de manutenção e de ganho de peso do milho.....	69
Tabela 14- Valores médios para volume final de produção de gases dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos, suas respectivas taxas de degradação e o <i>lag time</i> das dietas.....	72

1 INTRODUÇÃO

As principais fontes de energia em dietas fornecidas para bovinos em confinamento são os grãos de cereais, principalmente os grãos de milho. O amido representa 57 a 72% da MS dos grãos de cereais (HUNTINGTON, 1997) e sendo assim, otimizar sua digestibilidade é fundamental para que este nutriente seja utilizado de forma eficiente (OWENS E SODERLUND, 2007). Entretanto, a digestibilidade do amido do milho e do sorgo no trato digestivo de bovinos é limitada por diversos fatores, principalmente pela presença de densa matriz proteica ao redor dos grânulos de amido, que age como barreira à ação de enzimas secretadas por microrganismos no rúmen ou pelo próprio bovino, no intestino (McALLISTER, 2007). O milho *flint* utilizado no Brasil apresenta alta vitreosidade, com consequente presença mais intensa dessa matriz protéica que no milho dentado utilizado na América do Norte (CORREA et al., 2002).

Métodos de processamento dos grãos, como a floculação e a ensilagem, são muito eficientes para romper (floculação) ou solubilizar (ensilagem) a matriz protéica que envolve o grânulo de amido e propiciam aumento expressivo na digestibilidade ruminal e intestinal do amido, o que via de regra resulta em melhor desempenho de bovinos confinados (OWENS et al., 1997; HUNTINGTON, 1997; ZINN et al., 2002; 2007). Aumentos médios de 12% na eficiência alimentar de bovinos confinados com milho dentado floculado em comparação com milho dentado laminado foram relatados nas revisões de Owens et al. (1997) e de Santos et al. (2011).

De acordo com Santos et al. (2011) os benefícios da floculação e da ensilagem de grãos de milho para bovinos confinados, devem ser maiores com cultivares de milho duro utilizados no Brasil que com cultivares de milho dentado utilizados nos Estados Unidos. Essa hipótese vem se confirmando nos trabalhos recentes (MARQUES et al., 2011; CARARETO et al., 2011; PERES, 2011) conduzidos no Brasil. Nesses estudos, o aumento na eficiência alimentar foi de 21 a 26%, o dobro do relatado nos trabalhos americanos com milho dentado quando os grãos foram floculados em comparação com os grãos laminados ou inteiros.

O aumento no preço do milho no mercado internacional observado nos últimos anos, em virtude principalmente da sua utilização para a produção de etanol nos EUA (HERSOM, et al., 2010), aumenta ainda mais a importância de se processar adequadamente os grãos para otimizar a utilização do amido. Além disso, toda vez

que o preço do milho está em alta, cresce a procura por alimentos energéticos alternativos, principalmente os subprodutos, com o objetivo de reduzir o custo das dietas de confinamento.

Segundo levantamento realizado por Millen et al. (2009), no Brasil 79,7% dos nutricionais utilizam alguma fonte de energia proveniente de subprodutos no concentrado das dietas de bovinos. O caroço de algodão aparece como a principal fonte utilizada (45,2%) seguida pela polpa cítrica peletizada (35,5%), casca de soja (16,1%) e por resíduos da soja (3,2%). Na média os nutricionistas estão trabalhando com dietas contendo entre 70 e 80% de concentrado, sendo o milho a principal fonte de energia nessas dietas. Ainda segundo esses autores o milho duro (*flint*) representa 90% de todo o milho utilizado.

No estado de São Paulo, a polpa cítrica é o subproduto mais utilizado como alternativa ao milho na dieta de bovinos em confinamento. De acordo com o NRC (1996) a polpa cítrica tem aproximadamente 90% do valor energético do milho dentado. Entretanto, em trabalhos conduzidos no Brasil, a polpa cítrica tem apresentado valor energético similar ao do milho *flint* (PEREIRA et al., 2007; HENRIQUE et al., 2004), provavelmente em virtude da alta vitreosidade do milho brasileiro.

Segundo DiLorenzo e Galyean (2010) o completo entendimento das possíveis interações, sejam elas positivas ou negativas, da utilização dos subprodutos em dietas altamente energéticas ainda precisam ser elucidados. Dados referentes à estimativa do valor energético, da digestibilidade dos nutrientes e mais especificamente da digestibilidade da fração fibrosa além de uma descrição analítica dos subprodutos são essenciais para o completo entendimento da incorporação de subprodutos nas dietas de bovinos confinados.

Em trabalhos conduzidos nos últimos anos nos Estados Unidos sobre a interação entre métodos de processamento de grãos e inclusão de subproduto da indústria de etanol de milho (grãos destilados) tem sido observado que os benefícios da floculação podem ser menores que nas dietas exclusivas com grãos (COLE et al., 2006).

O objetivo do presente trabalho foi comparar o desempenho animal, as características da carcaça, o teor de amido fecal e o valor energético de rações que apresentam diferentes métodos de processamento do grão de milho do tipo duro ou

flint e níveis de substituição do milho por polpa cítrica peletizada na dieta de tourinhos Nelore terminados em sistemas de confinamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estrutura dos grãos de milho

A superfície externa dos grãos cereais, mais especificamente do grão de milho, é constituída por uma espessa multicamada (pericarpo) responsável pela proteção da camada interna, constituída do gérmen e do endosperma, contra o ataque microbiano. Altas concentrações de lignina são depositadas durante o espessamento secundário do pericarpo e, muitas vezes, ésteres ainda estão associados á superfície como uma camada adicional para o impedimento da invasão microbiana e absorção de água (McALLISTER, 2006). Em todos os grãos de cereais, o pericarpo apresenta-se seco após a maturidade, constituído de grandes células vazias (EVERS et al., 1999). A epiderme externa do grão apresenta ainda uma camada de cutícula responsável pelo controle das trocas de água nos grãos em crescimento (EVERS et al., 1999).

O endosperma é o maior tecido do grão, sendo constituído por 2 componentes principais, claramente distintos (EVERS et al., 1999). O principal componente corresponde a uma massa central conhecida como endosperma amiláceo, constituído por células repletas de nutrientes que podem ser mobilizados para suportar o crescimento do eixo embrionário no início da germinação. Os nutrientes são armazenados na forma insolúvel, sendo os carboidratos (amido) o principal componente.

Além dos carboidratos, em ordem de abundância, também estão armazenados proteínas. Em todos os grãos cereais, existe um gradiente inverso envolvendo esses dois componentes, sendo que a porcentagem de proteína por unidade de massa do endosperma, aumenta no sentido da periferia do grão.

Circundando o endosperma amiláceo existe o segundo componente do endosperma, o aleurona, constituído de 1 a 3 camadas de células de parede espessa, conteúdo denso e núcleo pronunciado. O número de camadas varia de acordo com o tipo de grão cereal – trigo, aveia, arroz, milho e sorgo apresentam uma camada, enquanto a cevada apresenta 3 camadas. Ao contrário do endosperma amiláceo, as células do aleurona não apresentam amido, porém, apresentam alto teor de proteína e lipídeos.

O gérmen é constituído pelo eixo embrionário e pelo escutelo. O eixo embrionário será a planta da próxima germinação e o escutelo é um órgão de absorção e secreção, responsável por atender os requerimentos do eixo embrionário.

O grão de milho é o maior entre todos os grãos cereais (EVERS et al., 1999). O peso individual dos grãos de milho varia, em média, de 250 a 300mg e sua composição média na base seca é de 72% de amido, 9,5% de proteínas, 9% de fibra (a maioria resíduo detergente neutro) e 4% de óleo. (PAES, 2006).

2.2 Caracterização do amido

O amido é o mais importante carboidrato de reserva das plantas superiores, sendo encontrado nos cloroplastos das folhas e nos amiloplastos dos órgãos de armazenamento como sementes e tubérculos. (WANG et al., 1998). É classificado como carboidrato solúvel devido sua propriedade de gelatinização e parcial solubilidade em água quente. (VAN SOEST, 1994), porém em temperaturas normais, os grânulos de amido são extremamente insolúveis em água, que exerce um efeito mínimo sobre a pressão osmótica da célula (WANG, et al., 1998). O amido representa cerca de 70 a 80% da MS da maioria dos grãos cereais, com proporções ainda maiores em tubérculos e raízes além do principal componente de leguminosas como a ervilha, feijão e lentilha (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

Quimicamente, o amido é composto por dois principais tipos de polímeros, a amilose e a amilopectina (WANG et al, 1998) (Tabela 1), que juntos representam aproximadamente 98-99% do seu peso seco (TESTER e KARKALAS, 2004).

A relação entre esses dois tipos de polímeros varia de acordo com a origem botânica do amido (TESTER e KARKALAS, 2004) e sua diferença encontra-se no tipo de estrutura química, tamanho da molécula e propriedades químicas (ANTUNES e RODRIGUES, 2006). O amido “ceroso” contém menos que 15% de amilose, enquanto o amido “normal” (milho) apresenta cerca de 20-35% de amilose e o amido “rico em amilose” apresenta mais que 40% de amilose (TESTER e KARKALAS, 2004).

A amilose é um polímero relativamente longo, linear, com 99% dos resíduos de glicose unidos por ligações $\alpha(1 \rightarrow 4)$ (WANG, et al., 1998; TESTER e KARKALAS, 2004), dispostos em dupla hélice e que apresenta a capacidade de se

ligar ao iodo formando um composto azul/violeta (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986). Apresenta peso molecular variando de 1×10^5 a 1×10^6 , com 200 – 700 resíduos de glicose em cada cadeia (TESTER e KARKALAS, 2004).

A amilopectina é uma molécula maior que a molécula de amilose, com peso molecular variando de 1×10^7 à 1×10^9 . Apresenta estrutura bastante ramificada com 95% dos resíduos de glicose unidos por ligações $\alpha(1 \rightarrow 4)$ e 5% por ligações $\alpha(1 \rightarrow 6)$ a cada 20-25 resíduos de glicose, constituindo os pontos de ramificações. (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986; TESTER e KARKALAS, 2004). A estrutura resultante, embora bastante ramificada é altamente organizada (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986). Assim como a amilose, o tamanho, a forma e estrutura da molécula variam de acordo com a origem botânica (TESTER e KARKALAS, 2004). Segundo Rooney e Pflugfelder (1986) a função exata da amilose na estrutura do grânulo não é claramente definida, porém sabe-se que quando amidos cerosos são mantidos em água quente apresentam um poder de expansão/inchaço maior que aquele observado em amidos não cerosos, indicando que a amilose diminui a capacidade de absorver água pelo grânulo.

Tabela 1 - Propriedades dos componentes do amido

Propiedades	Componente	
	Amilose	Amilopectina
Estrutura geral da cadeia	linear	Ramificada
Pontos de ramificação	nenhum [†]	1 a cada 20-25 unidades de glicose
Coloração ao ligar-se com I	azul intenso	marrom avermelhado
Estabilidade em solução	baixo	Alto

Adaptado de Rooney e Pflugfelder (1986).

[†]As cadeias ramificadas de amilose podem apresentar 1 ou 2 ramificações por molécula.

A proporção de amilose e amilopectina varia bastante entre os grãos cereais. O conteúdo de amilose no grão de milho tende a aumentar com a maturidade fisiológica da planta. Além disso, a qualidade do grânulo de amido é afetada pelo tipo de amido nele presente. O endosperma farináceo do milho apresenta alta proporção de amilopectina e as características do endosperma vítreo do milho *flint* ou duro estão associadas com o conteúdo de amilose (VAN SOEST, 1994).

O amido apresenta-se altamente organizado em grânulos, dentro dos quais as cadeias de amilose e amilopectina encontram-se unidas por pontes de hidrogênio

(ROONEY e PFLUGFELDER, 1986) o que confere aos grânulos íntegros, baixa capacidade de absorção de água por se apresentarem bastante estáveis (FLINT e FORSBERG, 1995).

Cada espécie de cereal apresenta grânulos com tamanho, forma e propriedades características distintas. Em cereais como na aveia ou no arroz, muitos grânulos de amido são sintetizados dentro dos amiloplastos durante o desenvolvimento do grão, resultando em grânulos de amido compostos que se quebram em pequenos grânulos angulares. Já outros cereais como o sorgo e o milho apresentam grânulos simples (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

Os grânulos de amido podem ser definidos como pseudo-cristais que apresentam regiões semicristalizadas e bastante organizadas e algumas áreas amorfas relativamente não organizadas. A região cristalina ou micelar é composta primariamente por amilopectina. Essa região apresenta elevada resistência á água e ao ataque enzimático. Já a região amorfa ou também conhecida como “fase gel” é rica em amilose e apresenta uma menor densidade que a região cristalina. Na região amorfa existe livre movimento de água e o ataque enzimático pela amilase ao grânulo ocorre nessa região. Modificações químicas do amido, como a quebra de ligações, afetam primariamente a região amorfa do grânulo. (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986; WANG et al., 1998).

Segundo Rooney e Pflugfelder (1986), os grânulos de amido sofrem processo chamado de gelatinização quando ocorre perda irreversível de sua estrutura nativa em função de algum tipo de energia aplicada, que será responsável pela quebra das pontes de hidrogênio intermoleculares do grânulo. Esse processo pode ser provocado por diversos fatores, como 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.

A retrogradação por sua vez, pode ser considerada o oposto da gelatinização e consiste na reassociação das moléculas de amido que foram separadas durante a gelatinização. Pontes de hidrogênio entre a amilose e parte da amilopectina são formadas, porém o amido que passa por este processo não apresenta a característica pseudo-cristalina do amido original (FRENCH, 1973; ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

2.3 Fatores que afetam a digestibilidade do amido

A digestibilidade do amido é afetada por diversos fatores, como composição química e características físicas do amido, interação proteína-amido, fatores antinutricionais e forma física do grão cereal. Em geral, o amido dos grãos cereais é mais facilmente digeridos do que o amido presente nas raízes e tubérculos, enquanto o amido presente em leguminosas apresentam uma digestibilidade intermediária (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

Segundo Rooney e Pflugfelder (1986) a digestibilidade do amido é na maioria das vezes inversamente proporcional ao conteúdo de amilose. Milho com elevado teor de amilose apresentam baixa digestibilidade mesmo quando submetidos ao cozimento, enquanto o amido de cereais “cerosos” estão entre os mais digestíveis.

Ainda segundo esses autores, a interação com proteínas pode reduzir a susceptibilidade do amido à hidrólise enzimática. Segundo McAllister (2006) para a maioria dos grãos cereais comumente utilizados na alimentação animal, a natureza da matriz proteica que reveste o grânulo de amido apresenta maior impacto na taxa e extensão da digestão do amido do que outras propriedades do grão.

Segundo Rooney e Pflugfelder (1986) a matriz proteica é um arcabouço proteico amorfo contínuo ou incompleto, com função estrutural no grão, composta principalmente por glutelinas. No endosperma vítreo, os grânulos de amido são menores e a matriz quase totalmente contínua. Já as células do endosperma farináceo tendem a apresentar um número maior de grânulos de grande tamanho envoltos por uma matriz descontínua com uma quantidade menor de proteína.

Phillipeau e Doreau (1997) concluíram que a degradação ruminal do amido dos grãos de milho varia bastante em função do tipo de genótipo e estágio de maturação do grão e que essa variação está fortemente relacionada com a vitreosidade do grão. Segundo esses autores, a vitreosidade do grão é responsável por 86% da variação na digestibilidade ruminal do amido.

