



## Fibra solúvel e amido como fontes de carboidratos para terminação de novilhos em confinamento

Cristian Faturi<sup>2</sup>, Jane Maria Bertocco Ezequiel<sup>3</sup>, Nivia Araujo Fontes<sup>4</sup>, Marcelo Gil Stiaque<sup>5</sup>, Octávio Guilherme da Cruz e Silva<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Projeto financiado pela FAPESP.

<sup>2</sup> Escola Agrotécnica Federal de Araguatins - EAFA.

<sup>3</sup> Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP - Jaboticabal, SP.

<sup>4</sup> Zootecnista, MS.

<sup>5</sup> Curso de graduação em Zootecnia da FCAV-UNESP.

<sup>6</sup> Zootecnista.

**RESUMO** - Avaliou-se o efeito da utilização de duas fontes de carboidratos solúveis, amido ou fibra solúvel em detergente neutro, associadas a dois níveis de FDN, sobre o desempenho de novilhos de corte em confinamento na fase de terminação. Foram confinados 24 novilhos ½ Angus x ½ Nelore, com idade inicial de 18 meses e peso de  $329 \pm 24$  kg. As quatro dietas foram calculadas para fornecer nível de PB suficiente para ganho diário de 1,4 kg. As dietas foram constituídas de 40% de silagem de milho e 60% de concentrado (grão de milho, polpa cítrica e casca de soja), além de minerais e uréia, arranjados de forma a promover nível alto de amido associado a dois níveis de FDN (48 e 39%) ou nível alto de fibra solúvel associado aos dois níveis de FDN. Observou-se que os animais alimentados com a dieta com maior nível de polpa cítrica (45%), com baixos teores de fibra solúvel e FDN, apresentaram consumo reduzido e, conseqüentemente, baixo ganho de peso e pior conversão alimentar. Entre as dietas com maior nível de FDN, verificou-se que os animais alimentados com fibra solúvel apresentaram o melhor ganho de peso (1,435 vs 1,262 kg/dia) e a melhor conversão alimentar (7,494 vs 8,651), mas não diferiram daqueles do tratamento com amido e baixo teor de FDN. Os resultados demonstraram que é possível alterar o desempenho animal manipulando a fonte e a concentração dos carboidratos solúveis.

Palavras-chave: fibra em detergente neutro, fibra solúvel em detergente neutro, ganho de peso

## Soluble fiber and starch as carbohydrates sources for finishing feedlot steers

**ABSTRACT**- The effects of starch or neutral detergent soluble fiber associated with two dietary levels of NDF on performance of finishing feedlot beef steers were evaluated in this trial. Twenty-four crossbred ½ Angus x ½ Nelore steers averaging 18 months of age and  $329 \pm 24$  kg of body weight at the beginning of the trial were used. All four diets were balanced to supply the crude protein requirements for a daily weight gain of approximately 1.4 kg. Diets were composed (dry matter basis) by 40% of corn silage and 60% of concentrate containing corn grain, citrus pulp, soybean hulls, salt, and urea. Animals fed the diet containing high soluble fiber and low NDF content had the lowest dry matter intake (DMI), which compromised weight gain and feed conversion. This decrease in DMI can be explained by the greater level of citrus pulp (45%) compared to the other three diets. Between diets with higher NDF levels, that with soluble fiber resulted in greater daily weight gain (1.435 vs. 1.262 kg) and better feed conversion ratio (7.494 vs. 8.651) than the diet with starch. However, no significant difference was observed between the diet with high NDF and soluble fiber compared to that with low NDF and starch for these same variables. In conclusion, animal performance can be improved by changing the source and content of dietary soluble carbohydrates.

Key Words: neutral detergent fiber, neutral detergent soluble fiber, weight gain

### Introdução

A maior parte da energia obtida pelos animais ruminantes durante o confinamento é proveniente da fermentação dos carboidratos solúveis e estruturais, os quais são convertidos, pela fermentação microbiana, em produtos metabólicos que podem ser destinados à síntese de carne, leite

e lã. A cinética de degradação ruminal dos carboidratos estruturais pode ser alterada mediante a adição de nutrientes ou por meio de tratamento com produtos químicos. O principal fator que afeta a digestão dos carboidratos estruturais é a adição de carboidratos solúveis por meio de alimentos concentrados, que provocam alterações no ambiente do trato digestivo e na cinética do processo

digestivo, como as taxas de digestão e passagem das partículas, o pH ruminal e a natureza da população microbiana (Fahey & Berger, 1980).

Em geral, os carboidratos solúveis são considerados um grupo de substâncias com características semelhantes. No entanto, diferentes fontes de carboidratos solúveis podem produzir diferentes padrões de fermentação ruminal (Hall, 2000; Ariza et al., 2001; Bomfim, 2003). Este grupo é muito heterogêneo e inclui ácidos orgânicos, açúcares (mono e oligossacarídeos), amido e frutanas, além dos carboidratos encontrados na parede celular das plantas, mas solúveis em detergente neutro, como a pectina, galactanos e  $\beta$ -glucanos.

