

# Processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citros peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos em vacas leiteiras

Flávio Augusto Portela Santos<sup>1</sup>, Mário Procópio Menezes Júnior<sup>2</sup>, José Manuel Corrêa de Simas<sup>3</sup>, Alexandre Vaz Pires<sup>1</sup> e Carla Maris Bittar Nussio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Produção Animal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, C.P. 09, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. <sup>2</sup>Criabem. <sup>3</sup>Elanco. \*Author for correspondence. e-mail: fapsanto@esalq.usp.br

**RESUMO.** Quatro vacas lactantes, em arranjo fatorial 2x2, no delineamento Quadrado Latino 4x4, receberam os seguintes tratamentos: milho moído grosso; milho floculado; moído grosso + polpa cítrica; floculado + polpa cítrica. A floculação (efeito processamento) aumentou as digestibilidades aparentes (%) no trato total da MS, MO, amido e proteína, reduziu a concentração de N-NH<sub>3</sub> ruminal, a proporção de acetato, mas aumentou propionato. A floculação tendeu a aumentar eficiência alimentar percentual e produção de proteína do leite. Inclusão de polpa não afetou a ingestão de MS e aumentou digestibilidade de fibra. Inclusão de polpa aumentou a digestibilidade do amido (%) no tratamento moído grosso. Amonia ruminal e proporção de propionato não foram afetadas pela inclusão de polpa, mas houve significativo aumento de acetato. Houve interação processamento x polpa sobre concentração de glicose plasmática. Produção de leite corrigida, eficiência alimentar, percentual e produção de gordura do leite aumentaram com a inclusão de polpa.

**Palavras-chave:** amido, eficiência alimentar, glicose, pectina, N-ureico plasmático.

**ABSTRACT.** Corn grain processing and its partial replacement by pelleted citrus pulp on performance, nutrient digestibility and blood parameters of dairy cows.

Four lactating cows were assigned to a 4x4 Latin square design with a 2x2 factorial arrangement for the following treatments: coarsely ground corn; steam-flaked corn; coarsely ground + citrus pulp; steam-flaked + citrus pulp. Steam-flaking grain (processing effect) increased total tract digestibility (%) of DM, OM, starch and protein; decreased rumen NH<sub>3</sub>-N and acetate and increased ruminal propionate. Feed efficiency, milk protein content and yield tended to be higher for flaked corn. Inclusion of citrus pulp did not affect DM intake and increased fiber digestibility. Inclusion of citrus pulp increased starch digestibility (%) in the case of coarsely ground corn diet. Rumen ammonia nitrogen and molar proportion of propionate were not affected by citrus pulp; ruminal acetate, however, was significantly increased. There was an interaction between grain processing and citrus pulp on plasma glucose concentration. Fat corrected milk, feed efficiency, milk fat content and yield were increased by citrus pulp.

**Key words:** starch, feed efficiency, glucose, pectin, plasma urea nitrogen,

O processamento de grãos de milho ou de sorgo, através da floculação, promove alterações químicas e físicas nas moléculas do amido, facilitando a digestão por parte das enzimas amilolíticas dos microrganismos e/ou pancreáticas, resultando em um significativo aumento na degradação do amido, tanto no rúmen quanto no trato digestivo total (Huntington, 1997). O aumento da degradabilidade ruminal do amido maximiza a capacidade fermentativa do rúmen, aumentando assim a síntese de proteína microbiana (Poore *et al.*, 1993; Oliveira *et*

*al.*, 1995; Plascencia e Zinn, 1996) e a produção de ácidos graxos voláteis (AGVs), particularmente ácido propiônico, o principal precursor gluconeogênico em ruminantes (Theurer *et al.*, 1999). Trabalhos recentes têm mostrado aumentos no fluxo líquido de energia na veia porta, na síntese de glicose pelo fígado e na disponibilidade de aminoácidos para a síntese de proteína do leite quando a degradabilidade ruminal é aumentada pela floculação (Theurer *et al.*, 1995; Alio *et al.*, 2000; Lozano *et al.*, 2000). Os dados gerados na década de 90 mostraram que o

processamento do milho e do sorgo pelo método da floculação pode resultar em aumentos da produção de leite da ordem de 6 a 10% e um aumento no teor protéico do leite de até 4% (Santos, 1996; Theurer *et al.*, 1999).