Correa et al., (2002) avaliaram o efeito da dureza do grão (vitreosidade, %) comparando híbridos brasileiros com híbridos americanos, sobre a cinética de degradação ruminal da MS e do amido. Os híbridos brasileiros apresentaram na média, 73,2% de vitreosidade, valor 56% maior que a média dos híbridos americanos (47%). A fração A (%) do amido dos híbridos brasileiros foi cerca de 5 vezes menor que a dos híbridos americanos (6,1 x 31%). Da mesma forma, a taxa

de degradação (%/h) do amido dos híbridos brasileiros foi menor que a dos híbridos americanos ($0,07 \times 0,19$) e a disponibilidade do amido foi 62% do valor observado para os híbridos americanos ($48,4 \times 77,4$). Os autores observaram ainda, uma alta correlação negativa entre o grau de vitreosidade e a degradabilidade ruminal do amido (Figura 1). Verbic et al., (1995) em estudo semelhante, também observaram uma maior degradabilidade ruminal da MS de híbridos dentados quando comparados com híbridos do tipo *flint*.

Figura 1 - Relação entre vitreosidade do grão de milho e a disponibilidade ruminal do amido avaliados em híbridos dentados norte-americanos (■) e do tipo *flint* produzidos no Brasil (▲). Disponibilidade = $A + B [K_d / (K_d + K_p)]$. Disponibilidade = $108,2 - 0,7605 \times \text{Vitreosidade}$. $R^2=0,87$. $P < 0,001$. Adaptado de Correa et al., (2002)

Philippeau et al., (1999) avaliaram a amplitude de variação na taxa e extensão da digestibilidade ruminal *in situ* do amido de 14 híbridos de milho (Tabela 2) com diferentes vitreosidades (8 híbridos do tipo dentado e 8 híbridos do tipo *flint*). A vitreosidade dos grãos variou de 38,5 a 79,1%, com médias de 51,4% para os híbridos dentados e 71,8% para os híbridos *flint*. O conteúdo de amido dos grãos variou de 60,1 a 72,0% e o teor de proteína de 8,7 a 13,5%, porém na média, o teor de amido não foi diferente entre os dois tipos de milho (68,0% para o milho do tipo dentado e 67,1% para o milho *flint*). Já o teor de proteína dos híbridos dentados foi um pouco inferior ($p=0,0638$) que dos híbridos do tipo *flint* (10,7% x 12% respectivamente).

Tabela 2 - Influência do tipo de híbrido (dentado x *flint*) na digestibilidade ruminal *in situ* do amido dos grãos de milho

Itens	Tipo do híbrido			
	Dentado	Flint	EPM	P
Fração rapidamente degradável (A), %	26,6	19,4	2,2	0,0072
Fração lentamente degradável (B), %	73,4	80,6	2,2	0,0072
Taxa de degradação (kd), h ⁻¹	0,059	0,039	0,004	0,0003
Degradabilidade efetiva, %	61,9	46,2	1,5	0,0001
Perda de partículas, % [†]	12,9	5,7	1,5	0,022

Adaptado de Philippeau et al., (1999).

[†]Porcentagem do amido inicialmente incubado.

Fatores antinutricionais como taninos condensados podem formar complexos insolúveis com proteínas e carboidratos, inibindo a atividade das enzimas digestivas (NYACHOTI et al., 1997).

2.4 Processamento dos grãos de milho e desempenho animal

2.4.1 Tamanho de partícula do grão de milho

Galyean et al. (1979) avaliaram o efeito do tamanho de partícula do grão de milho (3,18 mm; 4,76 mm; 7,94 mm e milho inteiro) sobre o sítio e a extensão da digestão do amido em novilhos alimentados com dietas contendo 72% desse grão. A digestão ruminal da matéria seca foi menor para o milho inteiro (44,9%) em relação ao milho moído (62,2% na média), que não apresentou diferença entre os graus de moagem para nenhuma das variáveis avaliadas. A digestibilidade ruminal do amido também foi menor para o milho inteiro (70,8%) em relação ao milho moído (91,7% na média), assim como a digestão do amido no trato total, que também foi menor para o milho inteiro (88,2%) em relação ao milho moído (93,9% na média). Deve-se observar que, apesar do grau de moagem influenciar sítio e a extensão da digestão do amido no presente estudo, os tamanhos de partículas testados foram relativamente grandes, e que não houve nenhum tratamento com tamanho médio de partícula (TMP) menor ou igual a 1 mm, que poderia ser considerado um material moído fino.

Turgeon et al., (1983) avaliaram os efeitos do tamanho de partícula do grão de milho e do nível de forragem na dieta, no desempenho de novilhos em terminação. Os tratamentos avaliados foram: milho inteiro, quebrado (2,07 mm), moído fino (0,734 mm), mistura 50:50 milho inteiro e milho quebrado e mistura de 50:50 milho inteiro e milho moído fino, cada um associado a 3 níveis de forragem (feno de alfafa: 5; 10 e 15% da MS da dieta). Não foram observadas interações entre os níveis de forragem e os tipos de processamento do grão de milho para PF, GPD, IMS e IMS/GPD. O PF, o GPD e as características da carcaça não foram influenciados pelo nível de forragem da dieta, porém a IMS aumentou linearmente com o aumento do nível de forragem. Os animais alimentados com dietas contendo a mistura de 50:50 milho inteiro e milho quebrado apresentaram maior PF, maior GPD, e maior IMS/GPD quando comparados com os animais alimentados com milho inteiro. Quando comparado com os animais que eram alimentados com milho quebrado, animais que recebiam a mistura 50:50 milho inteiro e milho quebrado também apresentaram maior IMS/GPD, porém o PF, GPD e IMS não se mostraram diferentes.

Os animais alimentados com a dieta contendo milho moído fino apresentaram o mesmo PF, GPD, IMS e IMS/GPS dos animais alimentados com a mistura de 50:50 milho inteiro e moído fino. Os animais alimentados com dietas contendo mistura 50:50 milho inteiro e milho moído fino apresentaram maior PF, GPD e IMS que os animais alimentados com grão inteiro, porém não apresentaram diferença na IMS/GPD. O tipo de processamento não afetou as características da carcaça dos animais. O teor de amido fecal e o pH fecal não foram influenciados pelo tipo de processamento nem pelo nível de forragem da dieta. Vale ressaltar que, no presente trabalho, não foram testados os efeitos do milho moído fino em comparação ao milho quebrado para as variáveis analisadas, o que poderia dar ideia da influência do grau de moagem sobre o desempenho dos animais.

Secrist et al., (1995) avaliaram o efeito do tamanho de partícula do grão de milho sobre o desempenho e as características da carcaça de bovinos terminados em confinamento alimentados com dietas contendo 86% MS de milho. Foram testados 3 tamanhos de partículas: grosseiramente moído (2,59 mm), moído (1,54 mm) e moído fino (0,75 mm). O tamanho de partícula do grão de milho não afetou a IMS dos animais, porém o GPD e IMS/GPD apresentaram efeito quadrático - os animais alimentados com o milho moído (1,54 mm) apresentaram melhor resultado.

Os animais alimentados com dietas contendo milho moído (1,54 mm) apresentaram carcaças com maiores graus de marmoreio. A digestibilidade da MS da dieta não foi afetada pelo tamanho de partícula, porém a digestibilidade do amido foi maior para os animais alimentados com dietas contendo milho moído fino (0,75 mm). Os autores ressaltam que o melhor tamanho de partícula pode ser alterado pela eficiência de mastigação, fonte e nível de forragem da dieta.

Secrist et al., (1996) avaliaram o efeito do tamanho de partícula do grão de milho laminado a seco, sobre os parâmetros rumiais do bovinos confinados, alimentados com dietas contendo 92% de concentrado. Foram testados 3 tamanhos de partículas dos grãos laminados: 1,55 mm; 3,10mm e grão inteiro. O tamanho de partícula não afetou a digestibilidade no trato total do amido, da MO da dieta nem o teor de amido fecal. O pH do conteúdo ruminal (Figura 2) dos animais mensurados 12 horas após a alimentação apresentou comportamento linear em função do tamanho de partícula do grão de milho (5,6; 5,78 e 6,06 para os grãos de 1,55 mm; 3,1 mm e grão inteiro respectivamente). A concentração de AGV's no fluido ruminal também foi afetada pelo tamanho de partícula do grão. Propionato (%) diminuiu linearmente à medida que o tamanho de partícula do grão aumentou. A porcentagem de butirato por sua vez, aumentou com o aumento do tamanho de partícula (9,9; 11,5 e 17,9% respectivamente para os tamanhos de partícula de 1,55 mm; 3,10 mm e grão inteiro). A concentração molar total de AGV's no fluido ruminal dos animais diminuiu linearmente com o aumento do tamanho de partícula (176,82; 167,76 e 133,79 mM respectivamente para os tamanhos de partícula de 1,55 mm; 3,10 mm e grão inteiro).

Figura 2 - Efeito do tamanho de partícula do milho laminado sobre pH ruminal de bovinos confinados alimentados com dietas contendo 92% de concentrado (Adaptado de Secrist et al., 1996)

McAllister et al. (1993) avaliaram o efeito da presença matriz proteica e do tamanho de partícula sobre a digestibilidade do milho e da cevada pelos microrganismos ruminais. Foram testados dois tamanhos de partículas dos grãos - partículas pequenas (0,25 – 0,89mm) e partículas grandes (2 - 3mm), além de grânulos isolados de cada um dos grãos durante 3 tempos de incubação (8h, 16h e 24h) em inóculos ruminais. Na média, a digestão do amido foi maior os grãos de cevada do que observada nos os grãos de milho. A digestão do amido foi maior para os grãos que apresentavam menor tamanho de partícula em relação aos grãos de maior tamanho de partícula. A digestão do amido foi maior para os grãos de cevada nos tempos 16 e 24 horas de incubação em comparação com os grãos de milho, tanto para os grãos de tamanho pequeno quanto para os grãos de tamanho grande. Não foi observada diferença para a digestibilidade do amido dos grânulos isolados. Através de microscopia eletrônica foi possível constatar que o processo de isolar o grânulo de amido dos grãos não alterou sua estrutura. Os autores observaram ainda, através de microscopia eletrônica, que a moagem dos grãos, apesar de expor as células do endosperma, não foi capaz de romper a matriz proteica que envolvia os grânulos de amido.

2.4.2 Floculação e laminação dos grãos de milho

De acordo com os dados revisados por Owens et al. (1997), sobre os efeitos de métodos de processamento de grãos sobre o desempenho de bovinos terminados em confinamento, em comparação com a laminação a seco a floculação do milho reduz o CMS em 11,6% ($9,45 \times 8,35 \text{ kg.cab}^{-1}$), não afeta o GPD ($1,45 \times 1,43 \text{ kg.cab}^{-1}$) e melhora a eficiência alimentar (GPD/CMS) em 12%.

Segundo Santos et al., (2011) trabalhos mais recentes ainda vem confirmado as vantagens da floculação do milho sobre a laminação a seco (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito da floculação do milho no desempenho de bovinos confinados em comparação com a laminação a seco

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

Adaptado de Santos et al., (2011).

O incremento de 10,8% na eficiência alimentar com a floculação é próximo do 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 7,2% no GPD com redução média de apenas 3,46% 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; SINDT et al., 2006; 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.

Na Tabela 4 são apresentados os coeficientes de digestibilidade do amido em função do tipo de processamento do grão de milho. A floculação aumentou a digestão ruminal do amido dos grãos de milho em 24% e a digestibilidade pós-ruminal (% entrou) em 30% quando comparado com a laminação a seco. A digestibilidade do amido no trato total, conseqüentemente, aumenta em 8%, o que contribui para um melhor desempenho animal, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade do amido do grão de milho submetido a diferentes tipos processamentos

Itens	Tipo de processamento	
	Laminação a seco	Floculação a vapor
Digestão do amido no rúmen, % ingerido	63,8 ^b	84,05 ^a
Digestão pós-ruminal do amido, % entrou	72,16 ^b	94,33 ^a
Digestão do amido no intestino delgado, % ingerido	20,08	16,39
Digestão do amido no intestino delgado, % entrou	58,83 ^b	92,48 ^a
Digestão do amido no intestino grosso, % ingerido	11,66 ^a	0,42 ^b
Digestão do amido no intestino grosso, % entrou	56,32 ^a	20,47 ^b
Digestão do amido no trato total, % ingerido	91,03 ^b	99,09 ^a

Adaptado de Owens e Soderlund (2007).

Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias ($P < 0,05$).

Corona et al. (2006) avaliaram os efeitos do tipo de processamento (floculação e laminação à seco) e do nível de vitreosidade do grão de milho, sobre a extensão e o sitio de digestão do amido. Foi observado que a digestão ruminal do amido foi 14,4% menor para o grão de milho laminado em relação ao grão de milho floculado. Para os grãos laminados, a vitreosidade diminuiu linearmente a digestão pós-ruminal

do amido, enquanto que para os grãos floculados a vitreosidade não afetou a digestibilidade pós-ruminal nem a digestibilidade do amido no trato total. A floculação do grão de milho aumentou a digestão no trato total da MO, do amido e do N, porém diminuiu a digestão da fração FDA. Os autores observaram que o pH do fluido ruminal foi maior nos animais alimentados com milho laminado do que o observado nos animais alimentados com milho floculado (6,03 x 5,62 respectivamente). A eficiência energética do milho floculado foi 19% maior que a apresentada pelo milho laminado. Segundo os autores, cerca de $\frac{3}{4}$ dessa melhora pode ser atribuída ao aumento da digestibilidade da MO e $\frac{1}{4}$ à redução na produção de metano.

2.5 A polpa cítrica peletizada

A polpa cítrica é um subproduto da fabricação do suco de laranja, composto pela casca, semente e bagaço obtido após o processo de prensagem das frutas para a extração do suco. Esse material resultante é seco até atingir cerca de 90% de MS para ser peletizado e então comercializado (FEGEROS et al., 1995).

Antes do processo de prensagem das frutas, é adicionado óxido de cálcio a fim de diminuir a natureza hidrofílica da pectina e permitir o maior desprendimento possível de água do material. Vale ressaltar que a polpa cítrica apresenta baixo teor de fósforo e que a adição de óxido de cálcio eleva expressivamente os teores de cálcio desse subproduto (NRC, 1996). Isso exige cuidado durante a formulação do mineral, a fim de garantir o suprimento de fósforo para o animal e evitar níveis excessivos de cálcio na dieta.

Considerada um alimento energético, a polpa cítrica peletizada apresenta cerca de 80% de NDT, entre 6,1 a 8,1% de proteína bruta e de 23 a 25,1% de FDN (NRC, 1996; MACHADO, 2001).

Além de possuir alto teor de carboidratos solúveis e parede celular altamente digestível, a polpa cítrica peletizada apresenta em sua composição a pectina (25% da MS), que é um carboidrato constituído por polímeros de ácido galacturônico e que faz parte da estrutura da parede celular dos vegetais.

2.6 Caracterização da pectina e a utilização da polpa cítrica peletizada na alimentação de ruminantes

A pectina é um polissacarídeo rico em ácido galacturônico, que está presente principalmente na lamela média da parede celular vegetal (VAN SOEST, 1994). É conhecida como o “cimento” da parede celular, já que funciona como substância de adesão entre as células sendo em parte, responsável pela rigidez dos tecidos vegetais (SALISBURY e ROSS, 1991).