Os carboidratos solúveis, pela sua heterogeneidade, podem ser agrupados de diversas formas: em função da digestão pelo animal ou pelos microrganismos do rúmen, por sua habilidade em dar suporte ao crescimento microbiano, pelo potencial de fermentação a ácido láctico no rúmen e pela redução de sua fermentação a baixo pH no rúmen. Microrganismos tendem a produzir relativamente mais propionato ou mais acetato provindo de substâncias pécnicas quando açúcares e amido são fermentados. Diferenças nos produtos da fermentação proporcionam ao animal diferentes quantidades de nutrientes metabolizáveis, sendo que a predominância de nutrientes glicogênicos (propionato) em relação aos lipogênicos (acetato) pode afetar a quantidade e composição do leite e o crescimento animal (Hall, 2000).

Quando grandes quantidades de amido e açúcares são fornecidas na dieta de ruminantes, a fermentação pode ser direcionada para produção de ácido láctico, podendo provocar acidose e reduzir o aproveitamento da fibra. Entretanto, outros carboidratos solúveis, como pectinas e  $\beta$ -glucanos, que compõem a fibra solúvel não são fermentados a lactato. Por isso, é necessário distinguir os alimentos que contém estes tipos de carboidratos, pois podem promover boa eficiência na fermentação ruminal sem os problemas associados a altas quantidades de amido (Van Soest et al., 1991).

Segundo Ariza et al. (2001), é possível alterar a fermentação ruminal com fontes de amido ou de fibra solúvel em detergente neutro, sendo esperados aumento da eficiência de síntese de proteína microbiana ruminal e decréscimo na concentração de amônia quando fibra solúvel em detergente neutro é utilizada.

Bomfim (2003) verificou que o balanceamento dos carboidratos solúveis em detergente neutro deve ser observado para cabras leiteiras, pois o aumento do teor de fibra solúvel em detergente neutro reduziu o conteúdo de proteína do leite. Este autor constatou ainda que a produção de leite

foi maximizada quando as dietas receberam uma razão de 6,07 amido+açúcar:fibra solúvel. Faturi (2005), no entanto, observou maior digestibilidade da MS e FDN em dietas com alto teor de fibra solúvel em relação às dietas com alto teor de amido.

Os alimentos concentrados ricos em fibra solúvel em detergente neutro podem representar uma importante fonte de energia para os animais ruminantes: primeiro por seus benefícios ao ambiente ruminal, sem reduzir drasticamente o pH, proporcionando maior eficiência microbiana e melhor aproveitamento da FDN dos alimentos volumosos, e segundo, pela dificuldade de utilização desses alimentos para nutrição de monogástricos, pois esses animais não produzem enzimas capazes de digerir os carboidratos encontrados na fibra solúvel em detergente neutro.

Informações sobre os efeitos e níveis de carboidratos solúveis, como o amido e a fibra solúvel em detergente neutro, na alimentação de ruminantes e na utilização da FDN ainda são muito escassos, principalmente na literatura brasileira.

Objetivou-se com este experimento avaliar o efeito de duas fontes de carboidratos solúveis, amido ou fibra solúvel, associadas a dois níveis de FDN sobre o desempenho de novilhos em confinamento na fase de terminação.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado nas instalações de confinamento do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, na cidade de Jaboticabal – SP, no período de março a junho de 2003.

Para avaliação do desempenho, foram mantidos em confinamento 24 novilhos castrados  $\frac{1}{2}$  Angus x  $\frac{1}{2}$  Nelore, tomados ao acaso de uma fazenda comercial, nascidos em mesma época de parição e criados e recriados em pastagem sob as mesmas condições de manejo e alimentação. Ao início do período de adaptação, os animais ( $329 \pm 24$  kg de PV e idade média inicial de 18 meses) receberam ao acaso um dos quatro tratamentos, sendo mantidos em baias individuais ( $14 \text{ m}^2$ ) em um confinamento semi-coberto.

As dietas, formuladas conforme o NRC (1984) para fornecer PB, Ca e P suficientes para ganho diário de 1,4 kg, foram constituídas de 40% de volumoso (silagem de milho) e 60% de concentrado, composto por grão de milho, polpa cítrica peletizada, casca de soja, uréia, calcário calcítico, fosfato bicálcico e sal comum, em composição variável conforme o tratamento. Durante o preparo das rações, todos os ingredientes foram moídos a 3 mm. A composição química dos ingredientes utilizados nas dietas está apre-

sentada na Tabela 1 e as composições percentual e química das dietas, na Tabela 2.

A alimentação foi dividida em duas refeições, uma fornecida às 8h e a outra às 16h, sendo o concentrado misturado à silagem de milho no cocho no momento da alimentação. Todos os dias, antes da alimentação da manhã, foram recolhidas e pesadas as sobras de alimento para o ajuste da quantidade fornecida e o cálculo do consumo de MS. As sobras foram mantidas entre 5 e 10% do total ofertado.