A utilização da polpa de citros, peletizada como fonte de energia em substituição a uma fonte de amido convencional, em dietas para vacas de alta produção de leite, tem sido uma alternativa em sistemas intensivos de produção que utilizam animais de alto potencial genético (Van Horn *et al.*, 1975; Belibasakis e Tsirgogianni, 1996), já que a polpa de citros peletizada possui de 85 a 90% do valor energético do milho (National Research Council, 1989). A polpa de citros peletizada, rica em pectina, promove um padrão de fermentação com maior formação de acetato e ausência de ácido láctico. Esta característica se torna interessante quando se deseja maximizar a disponibilidade de carboidrato degradável no rúmen sem, no entanto, causar acidose (Van Soest, 1987).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do processamento do grão de milho (floculado ou moído grosso) e sua substituição parcial por polpa de citros peletizada no consumo de matéria seca, produção e composição do leite, na digestibilidade de nutrientes, nos parâmetros ruminais e sanguíneos em vacas leiteiras da raça holandesa alimentadas com dietas contendo silagem de milho como volumoso.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no Departamento de Produção Animal da ESALQ/USP em Piracicaba, Estado de São Paulo, utilizando-se quatro vacas da raça Holandesa (média de 120 dias de lactação) providas de canulas no rúmen e duodeno proximal. A Tabela 1 apresenta a composição das dietas experimentais. Os tratamentos testados foram: milho moído grosso (MMG) (655 g/L); milho floculado (MF) (360 g/L); milho moído grosso + polpa de citros (MMP); milho floculado + polpa de citros (MFP).

O procedimento utilizado para obtenção da forma física do milho moído grosso foi a trituração em moinho de martelos, e o milho floculado através da passagem do grão por rolos alto ajustáveis para obtenção do floco, após exposição ao vapor por 30 minutos. A densidade do milho moído grosso ou floculado foi medida após o processamento, através da mensuração do peso por unidade de volume utilizando uma proveta de vidro graduada Pyrex (1 L). O milho moído grosso apresentou densidade de 655 g/L e o milho floculado, 360 g/L. Para

determinação do tamanho médio de partículas das formas físicas do milho moído grosso ou floculado, apresentados na Tabela 2, utilizou-se a técnica de peneiras descrita por Yu *et al.* (1998).

**Tabela 1.** Composição das dietas experimentais em (%) da matéria seca

Dietas <sup>1</sup>	MMG	MF	MMP	MFP
<b>Ingredientes</b>				
Silagem de milho	50,20	49,83	50,00	49,80
Milho grão	28,52	29,05	13,72	14,01
Polpa de citros peletizada	-	-	14,06	14,00
Farelo de soja	16,70	16,57	17,64	17,58
Supl.Mineral <sup>2</sup>	3,48	3,46	3,48	3,51
Uréia	1,10	1,09	1,10	1,10
<b>Composição</b>				
% Matéria Orgânica	92,65	92,66	91,96	91,96
% Proteína bruta	17,44	17,44	17,50	17,50
% Amido	35,48	36,0	24,80	25,10
% FDN	29,36	29,20	31,20	31,12
% FDA	16,80	16,65	19,00	18,92

<sup>1</sup> MMG: milho moído grosso; MF: milho floculado; MMP: milho moído grosso + polpa de citros; MFP: milho floculado + polpa de citros; <sup>2</sup>Suplemento Mineral: 16,9% Ca; 4,2% P; 5,4% Na; 2,7% Mg; 1,7% S; 1193 ppm Zn; 346 ppm Cu; 38,5 Co; 30,8 ppm I; 15,4 ppm Se e 23% de bicarbonato de sódio

**Tabela 2.** Tamanho de partículas e tamanho médio de partículas do milho processado

Grão <sup>1</sup>	Tamanho dos furos da peneira (mm)							
	4,00	2,00	1,00	0,85	0,60	0,43	0,25	P.R.P. <sup>2</sup> M.T.P. <sup>3</sup>
	% retida na peneira							
MF	72,3	24,6	1,9	0,2	0,3	0,1	0,1	0,5 5,09
MMG	21,80	53,8	14,4	2,2	2,7	1,2	1,7	2,2 4,27

<sup>1</sup> MMG = milho moído grosso(655 g/L); MF = milho floculado (360 g/L); <sup>2</sup> P.R.P = % partículas retidas no fundo do prato; <sup>3</sup> M.T.P = média do tamanho de partículas. Foi calculada, assumindo-se que o milho retido na peneira de 4,00 mm tem o tamanho de partículas médio de 6 mm, o qual foi multiplicado pela percentagem retida na peneira 4,00 mm. Este valor foi somado ao resultado das médias entre as peneiras maiores e menores, vezes o percentual retido na peneira menor (ex: MMG 4mm + 2 mm ÷ 2 = 3, que multiplicado por 0,538 = 1,59 e, assim sucessivamente). As partículas que passaram pelo peneira de crivo 0,25 mm, foram consideradas como tendo 0,12 mm