Os principais componentes das pectinas são o ácido galacturônico, que forma homopolímeros compostos por ligações $\alpha(1 \rightarrow 4)$ chamados D-ácido galacturônico, e as ramnogalacturanas, também conhecidas por ácido poligalacturônico, que são heteropolímeros constituídos por $\alpha(1 \rightarrow 2)$ L-ramnose - $\alpha(1 \rightarrow 4)$ D ácido galacturônico. Além do ácido galacturônico, galactose e ramnose, as moléculas de pectina podem apresentar glicose, xilose e arabinose (LEWIS, 1993). As moléculas de pectina estão ligadas covalentemente com a celulose e com a hemicelulose e apresentam-se ligadas entre si por meio de interações não covalentes com íons de cálcio. Ainda não foi demonstrada nenhuma ligação covalente entre a pectina e a lignina, mesmo com o avanço da maturidade fisiológica da planta (HALL, 1994). Segundo Van Soest (1994), Nocek e Tamminga (1991) e Stern e Ziemer (1993) a ausência de ligações da pectina com a lignina pode ser comprovada pela sua fácil solubilidade em água e em detergente neutro, sem a necessidade de clivagem enzimática, sendo o carboidrato complexo de mais rápida degradação ruminal (98% em 12 horas).

Embora a taxa e a extensão da degradação da pectina sejam similares às dos carboidratos não estruturais, a fermentação da pectina aumenta a produção de acetato e geralmente não resulta na produção de ácido láctico durante a fermentação (HATFIELD e WEIMER, 1995).

Chesson e Monro (1982) observaram taxas de degradação ruminal da pectina de 30 a 45% por hora, com degradação quase total entre 12 e 18 horas. Semelhantemente, Sniffen (1988) encontrou valores de degradação entre 30 e 50% por hora para a pectina, enquanto que para o amido de milho laminado a taxa foi menor, de 10 a 20% por hora.

O'mara et al. (1999) estudaram a degradação de vários alimentos com bovinos e ovinos e concluíram que a degradabilidade ruminal da polpa cítrica peletizada foi de 82,6% para MS, 42,2% para proteína e 69,0% para FDN, sem diferença entre espécie animal.

Segundo Duskova e Marounek (2001) a digestão ruminal dos carboidratos fibrosos e não fibrosos na polpa cítrica peletizada difere da digestão do amido em potencial de síntese de proteína microbiana. De acordo com esses autores, apesar do crescimento microbiano à base de pectina e sacarose ser rápido, o potencial de síntese de proteína microbiana a partir desses substratos é inferior ao do amido.

Tanto a polpa cítrica peletizada quanto o milho possuem cerca de 80% de carboidratos totais. O milho por sua vez, possui quase toda a sua fração de carboidratos na forma de amido (70% da MS), enquanto a polpa cítrica peletizada apresenta um balanço entre FDN (25% da MS), carboidratos solúveis (30% da MS) e isto gera implicações na fermentação ruminal e no aproveitamento de energia (CARVALHO, 1998).

Segundo Pereira (2011) a substituição do milho por subprodutos fibrosos induz variação tanto no teor quanto no tipo da FDN dietética quanto no seu teor de carboidratos não fibrosos (CNF). Um exemplo clássico dessa interação entre FDN e CNF ocorre quando a polpa cítrica peletizada substitui o milho em dietas com conteúdo fixo de forragem e de concentrados proteicos, plausível nutricionalmente, pois esses dois alimentos contêm teores similares e baixo de nitrogênio (N). Nesse caso a substituição do milho por polpa cítrica peletizada aumenta o teor dietético de FDN de alta digestibilidade e muda o tipo do CNF na dieta, de amido para a pectina e a sacarose.

Pizon e Wing (1976) estudaram o efeito da substituição do milho moído por polpa cítrica peletizada (0%, 33%, 68% e 100%) em um ensaio de digestibilidade com novilhos de corte alimentados com rações que continham 66,7% de concentrado. Eles observaram que o aumento da inclusão do subproduto na dieta reduziu o pH ruminal (6,85; 6,65; 6,61 e 6,51) e aumentou a produção de ácido acético. Os autores relataram que o resíduo de citros estimulava a fermentação ruminal quando comparado ao milho.

Carvalho (1998) estudou os efeitos do teor de amido na dieta sobre a digestibilidade e o pH ruminal de novilhos Nelore. As rações continham alto teor de concentrado e bagaço de cana-de-açúcar tratado com pressão e vapor como volumoso. Os tratamentos visaram estudar a substituição de 48% do milho moído da dieta pela polpa cítrica peletizada. O tratamento com polpa cítrica peletizada aumentou a digestibilidade da dieta e apresentou melhor ambiente ruminal, apesar da queda mais rápida do pH ruminal logo após o fornecimento da dieta. O autor

concluiu que a substituição parcial do milho por polpa cítrica peletizada apresenta boas possibilidades de minimizar os efeitos associativos negativos decorrentes de rações com alto teor de concentrado.

Pereira (2007) avaliou a substituição do milho *flint* moído fino por polpa cítrica peletizada na dieta de tourinhos da raça Canchim terminados em confinamento. As rações continham 70% de concentrado e 30% de silagem de cana-de-açúcar. Os tratamentos testados foram: M = 100% milho moído fino; P50 = 50% milho moído fino + 50% polpa cítrica peletizada; P75 = 25% milho moído fino + 75% de polpa cítrica peletizada; P100 = 100% de polpa cítrica peletizada. A eficiência alimentar e a energia líquida de manutenção e de ganho foram maiores na dieta com 50% de polpa cítrica peletizada e 50% de milho moído fino em comparação à dieta com 100% de milho moído fino. O ganho de peso diário e a ingestão de matéria seca foram reduzidos linearmente quando a polpa cítrica peletizada substituiu 75 e 100% do milho moído fino em comparação com a dieta do tratamento P50. Não foram observadas diferenças na espessura de gordura e no rendimento de carcaça. De acordo com os dados deste estudo, o teor energético da polpa cítrica é similar ao do milho *flint* moído fino.

2.7 Milho floculado e subprodutos fibrosos

Nos trabalhos mais recentes conduzidos com processamento de grãos nos Estados Unidos, tem sido demonstrado que há interação entre processamento de milho e presença de subprodutos fibrosos na dieta, como o farelo úmido de glúten de milho e resíduo úmido ou seco de destilaria são incluídos na dieta (CORRIGAN et al., 2006; COOPER, 2006). A superioridade da floculação sobre a laminação é maior quando 22 a 32% de farelo úmido de glúten de milho é incluído na dieta, que em dietas sem o subproduto. No caso do resíduo úmido de destilaria, a superioridade do milho floculado sobre o laminado caiu de 10% sem o subproduto para 8,5% com 15% do subproduto na dieta e para zero com 27,5% do subproduto na dieta

No Brasil, dados referentes aos diferentes métodos de processamento de milho na dieta de bovinos terminados em confinamento em associação a subprodutos fibrosos ainda são escassos, o que demonstra a necessidade desse tipo de estudo com o milho *flint* cultivado no país para bovinos da raça Nelore.

Com base nos trabalhos revisados as hipóteses do presente trabalho são: a) a floculação do milho *flint* deve aumentar a eficiência alimentar de bovinos confinados em comparação com a moagem; b) esse efeito positivo deve ser maior que o relatado na literatura com milho dentado; c) a superioridade do milho floculado sobre o moído deve ser reduzida quando níveis crescentes de polpa cítrica substituem o milho na dieta.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido nas instalações do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo (ESALQ-USP) (Figura 3), localizada no município de Piracicaba – SP, no período de 01 agosto a 07 de dezembro de 2011, totalizando 103 dias de período experimental após a adaptação dos animais às dietas.

Figura 3 - Confinamento experimental da ESALQ/USP

3.2 Desenho experimental

Foi adotado o delineamento em blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 4, sendo dois métodos de processamentos do grão de milho duro (moagem ou floculação) e quatro níveis de substituição do milho por polpa cítrica peletizada na MS da dieta (0%, 25%, 50% e 75%), perfazendo um total de oito tratamentos:

MM 0 – 100% de milho moído;

MM 25 – substituição de 25% do milho moído por polpa cítrica peletizada na MS da dieta;

MM 50 – substituição de 50% do milho moído por polpa cítrica peletizada na MS da dieta;

MM 75 – substituição de 75% do milho moído por polpa cítrica peletizada na MS da dieta;

MF 0 – 100% de milho floculado;

MF 25 – substituição de 25% do milho floculado por polpa cítrica peletizada na MS da dieta;

MF 50 – substituição de 50% do milho floculado por polpa cítrica peletizada na MS da dieta;

MF 75 – substituição de 75% do milho floculado por polpa cítrica peletizada na MS da dieta.

3.3 Animais e rações experimentais

Do lote de 240 animais provenientes da Fazenda Figueira, localizada no município de Londrina/PR, foram selecionados para o experimento 216 tourinhos da raça Nelore, com peso médio inicial de 350 kg e 36 meses de idade. Os animais foram alojados em 40 baias de 32 m² cada, parcialmente cobertas, com piso de concreto, 4 metros lineares de cocho e bebedouro para cada duas baias.

As dietas experimentais (Figura 4) foram formuladas de acordo com o NRC (1996) para suprirem as exigências de tourinhos Nelore na fase de terminação com ganhos médios ao redor de 1,5 kg/dia, e apresentaram na composição da MS, 12% de bagaço de cana de açúcar *in natura* (BIN) e 88% de concentrado.

A composição das dietas experimentais é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição das dietas experimentais

Ingredientes (% MS)	Tratamentos [†]			
	M 0	M 25	M 50	M 75
Bagaço de cana <i>in natura</i>	12,0	12,0	12,0	12,0
Milho (moído ou floculado)	79,1	59,2	40,2	20,1
Polpa cítrica peletizada	0,0	19,8	40,2	60,2
Farelo de Soja	5,0	5,0	5,0	5,0
Uréia	1,5	1,6	1,6	1,7
Núcleo Mineral [‡]	2,4	2,4	1,0	1,0

[†]Tratamentos: M = 100% de milho (moído ou floculado), M 25 = substituição de 25% do milho por polpa cítrica peletizada, M 50 = substituição de 50% do milho por polpa cítrica peletizada, M 75 = substituição de 75% do milho por polpa cítrica peletizada.

[‡]núcleo mineral: Dietas M0 e M25: Cálcio (mín/máx) 240 g/kg, Magnésio (mín) 10 g/kg, Sódio (mín) 50 g/kg, Potássio (mín) 90 g/kg, Enxofre (mín) 25 g/kg, Cobre (mín) 380 mg/kg, Zinco (mín) 1800 mg/kg, Manganês (mín) 1200 mg/kg, Selênio (mín) 13 mg/kg, Cobalto (mín) 14 mg/kg, Iodo (mín) 28 mg/kg, Vitamina A (mín) 190000 UI/kg, Vitamina D3 (mín) 14000 UI/kg, Vitamina E (mín) 120 UI/kg, Monensina 1250 mg/kg. Dietas M 50 e M 75: Fósforo (mín) 72 g/kg, Sódio (mín) 96 g/kg, Potássio (mín) 48 g/kg, Enxofre (mín) 84 g/kg, Cobre (mín) 912 mg/kg, Zinco (mín) 3600 mg/kg, Manganês (mín) 2880 mg/kg, Selênio (mín) 31,2 mg/kg, Cobalto (mín) 33,6 mg/kg, Iodo (mín) 67,2 mg/kg, Vitamina A (mín) 456000 UI/kg, Vitamina D3 (mín) 33600 UI/kg, Vitamina E (mín) 288 UI/kg, Monensina 3000 mg/kg.

(A)

(B)

(C)

(D)

Figura 4 - Dietas experimentais contendo 0% (A), 25% (B), 50% (C) e 75% (D) de substituição do milho por polpa cítrica peletizada

3.4 Manejo alimentar

Os animais foram adaptados gradualmente às dietas finais contendo 88% de concentrado durante duas semanas. As dietas de adaptação da semana 1 e 2 são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Composição das rações de adaptação

Ingredientes (% MS)	Dieta 1	Dieta 2
Bagaço de cana <i>in natura</i>	30,0	20,0
Milho moído	31,2	53,0
Polpa cítrica peletizada	31,2	18,0
Farelo de Soja	5,0	5,0
Uréia	1,6	1,6
Núcleo Mineral [†]	1,0	2,4

[†] Dieta 1: Fósforo (mín) 72 g/kg, Sódio (mín) 96 g/kg, Potássio (mín) 48 g/kg, Enxofre (mín) 84 g/kg, Cobre (mín) 912 mg/kg, Zinco (mín) 3600 mg/kg, Manganês (mín) 2880 mg/kg, Selênio (mín) 31,2 mg/kg, Cobalto (mín) 33,6 mg/kg, Iodo (mín) 67,2 mg/kg, Vitamina A (mín) 456000 UI/kg, Vitamina D3 (mín) 33600 UI/kg, Vitamina E (mín) 288 UI/kg, Monensina 3000 mg/kg. Dieta 2: Cálcio (mín/máx) 240 g/kg, Magnésio (mín) 10 g/kg, Sódio (mín) 50 g/kg, Potássio (mín) 90 g/kg, Enxofre (mín) 25 g/kg, Cobre (mín) 380 mg/kg, Zinco (mín) 1800 mg/kg, Manganês (mín) 1200 mg/kg, Selênio (mín) 13 mg/kg, Cobalto (mín) 14 mg/kg, Iodo (mín) 28 mg/kg, Vitamina A (mín) 190000 UI/kg, Vitamina D3 (mín) 14000 UI/kg, Vitamina E (mín) 120 UI/kg Monensina 1250 mg/kg.

Após o período de 14 dias de adaptação, os animais permaneceram mais 15 dias recebendo dieta com 88% de concentrado, com proporções iguais de milho moído fino e polpa cítrica. Essa prática foi adotada em virtude do aumento lento do CMS dos animais.

Quando foi atingida a ingestão média de MS de 8 kg.cab⁻¹ os animais foram novamente pesados após 16 horas de jejum alimentar e 10 horas de jejum hídrico, desverminados (Albendazol – 20 ml/cab e Ivermectina – 8ml/cab), vacinados contra clostridioses (Sintoxan[®] - 2ml/cab) e distribuídos em cinco (5) blocos com base no peso corporal.

A matéria seca da dieta foi fixada em 70%, garantida com a inclusão de água em quantidades variáveis (aproximadamente 10% da MO) em função do teor de matéria seca dos ingredientes, principalmente do bagaço de cana-de-açúcar, que era determinada de 2 a 3 vezes por semana em estufa a 105° por 12 horas.

Diariamente, às 08h00min, a dieta era fornecida na forma totalmente misturada, com o uso de vagão misturador (Figura 5) com capacidade de 2,3 m³,

equipado com balança eletrônica com precisão de 2 kg e sistema de mistura por tombamento, (SILTOMAC – Misturadora de dieta total S - 2.3).

O bagaço de cana-de-açúcar, o milho e a polpa cítrica peletizada eram pesados diretamente no vagão misturador. O farelo de soja, a uréia e o núcleo mineral eram pesados individualmente em balança com capacidade para 100 kg com precisão de 0,1 kg (MARTE®).

Figura 5 - Vagão misturador de dieta sendo abastecido com bagaço de cana – de – açúcar

A quantidade de dieta fornecida era ajustada diariamente para manter, no máximo, 3% de sobras, que eram retiradas semanalmente e pesadas para avaliação do consumo por baia.