Durante o período experimental, foram recolhidas, semanalmente, amostras da silagem e das sobras de alimento. Posteriormente, após secagem em estufa de circulação forçada a 55°C, as amostras foram homogeneizadas, retirando-se uma amostra composta para realização das análises laboratoriais. As amostras de milho, polpa cítrica e casca de soja foram coletadas no momento da confecção das rações. Nas amostras, foram estimados os teores de MS, MO e PB pelo método de micro-kjeldahl; os de FDN e FDA, conforme descrito por Silva & Queiroz (2002); o de fibra solúvel em detergente neutro, conforme preconizado por Hall (2000),

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas

Table 1 - Chemical composition of ingredients used in the diets

	Ingrediente			
	Silagem de milho <i>Corn silage</i>	Grão de milho <i>Corn grain</i>	Polpa cítrica <i>Citrus pulp</i>	Casca de soja <i>Soybean hulls</i>
MS (%)	36,58	85,56	85,11	90,18
DM (%)				
MO (% MS)	96,23	98,50	92,37	94,60
OM (% DM)				
Cinzas (% MS)	3,77	1,50	7,63	5,40
Ash (% DM)				
PB (% MS)	7,95	10,60	8,27	11,31
CP (% DM)				
FDN (% MS)	54,10	15,00	23,81	69,84
NDF (% DM)				
FDA (% MS)	31,59	6,78	17,54	56,67
ADF (% DM)				
Lignina (% MS)	5,65	0,53	3,01	1,98
<i>Lignin (% DM)</i>				
CSDN (% MS) <sup>1</sup>	31,99	70,09	59,80	16,82
<i>NDSC (% DM)</i>				
Amido (% MS)	23,33	64,55	0,62	2,35
<i>Starch (% DM)</i>				
FSDN (% MS) <sup>2</sup>	6,67	10,56	37,89	12,44
<i>NDSF (% DM)</i>				
EB (Mcal/kg)	4,53	4,37	4,32	4,17
<i>CE (Mcal/kg)</i>				

<sup>1</sup> CSDN - Carboidratos solúveis em detergente neutro (*NDSC - neutral detergent soluble carbohydrates*).

<sup>2</sup> FSDN - Fibra solúvel em detergente neutro (*NDSF - neutral detergent soluble fiber*).

Tabela 2 - Composição das dietas experimentais

Table 2 - Composition of the experimental diets

Composição (%MS) <i>Composition (% DM)</i>	Tratamento			
	Amido alta FDN <i>Starchhigh NDF</i>	Amido baixa FDN <i>Starchlow NDF</i>	Fibra solúvel alta FDN <i>Soluble fiber high NDF</i>	Fibra solúvel baixa FDN <i>Soluble fiber low NDF</i>
Silagem de milho <i>Corn silage</i>	40,00	40,00	40,00	40,00
Grão de milho <i>Corn grain</i>	29,58	39,68	7,19	8,72
Polpa cítrica <i>Citrus pulp</i>	0,96	4,97	29,30	44,80
Casca de soja <i>Soybean hulls</i>	27,19	13,01	21,13	3,87
Uréia <i>Urea</i>	1,40	1,49	1,54	1,68
Calcário calcítico <i>Limestone</i>	0,30	0,28	-	-
Sal <i>Salt</i>	0,56	0,57	0,57	0,57
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	-	-	0,28	0,37
PB <i>CP</i>	13,19	13,23	12,85	12,74
CSDN <sup>1</sup> <i>NDSC</i>	38,68	45,77	38,91	46,34
Amido <i>Starch</i>	29,07	35,28	14,65	15,33
FSDN <sup>2</sup> <i>NDSF</i>	9,54	10,36	17,16	21,04
FDN <i>NDF</i>	48,28	39,79	48,13	39,04
EB (Mcal/kg) <i>GE</i>	4,28	4,30	4,27	4,29

<sup>1</sup> CSDN = carboidratos solúveis em detergente neutro.

<sup>2</sup> FSDN = fibra solúvel em detergente neutro.

<sup>1</sup> *NDSC = neutral detergent soluble carbohydrates.*

<sup>2</sup> *NDSF = neutral detergent soluble fiber.*

em que o valor é estimado descontando-se da amostra o teor da matéria mineral; os de FDN<sub>cp</sub>, PB, EE e açúcares solúveis, obtidos pela solubilização da amostra com etanol (80%); e o teor de amido, estimado por meio do resíduo da solubilização com etanol, segundo método descrito por Hendrix (1993). No resíduo da solubilização com etanol foi determinado ainda o teor de PB e cinzas para correção. A EB dos alimentos foi determinada utilizando-se bomba calorimétrica.

O período total de confinamento foi de 94 dias, de modo que os 14 dias primeiros foram destinados à adaptação dos animais ao manejo, às instalações e à dieta. Os animais foram pesados no início da adaptação e ao início e final do período de avaliação, sempre após jejum alimentar de 14 horas, para acompanhamento da evolução do peso e do ganho de peso diário. Ao final do período experimental, também foi avaliada a condição corporal dos animais,

atribuindo-se valores de 1 a 5, em que: 1 = muito magro; 2 = magro; 3 = médio; 4 = gordo; e 5 = muito gordo.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (dietas) e seis repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o peso inicial como co-variável e, para a comparação de médias, o teste t. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SAS (SAS, 1993), sendo descritas pelo seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij},$$

em que:  $Y_{ijk}$  = variáveis dependentes;  $\mu$  = constante geral;  $\tau_i$  = efeito da dieta oferecida, em que 1 = alto amido alta FDN, 2 = alto amido baixa FDN, 3 = alta fibra solúvel alta FDN e 4 = alta fibra solúvel baixa FDN;  $\varepsilon_{ijk}$  = erro residual, assumindo distribuição normal com média igual a zero e variância  $\sigma^2$ .