Os animais foram ordenhados e alimentados “ad libitum” duas vezes ao dia (6 e 18 horas), permitindo uma sobra de 5 a 10%. O período experimental teve duração de 56 dias, subdivididos em 4 subperíodos de 14 dias cada um. Os primeiros 10 dias de cada subperíodo foram utilizados para adaptação dos animais aos tratamentos, e os quatro dias restantes, para as coletas. Amostras de leite foram coletadas duas vezes ao dia (manhã e tarde) durante os quatro dias de coleta de cada subperíodo, compostas por dia e preservadas com 2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol sob refrigeração (6 °C) por um dia, para posterior análise de proteína, gordura e sólidos totais utilizando um analisador por infravermelho do Laboratório de Análises de Leite/ Departamento de Produção Animal da ESALQ/USP.

Cada ingrediente da dieta foi amostrado separadamente para posterior cálculo da composição química da dieta, e a amostra do alimento recusado foi composta por vaca e subperíodo. Durante os 4

dias do período de coleta, amostras de fezes foram coletadas a intervalos de 8 horas, adiantando-se 1 hora por dia, de modo a simular amostras obtidas a cada hora de um período de 24 horas. As amostras de alimento e fezes foram conservadas a  $-10^{\circ}\text{C}$  para posterior secagem em estufas de ventilação forçada ( $55\text{-}60^{\circ}\text{C}$ ), moagem em moinho, com peneiras de 1mm, e análise de MS, MO e PB, de acordo com Association of Official Analytical Chemists (1990), amido de acordo com Poore *et al.* (1989) e fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina, de acordo com Van Soest *et al.* (1991). A lignina foi utilizada como marcador de digestibilidade. Para os dois tipos de processamento de milho, moído grosso e floculado, foram feitas as respectivas taxas de hidrólise “in vitro” do amido de acordo com Poore *et al.* (1989).

As amostras do fluido ruminal foram coletadas no último dia de coleta de cada subperíodo, com intervalos de 2 horas, durante 24 horas em quatro pontos distintos, após prévia homogeneização do conteúdo no interior do rúmen, sendo filtradas em quatro camadas de pano de queijo (fraldas). O pH foi determinado por leitura direta em potenciômetro digital (Digimed, modelo TE-902). Duas alíquotas de 50 mL cada foram acondicionadas em frasco plástico e congeladas a  $-10^{\circ}\text{C}$  para posterior análise de N-NH<sub>3</sub> e AGVs. Após o descongelamento, tanto amostras para determinação de N-NH<sub>3</sub> como para AGVs, foram centrifugadas a 11.000 g a  $4^{\circ}\text{C}$ , durante 20 minutos. No caso de N-NH<sub>3</sub>, uma alíquota de 40  $\mu\text{L}$  do sobrenadante foi transferida para um tubo de vidro para posterior análise, de acordo com o método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962) e adaptado para ser usado em placas de microtítulo e posterior leitura em aparelho do tipo Elisa Reader (absorbância de 540 nanômetros). Para determinação de AGV, amostras foram centrifugadas novamente, sendo uma alíquota de 4 mL utilizada para análise, de acordo com Palmquist e Conrad (1971), utilizando o cromatógrafo líquido gasoso equipado com integrador (Hewlett Packard 5890, Series II, Hewlett-Packard Company, Avondale, PA). O padrão interno foi ácido 2-etilbutírico e o nitrogênio foi o gás de arraste.

Amostras de sangue foram coletadas da veia ou artéria coccígea, em tubos de ensaio a vácuo, contendo oxalato de potássio e fluoreto de sódio como antiglicolítico. As amostras de sangue foram centrifugadas a 3000 x g por aproximadamente 15 minutos, a uma temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  para extração do plasma sanguíneo, o qual foi congelado a  $-10^{\circ}\text{C}$  para posterior análise. As coletas de sangue foram realizadas no último dia de cada período, nos

horários 0; 3; 6; e 9 h, após alimentação da manhã para determinação dos níveis de uréia plasmática, de acordo com Chaney e Marbach (1962) e glicose plasmática, pelo método da glicose oxidase descrito por Tietz (1982), adaptados para leitura em placas de microtítulo em aparelho do tipo Elisa Reader BIO RAD (absorbância de 540 nanômetros).

O arranjo fatorial 2x2 (dois tipos de processamento x inclusão ou não de polpa), com delineamento Quadrado Latino 4x4 foi analisado através do procedimento GLM do programa estatístico SAS (1991). As variáveis pH, ácidos graxos voláteis (AGVS), amônia ruminal (N-NH<sub>3</sub>), uréia e glicose plasmática foram analisadas estatisticamente como parcelas sub-divididas no tempo. Os efeitos de tratamento animal e período foram testados com relação às parcelas, e a interação horário de coleta x tratamentos foi testada com relação às sub-parcelas. São apresentadas as médias dos dias de coleta quando não houve interações significativas. As diferenças entre os tratamentos para as diversas variáveis avaliadas foram verificadas através do teste t (Student), considerando 5% ( $P < 0,05$ ) como nível de significância e até 15% como tendência ( $P < 0,15$ ).