Os bebedouros eram drenados e lavados semanalmente e o piso das baias raspados a cada 7 dias com o auxílio de trator provido de lâmina.

O milho floculado utilizado no experimento foi adquirido da Total Alimentos, em Três Corações – MG. O material seco era entregue no Departamento de Zootecnia a cada 15 dias 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.

3.5 Amostragem e análises bromatológicas dos ingredientes

Amostras do bagaço de cana-de-açúcar (Figura 6) foram colhidas a cada 3 dias para determinação do tamanho de partícula conforme descrito por Lammers et al. (1996) e do teor de matéria seca em estufa a 105°C por 12 horas, com a finalidade de ajustar o teor de matéria seca da dieta com adição de água.

Figura 6 - Bagaço de cana – de - açúcar (esquerda) e milho floculado (direita) utilizados durante o experimento

Amostras do milho moído foram coletadas semanalmente e armazenadas a - 20°C para posterior determinação do tamanho de partícula (Figura 7) conforme Yu et al. (1998).

Amostras dos ingredientes utilizados no preparo das dietas, inclusive do BIN e do grão de milho íntegro, foram coletadas a cada 7 dias, pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas e moídas em moinho tipo “Wiley” providos de peneira de 1 mm de porosidade. Amostras dos grãos inteiros que foram utilizados no processo de floculação pela empresa Total Alimentos foram enviadas quinzenalmente, juntamente com o milho floculado. Essas amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas, moídas em moinho tipo “Wiley” providos de peneira de 1 mm de porosidade e armazenadas. Ao final do período experimental as amostras de cada um dos ingredientes foram compostas, formando amostras homogêneas que posteriormente foram analisadas quimicamente.

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

Para a determinação dos teores de MS dos ingredientes, as amostras pré-secas foram colocadas em estufa de circulação forçada a 105° por 12 horas. O teor de MS foi calculado como: $(MS\ 55^{\circ}C \times MS\ 105^{\circ}C) / 100$.

As amostras dos ingredientes foram analisadas para matéria orgânica (MO), cinzas (MM) e extrato etéreo (EE) conforme AOAC (1995). O teor de proteína bruta (PB) foi obtido mediante combustão das amostras segundo o método Dunas, utilizando-se um auto-analisador de nitrogênio marca LECO®, (WILES et al., 1998).

Os teores da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinados de acordo com método proposto por Van-Soest et al., (1991). Na determinação da fração FDN foi incluído o sulfito de sódio e a amilase termooestável e na determinação de lignina foi utilizada solução de H₂SO₄ 72%. Somente as determinações dos teores de FDN, FDA e de lignina da polpa cítrica peletizada foram realizadas sequencialmente.

A vitreosidade do grão de milho foi determinada segundo metodologia descrita por Dombrink-Kurtzman and Bietz (1993) através de dessecação manual de 50 grãos inteiros para cada uma das formas de processamento.

Figura 7 - Estratificação do milho moído utilizado no experimento: (A) peneira de 4mm; (B) peneira de 2mm; (C) peneira de 1mm; (D) peneira de 0,85 mm; (E) peneira de 0,5mm; e (F) peneira de 0,25mm

3.6 Determinação do desempenho animal

Para a determinação do ganho de peso diário (GPD) os animais foram pesados no primeiro e no último dia do período experimental (Figura 8), após 10 horas de jejum hídrico e 16 horas de jejum alimentar.

A ingestão de matéria seca (IMS) foi calculada como a diferença entre o oferecido e as sobras. Foi determinada a ingestão de matéria seca das rações em kg/dia e em porcentagem do peso corporal (%PC).

Através dos dados de GPD e da IMS foi calculada a eficiência alimentar dos tratamentos, que é a relação entre o GPD/IMS.

Figura 8 - Animais no início (esquerda) e no final (direita) do período experimental

3.7 Coletas de dados após o abate

Os animais foram abatidos em frigorífico comercial em Barretos – SP. Após o abate foram determinados o peso da carcaça quente e o rendimento de carcaça (peso da carcaça quente dividido pelo peso corporal final do animal após jejum hídrico de 10 horas e jejum alimentar de 16 horas).

A espessura de gordura subcutânea (EGS) e área de olho de lombo (AOL) foram determinadas na altura da 12^a costela, segundo Luchiari Filho (2000). Para a leitura da espessura de gordura foi utilizado paquímetro e para a área de olho de lombo foi utilizado transparência graduada em centímetros quadrados (grid LinBif) (Figura 9).

Também foi realizada a análise visual dos fígados dos animais a fim de se detectar presença de abscessos hepáticos, que quando identificados tinham seu tamanho registrado com o auxílio de régua graduada.

Figura 9 - Determinação da área de olho de lombo (esquerda) e espessura de gordura subcutânea (direita)

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

Amostras individuais de fezes foram coletadas via palpação retal (Figura 10) e foram imediatamente congeladas a -20°C . Posteriormente, as amostras foram secas em estufa a 55°C durante 72 horas e moídas em moinho de facas provido de peneira com malha de 1 mm.

As amostras secas foram compostas por baia, formando uma amostra homogênea para determinação dos teores de amido utilizando a técnica de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo através do espectrômetro FOSS NIRSystem 5000.

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

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

Os valores energéticos do milho também foram estimados com base nos teores de amido fecal segundo equações propostas por Zinn et al. (2007).

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

$$(2) \text{ELg}_{\text{Milho}} = 0,877 \times \text{ELm}_{\text{Milho}} - 0,41$$

Onde,

$\text{ELm}_{\text{Milho}}$ = energia líquida para manutenção do milho (Mcal/dia);

$\text{ELg}_{\text{Milho}}$ = energia líquida para ganho do milho (Mcal/dia);

AF = amido fecal (% MS)

Figura 10. - Coleta retal de fezes dos animais

3.9 Cálculo da energia líquida das rações

Com base nos dados médios de peso corporal, IMS e GPD obtidos no experimento, foram calculados os valores observados de energia líquida das rações segundo a metodologia proposta por Zinn e Shen (1998).

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

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

$$(2) E_m = 0,077 \text{ PC}^{0,75}; (\text{Lofgreen e Garrett}, 1968)$$

$$(3) \text{EL}_m = (-b - ((b^2) - (4ac))^{0,5}) / (2a); (\text{Zinn e Shen}, 1998)$$

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

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

$$c = -0,41 E_m$$

$$^{(3)} \text{ EL}_g = 0,877 \text{ EL}_m - 0,41 ; (\text{Zinn e Shen, 1998})$$

Onde,

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

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

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

EL_g = energia líquida de ganho (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 utilizando as equações do NRC (1996) nível 1 com adição de ionóforo. Os valores de NDT dos ingredientes foram estimados utilizando a equação de Weiss et al., (1992) e os valores da composição química dos ingredientes, tendo sido adotados os fatores de processamento de 1 para o milho moído e 1,04 para o milho floculado (NRC, 2001)

3.10 Ensaio de produção de gás *in vitro*

A taxa de degradação *in vitro* das dietas experimentais foi estimada usando o método semi-automático da produção cumulativa de gases proposto por Mauricio et al. (1999).

O líquido ruminal ou inóculo, foi obtido de 2 bovinos adultos, fistulados no rúmen e alimentados com as dietas MF 50 e MM 50 cada um. O líquido ruminal foi coletado manualmente, 4 horas após o fornecimento da dieta aos animais, armazenado em garrafas térmicas, previamente aquecidas, e transportado até o laboratório, onde foi filtrado através de duas camadas de panos de algodão, sob injeção contínua de CO_2 , e mantido em banho-maria a 39°C .

Cada inóculo foi incubado com 1 g de amostra de cada uma das 8 dietas, secas em estufa de ventilação forçada (55°C durante 72 horas) e moídas (1 mm).

Foram utilizados 90 mL de meio de cultura, conforme Theodourou et al., (1994) e 10 mL de inóculo, cada inóculo com quatro repetições por tratamento em cada horário.

Os frascos (160 mL) foram vedados com tampas de borracha (14 mm) e levados para estufa de ventilação forçada a 39°C.

A pressão dos gases produzidos foi medida nos tempos 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 17, 20, 24, 28, 36, 48, 72 96 e 120 horas após a incubação, mediante o uso de um transdutor-medidor de pressão (Agricer 100). Do valor obtido em cada leitura foi subtraída a pressão obtida de vidros sem substrato (branco = inóculo + meio de cultura).

O volume final de gás da degradação de carboidratos fibrosos (VfCF), volume final de gás da degradação de carboidratos não fibrosos (VfCNF), *lag time* (Lag), taxa de degradação de carboidratos fibrosos e não fibrosos (KdCF e KdCNF, respectivamente) foram estimados de acordo com o modelo logístico bicompartimental proposto por Pell e Schofield (1993).

3.11 Análise estatística

Para todas as variáveis analisadas do ensaios de desempenho animal, a baía foi utilizada como unidade experimental.

Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do pacote estatístico STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS (2003), adotando-se as características do modelo específicas para cada variável. As médias foram calculadas pelo LSMEANS ajustado para comparação pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ou pelo teste F através de contrastes polinomiais ortogonais (avaliação dos efeitos lineares, quadráticos ou cúbicos).

Os parâmetros das equações utilizadas no ensaio de produção de gases *in vitro*, foram ajustados por modelos não lineares pelo PROC NLIN do pacote estatístico SAS (2003).

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

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas dos ingredientes utilizados no preparo das dietas experimentais encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item [†]	Milho Moído	Milho Floculado	Polpa Cítrica	Farelo de Soja	Bagaço de Cana
MS, %	86,48	84,55	90,25	86,45	47,94
MM, % MS	1,17	0,89	7,51	5,91	4,63
PB, % MS	8,80	7,45	6,51	50,96	1,84
EE, % MS	5,38	2,75	2,16	1,48	0,67
FDN, % MS	13,05	7,84	22,46	23,22	90,58
FDA, % MS	3,93	2,69	15,78	12,54	60,51
LIG., % MS	0,56	0,46	2,15	0,58	12,44
NDT, % MS [‡]	90,11	91,81	74,3	78,56	40,77
FDNe, % FDN [*]	0,0	48,00	33,00	23,00	98,00
Estratificação das partículas – BIN					
> 19 mm, %					12,50
8 -19 mm, %					54,16
< 8 mm, %					33,39
Tamanho médio das partículas, mm [‡]					12,37
FDNfe, % FDN [†] (>8 mm)					54,34

[†]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.

[‡]NDT calculado através da metodologia proposta por Weiss et al. (1992) utilizando os valores das análises químicas e os fatores de processamento de 1 para o milho moído e 1,04 para o milho floculado (NRC, 2001).

^{*}Calculado conforme proposto Lammers et al., (1996) considerando 38 mm como TMP da peneira superior (>19 mm) e 1 mm como TMP do fundo (<8 mm).

^{*}Valores tabulares do NRC (1996), sendo o BIN segundo Valadares Filho et al, 2010.

[†]Obtido pela multiplicação do teor da fração FDN do alimento teste pelo fe (% partículas retidas em peneiras de 19 e 8 mm de porosidade x % FDN alimento).

Os valores de NDT dos ingredientes foram calculados através da metodologia proposta por Weiss et al. (1992), utilizando os valores das análises químicas e os

fatores de processamento (PAF) de 1 para o milho moído e 1,04 para o milho floculado (NRC, 2001).

De acordo com os dados da Tabela 7, o milho moído apresentou valor estimado de NDT superior (90,1 x 88,0%) ao valor tabular do NRC (1996), enquanto o milho floculado apresentou valor estimado de NDT menor que o valor tabular apresentado pelo NRC (1996) (91,81 x 93%).

Quando esses valores de NDT calculados através da metodologia proposta por Weiss et al., (1992) foram utilizados para estimar a EL_m e a EL_g do milho, de acordo com o NRC (1996), o milho moído apresentou valores estimados de EL_m de 2,24 Mcal/kg e EL_g de 1,55 Mcal/kg, superiores aos valores tabulares do NRC (1996) de 2,18 Mcal/kg para EL_m e 1,50 Mcal/kg para EL_g . O milho floculado por sua vez apresentou valores estimados de EL_m de 2,29 Mcal/kg e EL_g de 1,59 Mcal/kg, inferiores aos valores tabulares do NRC (1996) de 2,33 Mcal/kg de EL_m e de 1,62 Mcal/kg de EL_g .

A composição química da polpa cítrica foi muito próxima da composição tabular do NRC (1996), entretanto, o teor estimado de NDT da polpa cítrica peletizada pela metodologia de Weiss et al. (1992) foi de apenas 74,3%, que resultou em valores de EL_m de 1,77 Mcal/Kg de MS e de EL_g de 1,15 Mcal/Kg de MS, ou seja, valores 9,4%, 11,5% e 14,8% inferiores aos valores tabulares do NRC (1996) respectivamente de 82%, 2,00 Mcal/Kg de MS e 1,35 Mcal/Kg de MS.

Quando a metodologia de Weiss et al (1992) é utilizada para estimar o valor de NDT da polpa cítrica com composição química tabular do NRC (1996) o valor estimado de NDT é de apenas 75,7%. Com base nesses dados poderia se inferir que em comparação ao NRC (1996) a metodologia de Weiss et al. (2003) subestima o valor energético da polpa cítrica.

No trabalho de Pereira et al. (2007) o NDT estimado da polpa cítrica foi de 76,6% (Weiss et al., 2002) e a substituição total do milho moído por polpa cítrica não alterou a EL_g observada da dieta para tourinhos terminados em confinamento. Nesse caso a EL_g da dieta estimada utilizando os valores de NDT dos ingredientes segundo a metodologia de Weiss et al. (1992) foi de 1,1 Mcal/kg de MS contra o valor de EL_g observada de 1,15 Mcal/kg de MS, ou seja, um desvio de 4,5%.

O bagaço de cana apresentou tamanho médio de partícula de 12,31 mm (Tabela 7), com mais de 60 % das partículas maiores que 8 mm. De acordo com Mertens (1997), forragens com TMP (tamanho médio de partículas) superiores a

1,18 mm apresentam efetividade física para estimular a ruminação dos animais. Entretanto, a variação do comportamento ingestivo dos animais não está relacionada apenas com o tamanho de partículas dos alimentos (SANTOS, 2010).

Pereira et al., (2009) avaliaram o consumo, a digestibilidade aparente de nutrientes da dieta e o comportamento ingestivo de novilhos da raça Holandesa, castrados, com peso vivo médio de 300 kg, recebendo dietas contendo feno de capim-*tifton* 85 com diferentes tamanhos de partícula (5, 7, 10 mm e inteiro). O tamanho de partícula do feno de capim-*tifton* 85 não influenciou o consumo, a digestibilidade dos nutrientes e o comportamento ingestivo dos animais.

Bhandari et al., (2008) avaliaram o efeito do tamanho de partícula da silagem de alfafa e aveia (19 mm e 6 mm) sobre o comportamento ingestivo de vacas leiteiras. O TMP não afetou o tempo de alimentação, ruminação e mastigação dos animais.

Neumann et al., (2009) também não observaram diferença significativa no comportamento ingestivo de novilhos confinados, alimentados com silagem de milho apresentando dois tamanhos de partícula (pequena: entre 0,2 e 0,6 cm ou grande: entre 1 e 2 cm).

Shain et al., (1999) avaliaram o efeito do TMP do feno de alfafa (0,95 cm ou 7,6 cm) sobre o desempenho de novilhos alimentados com dietas contendo milho laminado e 10% de feno de alfafa. O tamanho de partícula do feno de alfafa não afetou o desempenho dos animais nem as características de carcaça dos animais.