## Resultados e Discussão

O consumo de MS representa um dos fatores primários na conversão da forragem em produto animal, sendo o consumo de MS digestível mais afetado pelo consumo de MS que pela própria digestibilidade (Waldo, 1986). Como pode ser observado na Tabela 3, não foi encontrada diferença no consumo entre os tratamentos que continham maior teor de amido e aquele com fibra solúvel associada ao maior nível de FDN. Entretanto, os animais alimentados com as dietas contendo fibra solúvel e baixo teor de FDN apresentaram menor consumo. Nesse tratamento, todos os animais rejeitaram o concentrado e preferiram a silagem de milho, o que resultou em quantidade elevada de sobras de concentrado. Provavelmente, algum fator relacionado à palatabilidade ou à natureza química da polpa cítrica (45% da dieta total) tenha limitado o consumo neste tratamento.

As diferenças encontradas no consumo entre os tratamentos foram mantidas também quando os valores foram expressos em porcentagem do peso e por unidade de tamanho metabólico (Tabela 3).

Ao avaliarem a interação da polpa cítrica + uréia sobre o consumo de MS, Faturi et al. (2004) realizaram um experimento de livre escolha, no qual foram ofertadas a novilhos de corte dietas com 60% de concentrado, composto por polpa cítrica (do mesmo lote utilizado neste experimento) + uréia ou polpa + glúten de milho. Os animais preferiram a dieta sem uréia, porém, verificou-se alta seleção pelos animais também no tratamento com glúten de milho no qual o concentrado foi rejeitado, resultando em baixo consumo (apenas 1,77% do PV), provavelmente em razão das características da polpa cítrica.

Henrique et al. (1998) verificaram que o fornecimento de dietas com baixa proporção de concentrado (20%), em que polpa cítrica substituiu 100% do milho, não ocasionou alterações no desempenho animal e nas características da carcaça. Todavia, nos tratamentos com 80% de concentrado, a substituição resultou em redução considerável do consumo e do ganho de peso. Estes autores relacionaram o baixo consumo ao elevado teor de cálcio na dieta, proporcionado pela polpa, atingindo porcentagem próxima à máxima recomendada.

A alta concentração de cálcio está relacionada ao maior teor de minerais na polpa, ocasionado pela utilização de hidróxido ou óxido de cálcio durante seu processamento. Como neste experimento os animais praticamente não consumiam o concentrado no tratamento com fibra solúvel e baixa FDN, entende-se que o consumo de cálcio não limitou o consumo, mas a palatabilidade da polpa (produzida no final da safra anterior).

A palatabilidade da polpa cítrica pode variar com a inclusão de polpa de limão, o tempo de armazenamento ou

Tabela 3 - Valores médios para consumo de MS por dia (CMSD), em relação ao peso (CMSP) e por unidade de tamanho metabólico (CMSTM), e consumo de FDN por dia (CFDND) de novilhos em confinamento na fase de terminação

Table 3 - Means for DM intake (DMI), DMI expressed as percentage of the body weight (DMIW) and per unit of metabolic body weight (DMIMW), NDF intake (NDFI), and NDFI expressed as percentage of the body weight (NDFIW) on finishing feedlot steers

Tratamento	CMSD (kg/dia)	CMSP (%)	CMSTM (g/kg P <sup>0,75</sup> )	CFDN(kg/dia)	CFDNP(%)
Treatment	DMI (kg/day)	DMIW (%)	DMIMW (g/kg BW <sup>0,75</sup> )	NDFI (kg/day)	NDFIW (%)
Amido alto teor de FDN <i>Starch high NDF</i>	10,832a	2,67a	84,4a	5,179a	1,28a
Amido baixo teor de FDN <i>Starch low NDF</i>	10,660a	2,59a	81,9a	4,065b	0,99b
Fibra solúvel alto teor de FDN <i>Soluble fiber high NDF</i>	10,644a	2,60a	82,2a	5,138a	1,25a
Fibra solúvel baixo teor de FDN <i>Soluble fiber low NDF</i>	8,311b	2,12b	67,0b	3,314c	0,85c
CV (%)	10,3	10,0	10,0	11,0	10,7

Médias com diferentes letras na mesma coluna diferem (P<0,08) pelo teste t na comparação entre tratamentos.  
Means with different letters in the same column differ (P<0.08) by t test.

com erros no processamento, como a queima da polpa, o que justifica a preocupação com a qualidade do produto, visto que os problemas relacionados ao consumo de dietas com alto teor de polpa não são compartilhados por todos os autores. Sampaio et al. (1984), trabalhando com 60% de concentrado constituído de 94% de polpa cítrica, não verificaram problemas com o consumo, que, inclusive, foi maior que o verificado nas dietas com grão de milho. Do mesmo modo, Henrique et al. (2004) não observaram diferença no consumo de MS em bovinos alimentados com 80% de concentrado e 55% de polpa na dieta total.

Um dos principais conceitos envolvendo as características da dieta sobre a regulação do consumo estabelece que o controle do consumo de dietas mais digestíveis e energeticamente densas é realizado primeiramente por mecanismos metabólicos, geralmente associados às demandas nutricionais do animal. O consumo de dietas com menor densidade energética ou menos digestíveis, no entanto, é primeiramente controlado fisicamente por limitação de espaço do trato gastrointestinal (Waldo, 1986). O consumo de FDN, de acordo com Waldo (1986), é o melhor e mais simples fator para predição do consumo voluntário de MS por ruminantes, sendo que a FDN determina melhor a propriedade dos alimentos em ocupar espaço que a FB e a FDA (Mertens, 1992). Allen (1996) sugeriu a existência de um ponto de digestibilidade no qual a limitação no consumo de MS pela distensão física do trato gastrointestinal é substituída pela limitação da satisfação da demanda energética. Entretanto, este ponto de transição não é fixo e deve ocorrer na interseção da curva de distensão com a curva de exigência nutricional.

Pela análise do consumo de FDN em relação ao peso vivo (Tabela 3) – expressão mais adequada, visto que a

capacidade do retículo-rúmen está linearmente associada ao peso vivo do animal (Allen, 1996) –, constatou-se que o consumo de FDN, por si só, não explica as variações no consumo de MS, sendo maior nos animais alimentados com as dietas contendo maior nível de FDN (1,28% do PV para a dieta com amido e 1,25% para a dieta com fibra solúvel). O consumo de FDN do tratamento com amido e com baixo teor de FDN foi de apenas 0,99% do PV. O maior ou menor limite no consumo de FDN deve estar relacionado, além das características do animal, à qualidade da FDN nas dietas. Restle et al. (2004) também observaram que o consumo de FDN, por si só, não é suficiente para explicar a variação no consumo, sendo necessário considerar fatores como a digestibilidade e as taxas de degradação e passagem desta fração.

Considerando a qualidade da FDN, pode-se inferir que o consumo de FDN de 1,27% do PV seria o limite de distensão ruminal nos animais alimentados com dietas com 48% de FDN, corroborando os resultados observados por Resende et al. (1994), que, trabalhando com diferentes níveis de FDN na dieta, observaram valor médio de ingestão de FDN de 1,27% do PV.

No tratamento com amido e baixo teor de FDN, o limite seria de apenas 0,99% do PV, o que está de acordo com os resultados observados por Faturi et al. (2002), que verificaram limitação do consumo de MS quando o consumo de FDN atingiu 1% do PV. As diferenças entre os limites no consumo de FDN podem estar relacionadas ao fato de que, no tratamento com amido e baixo teor de FDN, a FDN foi proveniente principalmente da silagem de milho, com uma proporção de 10,8% de lignina na FDN da dieta, enquanto, nos demais tratamentos, a proporção de lignina era de 8,8%, pois, nestes tratamentos, uma grande fração da FDN provinha

Tabela 4 - Consumos médios de PB, carboidratos solúveis totais, fibra solúvel, amido e EB nos tratamentos

Table 4 - Means for intakes of CP, total soluble carbohydrates, soluble fiber, starch, and GE on finishing feedlot steers

Consumo <i>Intake</i>	Tratamento <i>Treatment</i>				CV (%)
	Amido alto teor de FDN	Amido baixo teor de FDN	Fibra solúvel alto teor de FDN	Fibra solúvel baixo teor de FDN	
	<i>Starch high NDF</i>	<i>Starch low NDF</i>	<i>Soluble fiber high NDF</i>	<i>Soluble fiber low NDF</i>	
PB (kg/dia)	1,43a	1,42a	1,37a	1,03b	11,8
CP (kg/day)					
Carboidratos solúveis (kg/dia)	4,19b	4,88a	4,14b	3,85b	10,1
<i>Soluble carbohydrates (kg/day)</i>					
Fibra solúvel (kg/dia)	1,04b	1,10b	1,83a	1,75a	10,7
<i>Soluble fiber (kg/day)</i>					
Amido (kg/dia)	3,14b	3,77a	1,56c	1,27d	10,6
<i>Starch (kg/day)</i>					
EB (GE) (Mcal/dia)	46,36a	45,84a	45,45a	35,65b	10,3

Médias com diferentes letras na mesma linha diferem ( $P < 0,08$ ) pelo teste t na comparação entre tratamentos.

Means with different letters in the same row differ ( $P < 0,08$ ) by t test.