Vale lembrar que o TMP deve ser suficientemente grande para garantir a efetividade física e estimular a ruminação dos animais, e ao mesmo tempo deve ser suficientemente pequeno a fim de evitar seleção pelos animais e garantir assim sua ingestão.

De acordo com 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.

A Tabela 8 apresenta as características físicas dos grãos utilizados no experimento em função do tipo de processamento.

Tabela 8 - Influência do tipo de processamento sobre as características físicas dos grãos de milho utilizados

Item [†]	Grãos de milho	
	Moído	Floculado
Tamanho de partícula, % total.		
> 4 mm	0,93	89,41
4 - 2 mm	15,59	9,10
2 - 1 mm	34,91	0,89
1 - 0,84 mm	11,10	0,12
0,84 - 0,50 mm	25,94	0,16
0,5 – 0,25 mm	10,43	0,12
< 0,25 mm	1,09	0,0
Tamanho médio de partícula [‡]	1,32	4,75
Densidade, g/L	715	310*
Vitreosidade, %	76,13	74,21
Disponibilidade ruminal do amido, % [¥]	50,30	51,76

[†]características determinadas em amostras coletadas no momento do fornecimento das dietas.

*Densidade determinada no momento da floculação, conforme relatado pela empresa.

[‡]determinado pela somatória dos produtos da multiplicação da porcentagem retida e do tamanho médio das partículas de cada peneira, que era obtido através da média do diâmetro dos furos da peneira em questão e do diâmetro dos furos da peneira acima. Para a peneira de 4 mm adotou-se o tamanho médio de partículas de 5mm e de 0,12mm para as partículas retidas no fundo (<0,25mm).

[¥]Calculado conforme proposto por Correa et al., (2002).

O tamanho médio de partícula do milho moído utilizado no experimento foi de 1,32 mm, com grande variação de tamanho de partículas. O material apresentou 51,43% das partículas entre maiores que 1 mm e 48,6% das partículas menores que 1 mm. No campo esse material tem sido classificado como moído fino, entretanto, segundo Litherland (2007), o milho moído grosso teria partículas maiores que 2,2 mm e menores que 4,5mm, o moído teria partículas maiores que 1,1mm e menores que 2,2mm e finalmente o milho moído fino teria partículas entre 0,5 mm e 1,0mm. Com base nessa classificação o milho do presente estudo não seria classificado como moído fino, mas apenas como moído.

Galyean et al., (1981) avaliaram a degradabilidade ruminal *in situ* do milho laminado a seco com diferentes tamanhos de partícula (6,0; 3,0; 1,5 e 0,75 mm) e observaram que o desaparecimento da matéria seca (DMS %.h⁻¹) foi maior para os

menores tamanhos de partícula. Segundo esses autores o DMS praticamente dobrou quando o tamanho médio de partículas (TMP) foi menor que 3 mm (9,7% para o milho com TMP de 1,5 mm e 18,4% para o milho com TMP de 0,75 mm). O desaparecimento da MS para os TMP de 6 e 3 mm foram de 5% e 4,5% respectivamente. O desaparecimento do amido, entretanto, não apresentou diferença para os TMP de 6,0; 3,0 e 1,5 mm (9,23% na média). O desaparecimento do amido apenas aumentou quando o TMP foi de 0,750 mm (21,7%).

Ainda segundo esses autores, apesar do DMS ser bem maior no milho floculado em comparação ao milho moído, o efeito do TMP sobre o desaparecimento da MS é maior no milho moído em comparação com milho floculado. Quando o TMP do milho moído foi reduzido à metade (3,0; 1,5; e 0,75 mm) o DMS praticamente dobrou (4,7%, 8,4% e 17,5% respectivamente), enquanto o milho floculado apresentou menores incrementos no DMS à medida que o TMP foi reduzido (23,8%, 28,5% e 32,9% respectivamente para os TMP de 3,0; 1,5 e 0,75 mm respectivamente).

Em outro estudo, Galyean et al. (1979) não observaram diferenças entre os TMP do milho dentado moído com 3,18; 4,76 e 7,94 mm sobre a digestibilidade ruminal da MS, digestibilidade ruminal do amido e digestibilidade do amido no trato total.

Secrist et al., (1995) avaliaram o efeito do tamanho de partícula do milho laminado sobre o desempenho e as características da carcaça de bovinos terminados em confinamento. Os autores não observaram diferenças na IMS entre o TMP de 2,59; 1,54 e 0,75 mm. O GDP e a IMS/GPD, entretanto, foram maiores nos animais alimentados com milho apresentado TMP de 1,54 mm.

No presente estudo, o milho utilizado foi do tipo duro ou *flint*, cujo amido é menos digestível (CORREIA et al, 2002) que do milho dentado utilizado nos trabalhos citados acima. Para o milho duro, talvez a resposta ao grau de moagem seja maior que no milho dentado e o grau de moagem utilizado no presente estudo (1,3 mm de TMP) talvez seja adequado, como observado nos trabalhos de Peres (2011) e de Carareto et al. (2011).

O tamanho médio de partícula do milho floculado foi de 4,75 mm, com 89,41% das partículas acima de 4mm. Drouillard e Reinhardt (2007) relataram milho floculado a 360g/l com 75% das partículas acima de 4,75mm nos Estados Unidos. A

densidade média do milho floculado medido em amostras tomadas na saída dos rolos na indústria ficou entre 280 e 300g/L.

Segundo Zinn et al. (2002) a densidade é a medida padrão mais utilizada para determinar a qualidade do floco. De acordo com esses autores, a densidade está bastante associada com as alterações na solubilidade do amido, podendo explicar até 22% da variação na digestibilidade ruminal do amido e até 52% da variação na digestão do amido no trato total.

De acordo com Swingle et al., (1999), Theurer et al., (1999) e Bronw et al., (2000) densidades médias do floco do grão de milho entre 310 e 360g/L podem determinar os melhores resultados. Materiais menos processados poderiam não aumentar suficientemente a digestibilidade do amido, enquanto materiais excessivamente processados poderiam ocasionar riscos de acidose.

Segundo Zinn (1990) a redução da densidade média do floco de milho de 0,42 para 0,36 e 0,30 kg/L, resultou em diminuição linear no pH ruminal e aumento linear na digestibilidade pós-ruminal e digestibilidade total do amido. Além disso, a digestibilidade pós-ruminal do N, a digestibilidade total da MO também aumentaram com a diminuição da densidade do floco. Como a densidade do floco, entretanto, não alterou o desempenho nem as características de carcaça dos animais, o autor conclui que a melhoria na digestibilidade e utilização do N como resultado da diminuição da densidade de 0,42 para 0,30 kg/L não aumenta o desempenho de animais confinados alimentados com dietas contendo milho floculado podendo ainda aumentar o risco de acidose. Entretanto, em revisão mais recente, Zinn et al. (2007) preconizaram densidade de 310 g/l para o milho floculado.

A porcentagem de endosperma vítreo para os grãos utilizados no experimento, na média 75,17%, apresenta-se bem próximo ao valor médio de 73% encontrado por Corrêa et al., (2002) para cultivares brasileiros do tipo *flint*, e bem superior aos 48% observado nos grãos dentados norte americanos. De acordo com esses autores, a alta vitreosidade está relacionada com uma baixa disponibilidade ruminal do amido, que no presente estudo foi na média de 51,03%.

A composição química das dietas experimentais é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 - Composição química das dietas experimentais

Tratamentos [†]								
Processamento (P)	Floculação				Moagem			
Nível de polpa cítrica (NP)	0	25	50	75	0	25	50	75
Itens [‡]								
PB, % MS	13,0	13,1	13,0	13,1	14,1	13,9	13,6	13,4
EL manutenção, Mcal/Kg MS	2,22	2,10	2,02	1,90	2.18	2,07	2.00	1,89
EL ganho, Mcal/Kg	1,34	1,24	1,18	1,09	1,30	1,22	1,16	1,08
PDR (balanço, g)	-31,7	3,4	6,4	45,9	169,2	171,0	124,4	100,7
FDN, % da MS	18,0	21,0	24,0	27,0	22,0	24,0	26,0	28,0
FDNfe, % da MS	13,91	14,5	15,44	16,16	10,91	12,39	13,92	15,39

[†]MM 0 = 100% milho moído, MM 25 = substituição de 25% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MM 50 = substituição de 50% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MM 75 = substituição de 75% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MF 0 = 100% milho floculado, MF 25 = substituição de 25% do milho floculado por polpa cítrica peletizada, MF 50 = substituição de 50% do milho floculado por polpa cítrica peletizada, MF 75 = substituição de 75% do milho floculado por polpa cítrica peletizada.

[‡]PB= proteína bruta; EL=energia líquida; PDR= proteína degradável no rúmen; FDN= fibra insolúvel em detergente neutro; FDNfe= FDN fisicamente efetivo. Valores estimados pelo NRC (1996) nível 1 com base nos valores de NDT da Tabela 7, com adição de ionóforo na dieta e nos dados de consumo observados da Tabela 10.

As dietas com milho floculado apresentaram teores menores de PB que as dietas com milho moído, em virtude do menor teor de PB dos grãos de milho floculado em comparação com o milho moído.

As dietas contendo milho floculado, apresentaram balanços de PDR mais baixos que as dietas contendo milho moído, fato que pode estar relacionado ao: a) menor teor de PB das dietas com milho floculado; b) maior teor de energia do milho floculado, estimulando a síntese de proteína microbiana e o uso de PDR no rúmen; c) maior teor de FDN fisicamente efetiva do milho floculado que resulta em menor fator de redução da síntese microbiana de acordo com o NRC (1996); d) menor degradabilidade da PB do milho floculado em virtude da temperatura elevada durante a floculação e a formação de complexos entre a proteína e carboidratos (reação de Maillard); e) menor IMS com milho floculado.

A inclusão de polpa cítrica aumentou o balanço de PDR nas dietas com milho floculado em virtude do menor teor de energia da polpa em comparação com o milho floculado. Nas dietas com milho moído a inclusão de polpa cítrica reduziu o balanço de PDR em virtude da redução no teor de PB das rações e aumento no teor de FDN fisicamente efetiva das dietas.

Conforme apresentado na Tabela 9, o teor de FDN e FDNfe das dietas aumentaram à medida que o milho foi substituído por polpa cítrica peletizada. Esse fato está relacionado com o elevado teor de FDN desse ingrediente (22,46%) em comparação ao milho moído e floculado, que apresentaram na média, apenas a metade (10,4%) do valor FDN da polpa cítrica pelatizada (Tabela 10).

Segundo Mertens (1997) conceito de efetividade de fibra (FDNe) foi definido como sendo a capacidade total da fração fibrosa de determinado alimento em manter efetivamente a mastigação, o teor de gordura no leite e a saúde do animal. O conceito de FDN fisicamente efetivo (FDNfe) por sua vez, foi proposto levando em consideração as propriedades físicas da fibra, principalmente o tamanho de partícula que influencia a atividade de mastigação e a motilidade ruminal.

Mertens (1997) propôs um método laboratorial para estratificar a fração fibrosa dos alimentos. De acordo com esse autor o teor de FDNfe de um ingrediente é calculado a partir do teor de FDN multiplicado pelo fator de efetividade física (*fef*)

($FDN_{fe} = FDN * fef$), que, por sua vez, é determinado de acordo com a porcentagem de partículas do ingrediente seco, retido em uma peneira com malha de 1,18 mm ($fef = \% FDN \text{ ingrediente} * \% \text{ ingrediente retido peneira de 1,18 mm}$), de acordo com os dados obtidos de Poppi et al., (1980).

O NRC (1996) utiliza a FDN_{fe} para determinar o valor de pH ruminal ($pH \text{ ruminal} = 5,425 + 0,04229 * \% FDN_{fe}$) que por sua vez é utilizado para determinar a síntese de proteína microbiana. De acordo com o NRC (1996) a dieta com menos de 20% de FDN_{fe} (% da MS) resultará em pH inferior a 6,2 diminuindo o crescimento microbiano e a taxa de degradação da fibra. Para cada unidade percentual de redução no teor de FDN_{fe} da dieta, a síntese microbiana é reduzida em 2,2%.

Com o objetivo de maximizar a eficiência alimentar (GPD/IMS), de acordo com o NRC (1996), a exigência mínima de FDN_{fe} de bovinos em confinamento, alimentados com dietas com teores altos de concentrado, com ionóforos e com bom manejo de cocho e é entre 5 e 8%, valores esses menores que os observados nas dietas experimentais.

Apesar do NRC (1996) enfatizar a importância da efetividade da FDN no ambiente ruminal e síntese microbiana, de acordo com Galyean (2009) os efeitos da FDN_{fe} sobre a produção de bovinos de corte confinados não são conhecidos e a baixa concentração de forragem em dietas de confinamento parece diminuir possíveis diferenças causadas pela FDN_{fe} . Defoor et al. (2002), não observaram nenhuma vantagem em utilizar FDN_{fe} em comparação com FDN de forragem, como base para efetuar trocas de fontes de forragem em dietas para bovinos em confinamento. De acordo com Galyean (2009) o FDN total da dieta e FDN de forragem são bem correlacionados com CMS em gado confinado, mas o FDN total da dieta é melhor preditor do consumo de EL_g .

A inclusão de milho moído reduziu os valores esperados de energia das dietas em comparação com o milho floculado, assim como a inclusão de polpa cítrica reduziu os valores esperados de energia nas dietas com milho floculado e moído, em virtude das diferenças de valores de energia esperada entre esses ingredientes.

Na Tabela 10 são apresentados os dados de IMS e desempenho dos animais.

Tabela 10 - Desempenho de tourinhos Nelore alimentados com dietas contendo grãos de milho moído ou floculado e sua substituição por polpa cítrica peletizada

Tratamentos*												
Processamento (P)	Floculação				Moagem				EPM	Valor de P [†]		
Nível de polpa cítrica (NP)	0	25	50	75	0	25	50	75		P	NP	P*NP
PI, kg	351	351	350	350	351	350	350	348	12,059	0,411	0,232	0,712
PF, kg	536 ^{ab}	507 ^d	528 ^{abcd}	513 ^{cd}	515 ^{cd}	530 ^{abc}	541 ^a	523 ^{abcd}	11,398	0,060	<0,01	<0,001
IMS, kg	8,19 ^d	8,02 ^d	8,48 ^{cd}	8,60 ^{cd}	8,89 ^{bcd}	9,84 ^{ab}	10,20 ^a	9,16 ^{bc}	0,2231	<0,0001	<0,01	<0,001
IMS, % PC	1,85 ^e	1,87 ^{de}	1,95 ^{cde}	2,00 ^{cde}	2,05 ^{bcd}	2,24 ^{ab}	2,30 ^a	2,11 ^{abc}	0,0005	<0,0001	<0,01	<0,05
GPD, kg	1,80 ^{ab}	1,52 ^d	1,70 ^{abcd}	1,58 ^d	1,60 ^{cd}	1,74 ^{abc}	1,85 ^a	1,70 ^{abcd}	0,0532	<0,05	<0,05	<0,001
GPD/IMS	0,222 ^a	0,190 ^{bc}	0,200 ^b	0,184 ^{bc}	0,180 ^c	0,176 ^c	0,180 ^c	0,186 ^{bc}	0,0131	<0,0001	<0,001	<0,0001

*MM 0 = 100% milho moído, MM 25 = substituição de 25% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MM 50 = substituição de 50% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MM 75 = substituição de 75% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MF 0 = 100% milho floculado, MF 25 = substituição de 25% do milho floculado por polpa cítrica peletizada, MF 50 = substituição de 50% do milho floculado por polpa cítrica peletizada, MF 75 = substituição de 75% do milho floculado por polpa cítrica peletizada.