Tabela 5 - Valores médios para ganho de peso médio diário (GMD), conversão alimentar (CA), conversão de EB (CAEB) e conversão de PB (CAPB), peso ao final do período experimental (PF) e condição corporal dos novilhos (CC) de acordo com o tratamento  
 Table 5 - Means for daily weight gain (DWG), feed conversion (FC), GE conversion (GEC), CP conversion (CPC), final body weight (FW) and body condition (BC) of finishing feedlot steers

Tratamento <i>Treatment</i>	GMD (kg/dia) <i>DWG (kg/day)</i>	CA <i>FC</i>	CAEB <i>GEC</i>	CAPB <i>CPC</i>	PF (kg) <i>FW</i>	CC <sup>1</sup> <i>BC</i>
Amido alto teor de FDN <i>Starch high NDF</i>	1,262b	8,651a	37,0b	1,14b	455,8b	3,86a
Amido baixo teor de FDN <i>Starch low NDF</i>	1,459a	7,340b	31,6a	0,98a	471,4a	3,86a
Fibra solúvel alto teor de FDN <i>Soluble fiber high NDF</i>	1,435a	7,494b	32,0a	0,96a	469,6a	3,92a
Fibra solúvel baixo teor de FDN <i>Soluble fiber low NDF</i>	0,979c	8,542a	36,7b	1,06ab	433,1c	3,64b
CV (%)	11,8	12,7	12,6	13,3	2,4	5,2

Médias com diferentes letras na mesma coluna diferem ( $P < 0,08$ ) pelo teste t na comparação entre tratamentos.

<sup>1</sup> Condição 1 = muito magro; condição 2 = magro; condição 3 = animal com escore médio; condição 4 = gordo; condição 5 = muito gordo.

Means with different letters in the same column differ ( $P < 0,08$ ) by t test.

<sup>1</sup> Condition 1 = very thin; condition 2 = thin; condition 3 = average score; condition 4 = fat; condition 5 = very fat.

da casca de soja e da polpa cítrica, produtos que apresentavam fibra com maior degradação ruminal em relação à silagem de milho (Faturi, 2005).

O consumo dos demais nutrientes, como a PB, os carboidratos solúveis totais, a fibra solúvel, o amido e a energia bruta (Tabela 4), variou conforme a composição química das dietas e as diferenças observadas no consumo de MS.

O menor consumo de MS apresentado pelos animais que recebiam dieta à base de fibra solúvel e com baixo teor FDN refletiu diretamente sobre o ganho de peso (Tabela 5), visto que consumos maiores, acima do nível de manutenção, disponibilizam mais nutrientes para a deposição de tecidos, reduzindo a proporção de nutrientes utilizados para manutenção. O ganho de peso em novilhos durante a terminação em confinamento tem alta relação com o consumo de energia (Faturi et al., 2002), que também foi menor neste tratamento, visto que as dietas continham concentrações semelhantes de energia. Henrique et al. (1998) também encontraram menor consumo de MS no tratamento com alta proporção de polpa e relacionaram este fato ao menor desempenho dos animais deste tratamento.

Quando o consumo é semelhante, outros fatores relacionados à dieta ganham maior importância, como a digestibilidade, os produtos finais da fermentação ruminal, a eficiência de síntese microbiana, a capacidade de modificar o pH, a taxa de degradação da energia e proteína, entre outros.

Avaliando o ganho de peso entre os dois tratamentos com maior nível de FDN, observou-se que os animais alimentados com fibra solúvel apresentaram maior ganho de peso e melhor conversão alimentar que os alimentados com amido como fonte de carboidrato solúvel. Estes animais apresentaram ganho de peso de 1,435 kg/dia e conversão

alimentar de 7,494 enquanto aqueles alimentados com amido tiveram ganho de 1,262 kg/dia e conversão de 8,651. A diferença verificada entre os dois tratamentos pode estar relacionada à maior digestibilidade da MS e, principalmente, da FDN de dietas com maior teor de fibra solúvel em relação às dietas com maior teor de amido (Faturi, 2005).

Em geral, a melhor digestibilidade das dietas com alto teor de fibra solúvel tem sido relacionada à capacidade de manter o pH mais elevado quando comparada a dietas contendo alto teor de amido, visto que a fibra solúvel não é fermentada a lactato, favorecendo a degradação da fibra pelas bactérias celulolíticas do rúmen (Bomfim, 2003). Contudo, na literatura, os dados de trabalhos com polpa cítrica e grão de milho como fontes de fibra solúvel e amido, respectivamente, são conflitantes.

Os resultados de alguns estudos demonstraram não haver diferença no pH do líquido ruminal (Leiva et al., 2000; Santos et al., 2001; Faturi, 2005), ocorrendo maior queda do pH em dietas com amido (Ben-Ghedalia et al., 1989; Bomfim, 2003) ou ainda maior queda no pH nas dietas com polpa cítrica (Pinzon & Wing, 1975). Entretanto, outros autores demonstraram maior degradabilidade da polpa cítrica em relação ao grão de milho moído (Martins et al., 1999; Faturi, 2005), uma vez que a polpa cítrica é rica em fibra solúvel e açúcares solúveis, que apresentam maior taxa de fermentação que o amido (Hall & Herejk, 2001), além de fibra de alta qualidade, com baixo teor de lignina e alta digestibilidade no rúmen. O amido do grão de milho, por sua vez, possui menor taxa de degradação e degradabilidade efetiva mais baixa que o amido do triticale e do farelo de trigo, por exemplo, pois a matriz protéica que envolve o grânulo de amido e dificulta a ação das enzimas digestivas é mais significativa nesse grão (Zeoula et al., 1999).