PI = peso corporal inicial, PF = peso corporal final, IMS = ingestão de matéria seca; GPD = ganho de peso diário, PC = peso corporal.

EPM = erro padrão da média.

[†]P - efeito do tipo de processamento; NP - efeito do nível de substituição do milho por polpa cítrica peletizada.

Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias dos tratamentos ($P < 0,05$).

Houve interação significativa ($P < 0,05$) para as variáveis IMS, PF, GPD e GPD/IMS entre processamento de milho e sua substituição por polpa cítrica na dieta.

Todos os animais alimentados com dietas contendo milho floculado apresentaram valores menores ($P < 0,05$) de IMS que as dietas contendo milho moído com 25 e 50% de substituição por polpa cítrica (MM25 e MM50). Os animais alimentados com as dietas MF0 e MF25 apresentaram menor ($P < 0,05$) IMS que os animais alimentados com a dieta MM75.

Na revisão de Owens et al. (1997) a floculação do milho dentado reduziu a IMS dos animais em comparação com o milho laminado. No trabalho de Corona et al. (2005) a floculação reduziu a IMS dos animais em comparação com o milho laminado e com o milho moído. Essa redução se explica pelo teor mais alto de energia do milho floculado.

A inclusão de polpa cítrica nas dietas com milho floculado não afetou ($P > 0,05$) a IMS dos animais, entretanto, houve efeito positivo ($P < 0,05$) da polpa cítrica na IMS dos animais alimentados com milho moído quando a polpa substituiu 50% desse milho (MM50) em comparação com os tratamentos MM0 e MM75.

Segundo Santos et al., (2002) a substituição parcial do milho por polpa cítrica resulta em redução no teor de amido e concomitante aumento no teor de pectina na dieta. Apesar da alta degradabilidade ruminal, a pectina apresenta um padrão de fermentação semelhante ao da fibra, produzindo grande quantidade de acetato, sem produção expressiva de lactato, o que pode melhorar o ambiente ruminal para a atividade microbiana, estimulando a IMS. Carvalho (1998) estudou os efeitos do teor de amido e de pectina na dieta sobre a digestibilidade e o pH ruminal de novilhos Nelore. As rações continham alto teor de concentrado e bagaço de cana-de-açúcar tratado com pressão e vapor como volumoso. A substituição de 48% do milho por polpa cítrica peletizada aumentou a digestibilidade da dieta e apresentou melhor ambiente ruminal apesar da queda mais rápida do pH ruminal logo após o fornecimento da dieta. O autor concluiu que a substituição parcial do milho por polpa cítrica peletizada apresenta boas possibilidades de minimizar os efeitos associativos negativos decorrentes de rações com alto teor de concentrado.

Apesar da possível melhoria do ambiente ruminal com polpa cítrica poder estimular a IMS de bovinos confinados nas dietas com milho moído, o mesmo deveria ser esperado para o milho floculado, porém esse efeito não ocorreu. Pode se especular que no caso do milho moído, a ausência de efetividade da sua fibra

segundo o NRC (1996) e a ocorrência de partículas muito finas possam ser fatores agravantes para o ambiente ruminal em comparação ao milho floculado. Entretanto, essas suposições não se sustentam quando se analisa os dados de Corona et al. (2005). Nesse trabalho os animais foram alimentados com dietas contendo 12% de forragem e 75% de milho dentado, o qual foi moído com maior proporção de partículas muito finas ($<0,5\text{mm}$) que no presente estudo com milho *flint* ($25,98 \times 11,52\%$). Mesmo com esse percentual alto de partículas muito finas no milho moído, o pH ruminal dos animais foi menor com milho floculado.

O efeito positivo da polpa cítrica na IMS dos animais alimentados com milho moído, especificamente no caso da substituição de 50% do cereal, não foi observado no trabalho de Pereira et al. (2007) que forneceu dietas com maior teor de forragem, no caso, 30% de silagem de cana-de-açúcar na MS. Nesse estudo a substituição de 75 ou 100% do milho moído por polpa cítrica reduziu a IMS dos animais. Henrique et al. (2004) não observaram efeito da substituição parcial do milho moído por polpa cítrica na IMS de tourinhos confinados com dietas contendo 20% de silagem de milho. É possível que em dietas com teores mais elevados de forragem que no presente estudo, a ausência de efeito ou o efeito negativo da polpa cítrica na IMS ocorra em virtude da sua grande capacidade de absorver água e causar enchimento ruminal.

Nas dietas com milho floculado, a substituição de 25% (MF25) e de 75% (MF75) do milho por polpa cítrica reduziu ($P<0,05$) o GPD dos animais. Essa redução é esperada em virtude da menor densidade energética da polpa em comparação com o milho floculado e da ausência de alteração na IMS.

Em contrapartida, nas dietas com milho moído a inclusão de polpa cítrica aumentou o GPD, tendo esse efeito sido significativo ($P<0,05$) com a substituição de 50% (MM50) do milho por polpa em comparação com a dieta MM0 ($1,85 \times 1,60 \text{ kg.cab}^{-1}$). O efeito positivo da polpa cítrica no GPD dos animais alimentados com milho moído ocorreu em virtude do aumento na IMS, que também só foi significativo ($P<0,05$) no nível de substituição de 50%. No trabalho de Pereira et al. (2007) a substituição de 50% do milho moído por polpa cítrica não alterou a IMS, aumentou numericamente o GPD e significativamente a eficiência alimentar (GPD/IMS).

O GPD dos animais alimentados com a dieta MF0 foi maior ($P<0,05$) que dos animais alimentados com a dieta MM0 ($1,80 \times 1,60 \text{ kg.cab}^{-1}$). Entretanto, para GPD não houve superioridade do milho floculado em comparação com o moído quando a

polpa cítrica foi incluída nas dietas ($P>0,05$). Isso ocorreu em virtude dos efeitos distintos da polpa na IMS entre os dois tipos de processamento de milho.

A maior ($P<0,05$) eficiência alimentar (0,222) foi observada nos animais alimentados exclusivamente com milho floculado (MF0). Na comparação das dietas exclusivas com milho (MF0 x MM0) a floculação aumentou a eficiência alimentar em 23,3% (0,222 x 0,180). Esse aumento observado com milho *flint* é praticamente o dobro do relatado com milho dentado na revisão de Owens et al. (1997) e na compilação de dados mais recentes apresentada na Tabela 3 quando milho floculado foi comparado com laminado. Esse efeito expressivo na eficiência alimentar de animais alimentados com milho *flint* confirma uma das hipóteses do trabalho, que o efeito benéfico da floculação do milho deve ser maior quanto maior a vitreosidade do endosperma do milho. A magnitude da resposta à floculação observada nesse estudo é similar à relatada em 3 estudos anteriores com milho *flint* conduzidos pelo mesmo grupo de pesquisa, com tourinhos da raça Nelore (PERES, 2011; CARARETO et al., 2011; MARQUES et al., 2011). Nesses estudos a floculação melhorou a eficiência alimentar dos animais em 25,5% (milho floculado x laminado), em 25,9% (milho floculado x laminado) e em 21% (milho floculado x milho inteiro) respectivamente.

Entretanto, a resposta em eficiência alimentar (+23,3%) no presente estudo foi melhor que a observada entre milho floculado x milho moído nos estudos de Peres (2011) (+10,6%) e de Carareto et al. (2011) (12,3%). Talvez essa maior magnitude de resposta à floculação no presente estudo deva-se ao melhor desempenho geral dos animais, que apresentaram valores de GPD e de GPD/IMS muito superiores aos animais dos trabalhos de Peres (2011) e de Carareto et al. (2011).

A substituição do milho floculado por polpa cítrica em qualquer nível diminuiu ($P<0,05$) a eficiência alimentar dos animais, enquanto que a substituição do milho moído por polpa cítrica em qualquer nível não afetou ($P>0,05$) a eficiência alimentar dos animais. Isso deixa claro que o valor energético do milho floculado é maior que da polpa cítrica, enquanto que o milho *flint* moído tem valor energético similar à polpa cítrica, conforme observado em trabalho prévio (PEREIRA et al., 2007).

Mesmo com a substituição de 50% do milho floculado por polpa cítrica, os animais da dieta MF50 apresentaram eficiência alimentar entre 11,1 e 13,6% maior ($P<0,05$) que os alimentados com as dietas MM0, MM25 e MM50.

Na última década foram conduzidos diversos estudos para avaliar a interação entre processamento de milho e inclusão de subprodutos fibrosos na dieta de bovinos confinados.

Scoot et al., (2003) avaliaram o efeito de métodos de processamento de grãos de milho dentado (laminação e floculação) em dietas com ou sem 32% (experimento 1) ou 22% (experimento 2) de farelo de glúten de milho úmido, sobre o desempenho de bovinos confinados. A inclusão de farelo de glúten de milho úmido nas dietas aumentou ($P<0,01$) a IMS e o GPD dos animais. A inclusão de 32% ou 22% de farelo de glúten de milho úmido nas dietas contendo milho floculado não alterou a eficiência alimentar dos animais. Nas dietas contendo milho laminado a inclusão 22% de farelo de glúten de milho úmido não alterou a eficiência alimentar, porém diminuiu a eficiência quando 32% de farelo de glúten de milho úmido foram adicionados nessas dietas. Diferente do observado no presente trabalho, a floculação do milho em dietas isentas de farelo de glúten de milho úmido ou contendo até 32% de farelo de glúten de milho úmido melhorou a eficiência alimentar dos animais em comparação à laminação.

Block et al., (2005) avaliaram o efeito de quatro níveis de inclusão de farelo de glúten de milho úmido (0, 20, 30 e 40%) em dietas contendo milho floculado para bovinos terminados em confinamento. A IMS, o GPD e a eficiência alimentar responderam de forma quadrática à inclusão de farelo de glúten de milho úmido. Os autores concluíram que a inclusão de 20% de farelo de glúten de milho úmido em dietas contendo milho floculado poderia maximizar o GPD e a eficiência alimentar dos animais. Esses resultados diferiram dos observados no presente estudo, onde a substituição de 25% do milho floculado por polpa cítrica já foi suficiente para diminuir a eficiência alimentar dos animais.

Corringan et al., (2009) avaliaram os efeitos de métodos de processamento de grãos de milho (laminado, floculado e grão úmido) e níveis de inclusão de grãos destilados de milho (0, 15, 27,5 e 40% da MS dieta) no desempenho e características da carcaça de bovinos terminados em confinamento. A IMS dos animais apresentou efeito quadrático em resposta à inclusão de grãos destilados na dieta. Os autores observaram que a inclusão de grãos destilados na dieta contendo milho laminado ou grãos úmidos aumentou linearmente a eficiência alimentar dos animais, porém não foram observados efeitos nos animais alimentados com dietas contendo milho floculado.

Vander Pol et al., (2008) avaliaram o efeito da inclusão de 30% de grãos destilados em dietas contendo milho processado de diferentes formas (grão inteiro, laminado, floculado, grão úmido e moído fino. Os animais alimentados com grão inteiro apresentaram a maior IMS (10,5 kg.cab⁻¹). Os animais alimentados com milho laminado ou grão úmido apresentaram IMS semelhantes (10,28 e 9,53 kg.cab⁻¹) e maiores que aquela observada nos animais alimentados com milho floculado (9,28 kg.cab⁻¹) e moído fino (9,26 kg.cab⁻¹). O maior GPD foi observado nos animais alimentados com milho laminado e grão úmido (1,84 x 1,77 kg.cab⁻¹). Os animais alimentados com grão inteiro apresentaram maior GPD (1,75 kg.cab⁻¹) que os animais alimentados com milho floculado (1,63 kg.cab⁻¹) ou moído fino (1,53 kg.cab⁻¹). A maior eficiência alimentar foi observada nos animais alimentados com milho laminado (0,179) e grão úmido (0,185). Os animais alimentados com milho floculado apresentaram menor ($P<0,05$) eficiência alimentar (0,176) que os animais alimentados com milho laminado ou grão úmido, porém maior ($P<0,05$) que os animais alimentados com milho inteiro ou moído fino (0,166). Os autores concluíram que o nível ótimo de inclusão do subproduto depende do tipo de processamento e que, nesse estudo, métodos de processamento mais intensos como a floculação, ou dietas com grãos de milho inteiro ou moído fino não apresentaram grandes vantagens.

Pereira et al. (2007) avaliaram o efeito da substituição do milho moído fino por polpa cítrica (50, 75 e 100% de substituição) sobre o desempenho de bovinos terminados em confinamento. A substituição de 50% do milho por polpa cítrica não afetou a IMS, aumentou numericamente o GPD e teve efeito positivo na eficiência alimentar dos animais em comparação com a dieta contendo apenas milho moído. Entretanto, a IMS e o GPD dos animais foram reduzidos linearmente quando a polpa cítrica peletizada substituiu 75 e 100% do milho moído fino em comparação com a dieta do tratamento P50. A substituição de 75 a 100% do milho por polpa cítrica não afetou a eficiência alimentar dos animais em comparação com a dieta contendo apenas milho. Os autores concluíram que o teor energético da polpa cítrica é similar ao do milho *flint* moído fino. Assim como no trabalho de Pereira et al. (2007), no presente estudo também foi observado efeito positivo da substituição de 50% do milho moído por polpa cítrica no desempenho dos animais, com a diferença que o efeito ocorreu na IMS e no GPD e não na eficiência alimentar. Assim como no trabalho de Pereira a substituição de 75% do milho por polpa cítrica na dieta não

afetou a eficiência alimentar dos animais em comparação com a dieta exclusiva de milho moído.

Na Tabela 11 são apresentados os dados referentes às características da carcaça dos animais.

Tabela 11 - Características da carcaça de tourinhos Nelore alimentados com dietas contendo grãos de milho processados de diferentes formas e substituídos na dieta por polpa cítrica peletizada

Tratamentos*												
Processamento (P)	Floculação				Moagem				EPM	Valor de P [‡]		
Nível de polpa cítrica (NP)	0	25	50	75	0	25	50	75		P	NP	P*NP
PCQ, kg	287	295	287	290	290	291	293	294	7,189	0,471	0,7661	0,635
RC, %	54 ^b	58 ^a	52 ^b	57 ^{ab}	56 ^{ab}	55 ^{ab}	55 ^{ab}	56 ^{ab}	0,009	0,509	0,011	0,014
AOL, cm ²	69,3	71,7	72,8	72,7	73,1	68,2	72,9	71,2	1,913	0,826	0,482	0,274
EGS, mm	4,3	4,7	3,7	4,8	4,9	5,8	4,9	4,4	0,345	0,014	0,065	0,090

*MM 0 = 100% milho moído, MM 25 = substituição de 25% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MM 50 = substituição de 50% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MM 75 = substituição de 75% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MF 0 = 100% milho floculado, MF 25 = substituição de 25% do milho floculado por polpa cítrica peletizada, MF 50 = substituição de 50% do milho floculado por polpa cítrica peletizada, MF 75 = substituição de 75% do milho floculado por polpa cítrica peletizada.

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.

[‡]P - efeito do tipo de processamento; NP – efeito do nível de substituição do milho por polpa cítrica peletizada.

Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias dos tratamentos ($P < 0,05$).