A diferença na degradabilidade ruminal entre o milho e a polpa pode explicar grande parte dos resultados observados, pois, além da digestibilidade, outros fatores afetam o crescimento e a eficiência na produção microbiana ruminal, como as quantidades de energia e proteína disponíveis no rúmen, que devem estar disponíveis de forma sincronizada para estimular rápido crescimento bacteriano. Santos et al. (2001) verificaram que o aumento da degradabilidade ruminal dos carboidratos não-estruturais da dieta quando o milho moído grosso foi substituído por milho floculado ou por polpa cítrica teve efeito benéfico no desempenho de vacas leiteiras em termos de produção de leite, consumo de MS e eficiência alimentar.

O consumo de carboidratos solúveis (Tabela 4) foi semelhante para as dietas associadas ao maior nível de FDN, porém, em virtude da maior degradação da fibra solúvel em relação ao amido do grão de milho (Faturi, 2005), espera-se maior sincronismo na disponibilidade de energia e nitrogênio no rúmen na dieta com maior proporção deste componente, pois grande parte do nitrogênio das dietas é proveniente da uréia, fonte de nitrogênio solúvel.

Faturi (2005) observou desaparecimento de 57% da MS da polpa cítrica às 3 horas de incubação e 94% de desaparecimento após 48 horas, enquanto, no grão de milho moído, as taxas de desaparecimento da MS foram de 28 e 72%, respectivamente, nos mesmos tempos de incubação. Para esta comparação, é necessário fazer inferência à fonte de amido, pois existe grande variação na degradabilidade do amido entre grãos, subprodutos e também pelo efeito de processamento. Provavelmente, se a fonte de amido fosse de maior degradabilidade, não seriam esperadas diferenças acentuadas entre tratamentos. Herrera-Saldana et al. (1990) verificaram aumento de 22% na síntese microbiana quando utilizaram fontes de amido e de nitrogênio de alta degradabilidade ruminal (cevada e farelo de algodão) em relação a fontes de amido de menor degradabilidade (milho e grãos de cervejaria desidratados).

Além do melhor sincronismo entre energia e proteína, a utilização da polpa como fonte de carboidrato solúvel possivelmente disponibilizou maior quantidade de matéria potencialmente degradável no rúmen, propiciando maior aporte de substrato para a fermentação microbiana e a produção de ácidos graxos voláteis (AGVs). Este fato pode ser confirmado pelos resultados obtidos por Faturi (2005), que, utilizando as mesmas dietas, verificou maior concentração de AGVs no líquido ruminal dos animais alimentados com a dieta contendo maior teor de fibra solúvel (74,4 vs 68,4 mmol/L).

Estas diferenças demonstraram que os carboidratos solúveis não podem ser estudados como um *pool* e que

diversas interações devem ser esperadas entre os diferentes tipos de carboidratos solúveis e as fontes de proteína e as fontes e os teores de fibra, como observado por Ariza et al. (2001), segundo os quais é possível alterar a fermentação ruminal com fontes alimentares de amido ou fibra solúvel. Estes autores verificaram maior eficiência na síntese de proteína microbiana e maior retenção do nitrogênio amoniacal quando utilizaram fibra solúvel em comparação a uma fonte de amido.

Quando o nível mais baixo de FDN foi associado ao amido, a diferença no ganho de peso e na eficiência alimentar, em relação à dieta com fibra solúvel e alto FDN, desapareceu. Apesar da diferença na digestibilidade em favor da dieta com fibra solúvel (Faturi, 2005), o maior consumo de carboidratos solúveis verificado na dieta com amido, em função da redução do teor de FDN, promoveu uma compensação sobre a menor digestibilidade, disponibilizando níveis adequados de nutrientes para a fermentação ruminal, visto que não foram verificadas diferenças na produção de AGVs entre estas duas dietas (Faturi, 2005). A compensação também pode ser comprovada pela eficiência energética semelhante entre as duas dietas, 31,6 Mcal no tratamento com amido e de 32,0 Mcal no tratamento com fibra solúvel, valores inferiores aos observados para o tratamento com amido e alto teor de FDN, no qual foram necessários 37,0 Mcal de energia para deposição de um quilo de ganho de peso.

Os dados de desempenho apresentados neste trabalho são semelhantes a outros resultados observados na literatura (Sampaio et al., 1984; Henrique et al., 1998, 2003), nos quais a inclusão de polpa cítrica em substituição ao grão de milho não afetou ou até melhorou o desempenho animal, sugerindo subestimação do valor nutritivo da polpa cítrica para ruminantes pelas tabelas de composição de alimentos.

Como demonstrado na Tabela 5, os ganhos de peso proporcionados pelos tratamentos refletiram diretamente sobre o peso ao final do período de confinamento e sobre o estado corporal dos animais. Maior peso final foi verificado nos tratamentos com amido e baixo teor de FDN e com fibra solúvel e alto teor de FDN, seguidos pelo tratamento com amido e alto teor de FDN e, por último, pelo tratamento com fibra solúvel e baixo teor de FDN. A diferença de peso entre os tratamentos com maior ganho não foi suficiente para afetar o estado corporal dos animais, no entanto, o tratamento que apresentou o menor peso final também apresentou o menor estado corporal, corroborando os princípios relatados pelo NRC (1984) de que animais com maior peso e maior taxa de ganho de peso tendem a depositar mais gordura como proporção do ganho de peso.