O peso de carcaça quente e a AOL não foram afetados pelos tratamentos ($P>0,05$). Apesar das diferenças significativas entre GPD e PF dos animais, diferenças nos valores de rendimento de carcaça resultaram em mesmo peso de carcaça quente dos animais.

Houve interação entre o método de processamento do milho e os níveis de substituição por polpa cítrica ($P<0,05$) para os valores de rendimento de carcaça. A inclusão de polpa cítrica não afetou ($P>0,05$) o rendimento de carcaça dos animais alimentados com milho moído mas teve efeito positivo ($P<0,05$) quando substituiu 25% do milho floculado (MF25) em comparação com os tratamentos MF0 e MF50, fato este difícil de ser explicado. Não houve efeito ($P>0,05$) de processamento de milho no rendimento de carcaça dos animais. Nos trabalhos de Peres (2011) e de Carareto et al. (2011) com tourinhos da raça Nelore, a floculação do milho *flint* não afetou o rendimento de carcaça dos animais em comparação com a moagem fina do milho. Segundo Owens e Gardner (2000) maiores rendimentos de carcaça são observados em animais com maior peso inicial, com o maior tempo de confinamento e aqueles alimentados com dietas com maiores teores de proteína. Ainda segundo esses autores o maior peso do trato digestivo pode diminuir o rendimento de carcaça.

Os animais alimentados com dietas contendo milho floculado apresentaram menor espessura de gordura subcutânea que aqueles alimentados com dietas contendo milho moído ($P < 0,05$). Esse resultado difere dos dados prévios de Peres (2011) e de Carareto et al. (2011) que não observaram diferenças entre milho *flint* floculado ou moído na EGS dos animais. Entretanto, Owens e Gardner (2000) relataram que animais alimentados com grãos floculados a vapor ganharam mais eficientemente e tiveram carcaças mais pesadas, com maior AOL e EGS que os animais alimentados com grãos laminados a seco, com alta umidade ou com grão inteiro.

Nesse estudo, a incidência de abscessos hepáticos foi insignificante. Apenas 1 animal apresentou 1 abscesso hepático de tamanho pequeno. Sitta et al. (2010), Marques et al. (2011) e Peres (2011) também não observaram incidência de abscessos hepáticos em tourinhos da raça Nelore alimentados com dietas contendo teores de milho na dieta entre 75 e 85%. Carareto (2011) relataram baixa incidência de abscessos hepáticos em animais recebendo milho laminado (2,1%), ensilado

(2,1%) e floculado (6,2%) e ausência de abscessos em animais alimentados com milho moído fino.

Na Tabela 12 são apresentados os valores de energia das dietas experimentais.

Tabela 12 - Valores observados de energia líquida e sua relação com os valores esperados de energia

Tratamentos [‡]												
Processamento (P)	Floculação				Moagem				EPM	Valor de <i>P</i> [‡]		
	Nível de polpa cítrica (NP)	0	25	50	75	0	25	50		75	P	NP
EL observada												
Manutenção	2,466 ^a	2,232 ^{bc}	2,284 ^b	2,158 ^{bcd}	2,114 ^{cd}	2,058 ^d	2,084 ^d	2,140 ^{cd}	0,034	<0,0001	0,0002	0,0001
Ganho	1,731 ^a	1,519 ^{bc}	1,569 ^b	1,457 ^{bcd}	1,421 ^{cd}	1,371 ^d	1,391 ^d	1,441 ^{cd}	0,026	<0,0001	<0,0001	<0,0001
EL obs/esp												
Manutenção [‡]	1,11 ^{ab}	1,06 ^{abc}	1,13 ^a	1,13 ^a	0,97 ^c	0,99 ^c	1,04 ^{bc}	1,13 ^a	0,017	<0,0001	<0,0001	0,0012
Ganho [‡]	1,30 ^{abc}	1,23 ^{bc}	1,34 ^a	1,31 ^{ab}	1,09 ^e	1,13 ^{de}	1,21 ^{cd}	1,35 ^a	0,020	<0,0001	<0,0001	<0,0001

[‡]MM 0 = 100% milho moído, MM 25 = substituição de 25% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MM 50 = substituição de 50% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MM 75 = substituição de 75% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MF 0 = 100% milho floculado, MF 25 = substituição de 25% do milho floculado por polpa cítrica peletizada, MF 50 = substituição de 50% do milho floculado por polpa cítrica peletizada, MF 75 = substituição de 75% do milho floculado por polpa cítrica peletizada. EL = energia líquida.

EPM = erro padrão da média.

[†]P - efeito do tipo de processamento; NP – efeito do nível de substituição do milho por polpa cítrica peletizada.

Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias dos tratamentos ($P < 0,05$).

[‡]Valores esperados estimados pelo NRC (1996) nível 1 com base nos valores de NDT da Tabela 7 (Weiss et al., 1992), com adição de ionóforo na dieta e nos dados de consumo observados da Tabela 10.

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre processamento de milho e sua substituição por polpa cítrica na dieta nos valores de energia observada das dietas. A inclusão de polpa cítrica reduziu as EL_m e EL_g observadas das dietas com milho floculado mas não afetou os valores das dietas com milho moído. Isso indica que a polpa cítrica tem menor valor energético que o milho floculado e mesmo valor que o milho moído.

A dieta contendo apenas milho floculado (MF0) apresentou os valores mais altos de EL_m e de EL_g ($P < 0,05$) em comparação com todas as demais dietas. Quando se comparou o milho floculado com o moído dentro dos mesmos níveis de polpa cítrica (MF0 x MM0; MF25 x MM25 e MF50 x MM50) foi observado que as dietas com milho floculado tiveram valores mais altos ($P < 0,05$) de EL_m e EL_g . Nas 3 comparações acima, os aumentos observados na EL_m e na EL_g foram respectivamente de 16,6 e 21,8%, 8,5 e 9,2% e 9,6 e 12,8% quando o milho foi floculado em comparação com a moagem.

No trabalho de Peres (2011) em dietas contendo 78 a 79% de milho *flint* a floculação aumentou o EL_g da dieta em 22% comparada com a laminação e em 11,6% comparada com a moagem fina. No trabalho de Carareto et al (2011) em dietas contendo 69 a 77% de milho *flint* a floculação aumentou o EL_g da dieta em 32% comparada com a laminação e em 15,3% comparada com a moagem fina. No trabalho de Marques et al (2011) em dietas contendo 79% de milho *flint* a floculação aumentou o EL_g da dieta em 22,8% comparada com o grão inteiro. Nas dietas com 75% de substituição por polpa cítrica não houve diferença ($P > 0,05$) nos teores de energia entre os dois tipos de processamento de milho, fato este esperado em virtude da baixa inclusão de milho nessas dietas. A dieta contendo 50% de polpa cítrica em substituição ao milho floculado (MF50) apresentou maiores teores de EL_m e de EL_g que todas as dietas contendo milho moído ($P < 0,05$).

Na Tabela 13 são apresentados os valores de amido fecal e as estimativas de digestibilidade do amido no trato digestivo total além dos valores energéticos do milho.

Tabela 13 - Porcentagem de amido fecal, digestibilidade total do amido, energia líquida de manutenção e de ganho de peso do milho

Tratamentos*												
Processamento (P)	Floculação				Moagem				EPM	Valor de $P^{\ddagger}$		
Nível de polpa cítrica (NP)	0	25	50	75	0	25	50	75		P	NP	P*NP
% amido fecal	2,6	1,5	1,9	2,0	10,8	7,8	9,4	2,9	1,36	<0,0001	0,065	0,093
DTA	98,7	99,2	99,0	99,0	94,1	95,8	94,8	98,5	0,827	<0,0001	0,057	0,093
EL _m Milho	2,45	2,47	2,46	2,46	2,35	2,37	2,37	2,45	0,018	<0,0001	0,058	0,081
EL _g Milho	1,74	1,75	1,75	1,75	1,65	1,66	1,67	1,74	0,015	<0,0001	0,056	0,082

M 0 = 100% milho moído, MM 25 = substituição de 25% do milho moído por polpa cítrica, MM 50 = substituição de 50% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MM 75 = substituição de 75% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MF 0 = 100% milho floculado, MF 25 = substituição de 25% do milho floculado por polpa cítrica peletizada, MF 50 = substituição de 50% do milho floculado por polpa cítrica peletizada, MF 75 = substituição de 75% do milho floculado por polpa cítrica peletizada.

DTA= digestibilidade total do amido, EL_m= energia líquida de manutenção, EL_g= energia líquida de ganho.

EPM = erro padrão da média.

$^{\ddagger}P$ - efeito do tipo de processamento; NP – efeito do nível de substituição do milho por polpa cítrica peletizada.

Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias dos tratamentos ($P < 0,05$).

O teor de amido fecal foi menor ($P<0,05$) para os animais alimentados com dietas contendo milho floculado em comparação com o milho moído. Considerando apenas os tratamentos com até 50% de substituição do milho por polpa cítrica, nos quais o teor de amido das dietas ainda é elevado, o teor médio de amido fecal das dietas contendo milho floculado foi de 2% contra 9,3% para o milho moído.

Bajaras e Zinn (1998) avaliaram dietas contendo milho dentado floculado ou laminado para bovinos em confinamento e observaram que os animais alimentados com dietas contendo milho floculado apresentaram 4,6% de amido fecal contra 22% nas dietas com milho laminado.

Lee et al., (1982) avaliaram dietas contendo milho floculado ou grão inteiro para bovinos terminados em confinamento, também observaram que os animais alimentados com dietas contendo milho floculado apresentavam menores teores de amido fecal (3,6 – 5,7%) que os animais alimentados com dietas contendo grãos de milho inteiro (11,4 – 21,7%).

Corona et al., (2005) avaliaram quatro métodos de processamento (floculação, laminação, moagem e grão inteiro) e também observaram que o teor de amido fecal foi menor para os animais alimentados com milho floculado (1,75%) em comparação ao milho laminado (19,6%), moído (16,15%) e grão inteiro (25,91%).

Resultados semelhantes ao do presente estudo também foram observados por Turgeon et al. (1983), Zinn et al., (1995) e Scott et al., (2003), nos quais o teor de amido fecal foi menor para os animais alimentados com dietas contendo milho floculado.

Esse fato está relacionado com a melhor digestibilidade do amido nos grãos de milho floculado em comparação a moagem ou a laminação. No presente trabalho, a digestibilidade total do amido (Tabela 13) foi maior ($P<0,05$) nos animais alimentados com dietas contendo milho floculado (98,97%) em comparação aos animais alimentados com dietas contendo milho moído (95,8%). Quando levamos em consideração somente as dietas MF0 e MM0 essa diferença fica ainda mais clara, com o milho floculado apresentado 98,7% de digestibilidade total do amido e o milho moído com 94% de DTA. Esses valores estão bem próximos aos relatos por Owens e Soderlund (2007) com milho dentado floculado, de 99,09%.

A floculação também elevou ($P<0,05$) os valores observados de energia líquida de manutenção (EL_m) e de ganho (EL_g) do milho em comparação com a moagem (Tabela 13). Na comparação entre as dietas MF0 e MM0, o milho floculado

apresentou EL_m de 2,45 e EL_g de 1,74 Mcal/kg de MS e o milho moído apresentou valores de EL_m de 2,35 e EL_g de 1,65 Mcal/Kg de MS. O aumento foi de 4,2% na EL_m e 5,5% na EL_g , o que não explica o grande diferencial em desempenho dos animais alimentados com as dietas MF0 e MM0.

O valor estimado de EL_g do milho *flint* floculado de 1,74 Mcal/Kg de MS foi 3,6% superior ao observado na revisão de Zinn et al. (2002) com milho dentado (1,68 Mcal/kg de MS). Nos trabalhos de Peres (2011), Carareto et al. (2011) e Marques et al. (2011) os valores estimados de EL_g do milho *flint* floculado foram 1,64 Mcal/Kg de MS, 1,73 Mcal/Kg de MS e 1,67 Mcal/kg de MS respectivamente.

O valor estimado de EL_g do milho moído no presente estudo (1,65 Mcal/Kg de MS) foi 10% superior ao valor tabular do NRC (1996) de 1,5 Mcal/Kg de MS. No trabalho de Peres (2011) o valor de EL_g do milho *flint* moído fino foi 1,52 Mcal/Kg de MS e no de Carareto et al. (2011) o valor foi de 1,63 Mcal/Kg de MS.

Na simulação feita com os dados de peso médio e IMS dos animais da dieta com milho moído MM0, adotando os valores energético do milho moído de EL_m de 2,35 e EL_g de 1,65 Mcal/Kg de MS, estimados com base no teor de amido fecal (ZINN et al., 2002), o NRC (1996) foi capaz de prever com precisão o GPD dos animais (1,6 x 1,6 kg). No caso da dieta com milho floculado MF0, adotando os valores de EL_m de 2,45 e EL_g de 1,74 Mcal/kg de MS o GPD dos animais predito pelo NRC (1996) foi menor que o observado (1,80 x 1,49 kg).

Na Tabela 14 são apresentados os valores médios para volume final de produção de gases dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos, suas respectivas taxas de degradação e o *lag* time das dietas.

Tabela 14 - Volume final de produção de gases dos carboidratos fibrosos e não-fibrosos, suas respectivas taxas de degradação e o lag time das dietas

Tratamentos [‡]													
Processamento (P)		Floculação				Moagem				EPM	Valor de P [‡]		
Nível de polpa cítrica (NP)		0	25	50	75	0	25	50	75		P	NP	P*NP
VfCF		114,3	126,7	122,4	113,2	118,6	128,7	112,2	117,2	18,90	0,9787	0,0022 ^Q	0,1544
kdCF		0,023	0,024	0,028	0,028	0,0224	0,024	0,028	0,029	0,001	0,975	<0,0001 ^L	0,8787
Lag		6,00 ^b	5,25 ^{bc}	3,51 ^d	3,83 ^d	7,83 ^a	4,30 ^{cd}	4,80 ^c	4,86 ^c	1,393	<0,0001	<0,0001	<0,0001
VfCNF		146,3	150,9	159,2	146,4	144,2	150,3	158,8	142,5	8,522	0,414	0,0006 ^Q	0,9000
kdCNF		0,104	0,103	0,117	0,125	0,092	0,086	0,106	0,103	0,007	0,0501	<0,0001 ^L	0,3391

[‡]MM 0 = 100% milho moído, MM 25 = substituição de 25% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MM 50 = substituição de 50% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MM 75 = substituição de 75% do milho moído por polpa cítrica peletizada, MF 0 = 100% milho floculado, MF 25 = substituição de 25% do milho floculado por polpa cítrica peletizada, MF 50 = substituição de 50% do milho floculado por polpa cítrica peletizada, MF 75 = substituição de 75% do milho floculado por polpa cítrica peletizada.

VfCF = volume final de produção de gases dos carboidratos fibrosos, VfCNF = volume final de produção de gases dos carboidratos não-fibrosos, Lag = lag time, KdCF = taxa de degradação dos carboidratos fibrosos, KdCNF = taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos.

Estimativa dos parâmetros: $V(t) = Vf1/(1+\exp(2-4*c1*(T-L))) + Vf2/(1+\exp(2-4*c2*(T-L)))$, onde: Vf1=volume de gás dos CF (mL), c1=taxa de degradação dos CF (%/hora), Vf2=volume final dos CNF (mL), c2=taxa de degradação dos CNF (%/hora), L=lag time (h), T=tempo (horas de incubação). O coeficiente de determinação (r^2) para a estimativa de todos os parâmetros foi de 0,99.

EPM = erro padrão da média.

[‡]P - efeito do tipo de processamento; NP – efeito do nível de substituição do milho por polpa cítrica peletizada.

Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias dos tratamentos ($P < 0,05$).

L - efeito linear pelo teste do contraste polinomial ($P < 0,05$).

Q - efeito Iquadrático pelo teste do contraste polinomial ($P < 0,05$).

O tipo de processamento do grão de milho não afetou o VfCF das dietas experimentais, entretanto, a substituição do milho por polpa cítrica peletizada aumentou de forma quadrática o VfCF. Além disso, a substituição do milho por polpa cítrica peletizada aumentou linearmente a kdCF.

Houve interação ($P < 0,0001$) entre o tipo de processamento do grão de milho e os níveis de substituição do milho por polpa cítrica para os valores de *lag time* (tempo de colonização). A dieta MM0 apresentou o maior tempo de colonização (7,83). O *lag time* das dietas MM25, MM50 e MM75 não apresentaram diferença ($P > 0,05$). A substituição de 50 e 75% do milho floculado por polpa cítrica diminuiu o tempo de colonização em comparação com as dietas MF0 e MF25. A dieta MM25 apresentou tempo de colonização semelhante ao das dietas MF50 e MF75.

Segundo Pereira et al., (2008) o que pode determinar diferenças nos tempos de colonização é o tipo de substrato presente em cada dieta. As dietas contendo polpa cítrica, apesar de apresentarem teores elevados de FDN, contém alta concentração de carboidratos de rápida fermentação (açúcares e pectina), sendo rapidamente degradado pelos microrganismos ruminais.

O VfCNF não foi afetado pelo tipo de processamento do grão de milho, porém a substituição do milho por polpa cítrica aumentou de forma quadrática o VfCNF.

A kdCNF também não foi afetada pelo tipo de processamento do grão de milho, porém aumentou linearmente com a substituição do milho por polpa cítrica peletizada.

De acordo com Rodrigues et al., (2008) a utilização de polpa cítrica em substituição ao milho aumenta linearmente a digestibilidade da fração FDN. Essa resposta pode estar relacionada com a melhora no padrão de fermentação, com elevação do pH e dos teores de $N-NH_3$, otimizando a ação das bactérias celulolíticas sobre os constituintes da parede celular e melhorando a degradabilidade da fibra (VAN SOEST, 19994).

Segundo Van Soest (1994) em comparação com o amido, a pectina possui menor propensão em causar queda no pH ruminal, pois a sua fermentação favorece a maior produção de acetato, em comparação com lactato e propionato com a fermentação amilolítica.

Santos et al. (2003) observaram maiores valores de volume de gás acumulado para a polpa cítrica em comparação ao fubá de milho, farelo de soja, farelo de trigo, farelo de algodão e caroço de algodão. Segundo os autores isso se explica pelo fato

de que alimentos ricos em carboidratos solúveis, como a pectina, propiciam uma maior fermentação ruminal e, conseqüentemente, maior produção de gás em relação a outros alimentos com maior proporção de carboidratos fibrosos. Além disso, a pectina presente na polpa cítrica também propicia maior produção de gás devido à sua alta fermentabilidade, o que, segundo Van Soest (1994), estimula a atividade microbiana ruminal e, assim, a produção de ácidos graxos voláteis totais.

A ausência de efeito do processamento do milho *flint* na fermentação dos CNF, no caso, basicamente o amido, não era esperada. Caso isso realmente tenha ocorrido in vivo, o aumento da digestibilidade do amido nas dietas com milho floculado tem que ter ocorrido principalmente no intestino delgado. A digestão no intestino delgado é vantajosa do ponto de vista energético em comparação com a fermentação ruminal (OWENS et al, 1986), entretanto, do ponto de vista do produtor, isso só será vantajoso se essa energia extra for convertida em carcaça e não em gordura visceral ou omental (OWENS e SODERLUND, 2006).

5 CONCLUSÕES

O desempenho de animais confinados com milho *flint* floculado é superior ao dos animais confinados com milho *flint* moído.

A magnitude dessa resposta é maior que a relatada na literatura internacional com milho dentado.

A superioridade da floculação em relação à moagem fina ocorre mesmo quando metade do milho *flint* floculado é substituída por polpa cítrica.

A polpa cítrica tem menor valor energético que o milho floculado e sua inclusão nessas dietas piora o desempenho animal.

A polpa cítrica tem o mesmo valor energético que o milho *flint* moído fino e sua inclusão na dieta não altera a eficiência alimentar.

A polpa cítrica melhora o desempenho de bovinos confinados com dietas com baixo teor de forragem quando substitui até 50% do milho na dieta, em virtude do aumento na IMS e no GPD.

REFERÊNCIAS

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

ANTUNES, R.C.; RODRIGUES, N.M. Metabolismo de carboidratos não estruturais, In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 229 -253,

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.

BHANDARI, S.K.; OMINSKI, LI, S. ;WITTENBERG, K.H.; PLAIZIER, J.C. Effects of the chop lengths of alfalfa silage and oat silage on feed intake, milk production, feeding behavior, and rumen fermentation of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 91, p. 1942-1958, 2008.

BLOCK, H.C.; MACKEN, C.N.; KLOPFENSTEIN, T.J.; ERICKSON, G.E.; STOK, R.A. Optimal wet corn gluten and protein levels in steam-flaked corn-based finishing diets for steer calves. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 83, p. 2798–2805, 2005.

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

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, 2000.

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

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. 106p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CARVALHO, M.P. **Substituição do milho por subprodutos energéticos em dietas de bovinos à base de bagaço de cana tratado à pressão e vapor: digestibilidade e parâmetros ruminais**. 1998. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

COLE, N.A.; GALYEAN, M.L.; MACDONALD, J.; BROWN, S. Interaction of grain co-products with grain processing: Associative effects and management. In: PIONEER HI-BRED, A DUPONT BUSINESS CONFERENCE, **Proceedings...** Jonston, 2007.p.192-205.

CORONA, L.; RODRIGUEZ, S.; WARE, R.A.; ZINN, R.A. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled and steam-flaked corn on digestion and growth performance in feedlot cattle. **Professional Animal Scientist**, Nebraska, v. 21, p. 200-206, 2006.

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

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.

CHESSON, A.; MONRO, J. Legume pectin substances and their degradation in the ovine rumen. **Journal of Science Food and Agricultural**, London, v.33, p.852, 1982.

DEPENBUSCH, B.E.; LOE, E.R.; SINDT, J.J.; COLE, N.A.; HIGGINS, J.J.; DROUILLARD, J.S. Optimizing use of distillers grains in finishing diets containing steam-flaked corn. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 2644-2652, 2009.

DILorenzo, N.; GALYEAN, M.L. Applying technology with newer feed ingredients in feedlot diets: Do the old paragigms apply? **Journal of Animal Science**, Albany, v. 90, p.123-132, 2010.

DUSKOVA, D.;MAROUNEK, M. Fermentation of pectin and glucose, and activity of pectin-degrading enzymes in the rumen bacterium *Lachnospira multiparus*. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v.3, p.–163, 2001.

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

EVERS, A.D.; BLAKENEY, A.B.; O'BRIEN, L. Cereal structure and composition. **Australian Journal of Agriculture Research**, Collingwood. v. 50, p.629-650, 1999.

FARRAN, T.B.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J. Wet corn gluten feed and alfalfa hay levels in dry-rolled corn finishing diets: effects of finishing performance and feedlot nitrogen mass balance. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 84, p. 1205-1214, 2006.

FEGEROS, K.; ZERVAS, G.; STAMOULI, S. et al. Nutritive value of dried citrus pulp and its effect on milk yield and milk composition of lactating ewes. **Journal of Dairy Science**, Albany, v.78, p. 1116-1121, 1995.

FLINT, H.J.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation in the rumen: biochemistry and genetics. In: RUMINANT PHYSIOLOGY: DIGESTION METABOLISM, GROWTH AND REPRODUCTION, 1995, Stuttgart. **Proceedings...** Stuttgart, 1995. p.43-70.

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.

GALYEAN, M.L.; D.G. WAGNER, F.N. OWENS. Nylon bag dry matter and starch digestion of corn as influenced by particle size, steam flaking and high moisture processing. **Journal of Animal Science**, Albany, v.45, p.1088 - 1093, 1979.

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.

HALL, M.B. Pectin: the structural, non-structural carbohydrate. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURES, 56., 1994, New York. **Proceedings...** New York: Cornell University, 1994. p.29-36.

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.

HATFIELD, R.D.; WEIMER, P.J. Degradation characteristics of isolated and in situ cell wall Lucerne pectic polysaccharides by mixed ruminal microbes. **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v. 69, p.185, 1995.

HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; ALLEONI, G.F.; COUTINHO FILHO, J.L.V. Desempenho e características da carcaça de tourinhos Santa Gertrudes confinados, recebendo dietas com alto concentrado e níveis crescentes de polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, p.463-470, 2004.

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.

HERSOM, M.J.; BOSS, D.L.; WAGNER, J.J.; ZINN, R.A.; BRANINE, M.E. Alpharma beef cattle nutrition symposium: Alternative energy sources for beef cattle finishing diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 88, p. E121-122E, 2010.

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.

JACOB, M.E.; FOX, J.T.; NARAYANAN, S.K.; DROUILLARD, J.S.; RENTER, D.G.; NAGARAJA, T.G. Effects of feeding wet corn distillers grains with solubles with or without monensin and tylosin on the prevalence and antimicrobial susceptibilities of fecal foodborne pathogenic and commensal bacteria in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 86, p. 1182-1190, 2008.

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

LADELY, S.R.; STOCK, R.A.; GOEDEKEN, F.K.; 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.

LEE, R.W.; GALYEAN, M.L.; LOFGREEN, G.P. Effects of mixing whole shelled and steam-flaked corn in finishing diets on feedlot performance and site and extent of digestion in beef steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v.55, p.475-483, 1982.

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.

LEWIS, M.J. **Propriedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado**. Zaragoza: Acribia, 1993. 493p.

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

MACHADO, M.C. **Avaliação de alimentos para ruminantes pelo sistema in vitro de produção de gases e pela estimativa de síntese microbiana a partir da incorporação de radiofósforo**. 2001. 50p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

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.

MARQUES, R.S. **Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação na terminação de tourinhos Nelore**. 2011. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MAY, M.L.; QUINN, M.J.; REINHARDT, C.D.; MURRAY, L.; GIBSON, M.L.; KARGES, K.K.; DROUILLARD, J.S. Effects of dry-rolled or steam-flaked corn finishing diets with or without twenty-five percent dried distillers grains on ruminal fermentation and apparent total tract digestion. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 3630-3638, 2009.

MAY, M.L.; DECLERCK, J.C.; QUINN, M.J.; DILORENZO, N.; LEIBOVICH, J.; SMITH, D.R.; HALES, K.E.; GALYEAN, M.L. Corn or sorghum wet distillers grains with solubles in combination with steam-flaked corn: Feedlot cattle performance, carcass characteristics, and apparent total tract digestibility. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 88, p. 2433-2443, 2010.

MCALLISTER, T.A.; GIBB, D.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; WANG, Y. Starch type, structure and ruminal digestion. In: PIONEER HI-BRED, A DUPONT BUSINESS CONFERENCE, 2007. Jonston. **Proceedings...** Jonston, 2007. p.30-41.

MCALLISTER, T.A.; PHILLIPPE, R.C. ; RODE, L.M. ; CHENG, K.J. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. **Journal Animal Science**, Albany, v.71, p.205–212, 1993.

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.

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

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

NIACHOT, C.M.; ATKINSON, J.L.; LEESON, S. Sorghum tannis: a review. **Wordl's Poultry Science Journal**, Ithaca, v.53, p.5, 1997.

NOCEK, J.E.; TAMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, n. 8, p. 3598-3629, 1991.

O'MARA, F.P.; COYLE, J.E.; DRENNAN, M.J. citar todos et al. A comparison of digestibility of some concentrate feed ingredients in cattle and sheep. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.81, p. 167-174, 1999.

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. Ruminant and post-ruminal starch digestion by cattle. In: PIONEER HI-BRED, A DUPONT BUSINESS CONFERENCE, 2007, Jonston. **Proceedings...** Jonston, 2007. p.116-128

OWENS, F.N.; ZINN, R.A. Corn grain for cattle: influence of processing on rate 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.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2006. dez., p. 1-6, (Circular Técnica)

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.

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

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

PEREIRA, E.M.; SANTOS, F.A.P.; MUSSIO, L.G.; PEDROSO, A.M.; COSTA, D.F.A.; IMAIZUMI, H.; BITTAR, C.M.M. Estimativa da energia metabolizável de rações com polpa cítrica em substituição ao milho para tourinhos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 216 – 224, 2007.

PEREIRA, L.G.; BARREIROS, D.C.; OLIVEIRA, L.S.; FERREIRA, A.M.; MAURICIO, R.M.; AZEVEDO, J.A.G.; FIGUEIREDO, M.P.; SOUZA, L.F.; CRUZ, P.G. Composição química e cinética de fermentação ruminal de subprodutos de frutas do sul da Bahia – Brasil, **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v.20, p.1-10, 2008.

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.

PIZON, F.J.; WING, J.M. Effects of citrus pulp in high urea rations for steers. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 59, p.1100, 1976.

RODRIGUES, G.H.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. Substituição do milho por polpa cítrica em rações com alta proporção de concentrado para cordeiros confinados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p.789-794, 2008.

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

SANTOS, F.A.P.; PEREIRA, E.M.; PEDROSO, A.M. 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, R.A.; TEIXEIRA, J.C.; PÉREZ, J.R.O. citar todos et al. Estimativa da degradabilidade ruminal de alimentos utilizando a técnica de produção de gás em bovinos, ovinos e caprinos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, p.689-695, 2003

SAS INSTITUTE. SAS user's guide: statistics. Cary, 2003.

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.

SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; OWENS, F.N. ANDWELTY, S.D.; 1995. Effects of corn particle size on feedlot steer performance and carcass characteristics. **Animal Science Research Report**, Oklahoma, v.31, n.2, p.99–104, 1995.

SECRIST, D.S.; OWENS, F.N.; HILL, W.J. ;WELTY, S.D., 1996. Rolled versus whole corn: effects on ruminal fermentation of feedlot steers. **Animal Science Research Report**, Oklahoma, v.32, n.3, p.181–188, 1996.

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.

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.

SNIFFEN, C.J. Balancing rations for carbohydrates for dairy cattle. In: FEED DEALER SEMINARS, 1988, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell Cooperative Extension, v.112,1988. p.9-19.

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.

STERN, M.D.; ZIEMER C.J. Consider value, cost when selecting nonforage fiber. **Feedstuffs**, Minnetonka, v.17, p.14, 1993.

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.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, London, v.48, p.185-197, 1994.

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

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

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

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

VAN SOEST, P. J. Nutritional Ecology of the Ruminant 2nd Ed.). Ithaca, NY.:Cornell University Press, 1994. 476p

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**, Savoy, 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.

VERBIC, J.; STEKAR, J.M.A.; CEPON, M.R. Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.54, p.133-148, 1995.

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

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

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 the AOAC Internacional**, Washington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

YU, P.; HUBER, J.T.; SANTOS, F.A.P.; SIMAS, J. M.; THEURER, C.B. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 81, p. 777-783, 1998.

ZINN, R.A. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, 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 CONFERENCE, 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.

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