## Conclusões

A variação no perfil de carboidratos solúveis nas dietas para bovinos de corte alterou o desempenho animal. Em dietas com elevado teor de FDN, a fibra solúvel, substrato de elevada disponibilidade e de rápida fermentação ruminal, promoveu melhor desempenho de novilhos de corte que o amido de baixa degradabilidade.

## Literatura Citada

- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v.74, p.3063-3075, 1996.
- ARIZA, P.; BACH, A.; STERN, M.D. et al. Effects of carbohydrates from citrus pulp and hominy feed on microbial fermentation in continuous culture. *Journal of Animal Science*, v.79, p.2713-2718, 2001.
- BEN-GHEDALIA, D.; YOSEF, E.; MIRON J. et al. The effects of starch- and pectin- rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, v.24, p.289-298, 1989.
- BOMFIM, M.A.D. **Carboidratos solúveis em detergente neutro em dietas de cabras leiteiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 119p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- FAHEY, G.C.; BERGER, L.L. Los carboidratos en la nutrición de los rumiantes. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, 1980. p.305-338.
- FATURI, C. **Fontes de carboidratos solúveis e níveis de fibra em detergente neutro em dietas para terminação de novilhos em confinamento**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2005. 73p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2005.
- FATURI, C.; RESTLE, J.; PASCOAL, L.L. et al. Grão de aveia preta em substituição ao grão de sorgo para alimentação de novilhos na fase de terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.2, p.437-448, 2002.
- FATURI, C.; EZEQUIEL, J.M.B.; STIAQUE, M.G. et al. Livre escolha de dietas contendo polpa cítrica mais protenose ou polpa cítrica mais uréia por novilhos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia [2004]. (CD-ROM)
- HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis**. Florida: University of Florida, 2000. 42p. (Bulletin, 339)
- HALL, M.B.; HEREJK, C. Differences in yields of microbial crude protein from in vitro fermentation of carbohydrates. *Journal of Dairy Science*, v.84, p.2486-2493, 2001.
- HENDRIX, D.L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. *Crop Science*, v.33, p.1306-1311, 1993.
- HENRIQUE, W.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. et al. Substituição de amido por pectina em dietas com diferentes níveis de concentrado. I. Desempenho animal e características da carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.27, n.6, p.1206-1211, 1998.
- HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R. et al. Digestibilidade e balanço de nitrogênio em ovinos alimentados à base de dietas com elevado teor de concentrado e níveis crescentes de polpa cítrica peletizada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, 2007-2015, 2003.
- HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R. et al. 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*, v.33, n.2, p.463-470, 2004.
- HERRERA-SALDANA, R.E.; GOMEZ-ALARCON, R.; TORABI, M. et al. Influence synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. *Journal of Dairy Science*, v.73, n.1, p.142-148, 1990.
- LEIVA, E.; HALL, M.B.; Van HORN, H.H. Performance of dairy cattle fed citrus pulp or corn products as sources of neutral detergent-soluble carbohydrates. *Journal of Dairy Science*, v.83, p.2866-2875, 2000.
- MARTINS, A.S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.5, p.1109-1117, 1999.
- MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.188-219.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1984. 50p.
- PINZON, F.J.; WING, M. Effects of citrus pulp in high urea rations for steers. *Journal of Dairy Science*, v.59, n.6, p.1100-1103, 1975.
- RESENDE, F.D.; QUEIROZ, A.C.; FONTES, C.A.A. et al. Rações com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na alimentação de bovídeos em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.23, n.3, p.366-376, 1994.
- RESTLE, J.; FATURI, C.; ALVES FILHO, D.C. et al. Substituição do grão de sorgo por casca de soja na dieta de novilhos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.4, p.1009-1015, 2004.
- SAMPAIO, A.A.M.; ANDRADE, P.; OLIVEIRA, M.D.S. et al. Uso de rações com diferentes níveis de proteína e fontes de energia na alimentação de bovinos confinados. Fase II. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.13, n.4, p.528-534, 1984.
- SANTOS, F.A.P.; MENEZES JR., M.P.; SIMAS, J.M.C. et al. Processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citrus peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos em vacas leiteiras. *Acta Scientiarum*, v.23, n.4, p.923-931, 2001.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT users guide: statistics**. Versão 6, 4.ed. Cary: 1997. v.2, 846p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- 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*, v.74, p.3583-3597, 1991.
- WALDO, D.R. Effect of forage quality on intake and forage concentrate interactions. *Journal of Dairy Science*, v.69, p.617-631, 1986.
- ZEOULA, M.L.; MARTINS, A.S.; PRADO, I.N. et al. Solubilidade e degradabilidade ruminal do amido de diferentes alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.5, p.898-905, 1999.

Recebido: 25/05/05

Aprovado: 02/06/06