## Resultados e discussão

O amido do milho floculado apresentou maiores taxas de hidrólise “in vitro”, quando comparado com o milho moído grosso, conforme tem sido reportado na literatura (Chen *et al.*, 1995; Yu *et al.*, 1998). O percentual total de amido hidrolisado (37%), para o milho moído grosso, se assemelha ao valor (34%) encontrado por Yu *et al.* (1998); entretanto, o percentual de amido hidrolisado para o milho floculado a 360 g/L, no presente trabalho (83%), é bem superior ao encontrado pelo mesmo autor (60%), o que pode ser um indício de que o processo de floculação provavelmente foi mais intenso para o milho utilizado em nosso trabalho. Vale salientar que o milho floculado foi processado por uma empresa privada e que, apesar das especificações fornecidas pela mesma, a apreciação visual indicou uma floculação mais intensa, entre 300-360 g/L.

Os consumos médios e digestibilidades aparentes da matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) no trato digestivo total constam da Tabela 3. A inclusão parcial de polpa de citros peletizada não afetou significativamente o consumo de MS e de MO, resultado também observado por Belibasakis e Tsirgogianni. (1996). Segundo Orskov (1987), apesar de a polpa de citros apresentar valores médios de FDA, esta apresenta um baixo teor de lignina (1%), significando que a quase totalidade da fibra é digerida no rúmen do animal, não sendo a mesma

um fator limitante ao consumo de matéria seca. Houve uma tendência de efeito ( $P=0,14$ ) do tipo de processamento do grão no aumento do consumo de MS e de MO para os tratamentos MMG (19,80 e 18,28 kg), quando comparado com o MF (18,93 e 17,50 kg). Aldrich *et al.* (1993) também observaram maior consumo de matéria seca (+1kg) para os tratamentos com fonte de amido de baixa degradabilidade ruminal (milho grão), quando comparados com uma fonte de alta degradabilidade ruminal (milho grão de alta umidade). Santos (1996) e Santos *et al.* (1997) também reportaram que o consumo de matéria seca para o tratamento sorgo laminado a seco foi 15% superior à média dos tratamentos que continham sorgo floculado. Entretanto, Theurer *et al.* (1999), em sua revisão, relataram diversos trabalhos com sorgo e milho onde a floculação não reduziu o consumo de matéria seca em relação ao grão laminado a seco ou a vapor.

**Tabela 3.** Efeito dos tratamentos sobre o consumo e digestibilidade aparente da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), no trato digestivo total

Item <sup>1</sup>	Tratamentos <sup>2</sup>				Efeito <sup>3</sup>			
	MF	MMG	MFP	MMP	EPM <sup>4</sup>	PR	PP	PR x PP
CMS, Kg/d	19,00	19,94	18,86	19,67	0,52	0,14	$P<0,69$	0,91
DMSTT, Kg/d	13,01	11,57	13,62	12,70	0,85	0,21	0,35	0,77
DMSTT, %	68,50	57,80	72,31	65,25	3,0	0,03	0,13	0,59
CMO, Kg/d	17,61	18,47	17,34	18,09	0,47	0,14	0,51	0,90
DMOTT, Kg/d	12,24	10,87	12,70	11,70	0,8	0,18	0,44	0,81
DMOTT, %	69,51	58,55	73,30	65,00	3,1	0,03	0,13	0,59

<sup>1</sup> Item: CMS = consumo de matéria seca; DMSTT = digestibilidade aparente da matéria seca no trato digestivo total; CMO = consumo de matéria orgânica; DMOTT = digestibilidade aparente da matéria orgânica no trato digestivo total; <sup>2</sup> MMG: milho moído grosso; MF: milho floculado; MMP: milho moído grosso + polpa de citros; MFP: milho floculado + polpa de citros; <sup>3</sup> Efeito: PR = Tipo de processamento do grão; PP = Polpa de citros peletizada; PR x PP=processamento x Polpa; <sup>4</sup>EPM= erro padrão da média

A inclusão parcial de polpa de citros peletizada não afetou significativamente ( $P >0,05$ ) a digestibilidade aparente % da MS e da MO no trato total, assim como a quantidade digerida (kg/dia). Entretanto, houve uma tendência de aumento ( $P=0,13$ ) na digestibilidade aparente % da MS (68,8 % com polpa e 63,14% sem polpa) e da MO (69,15% com polpa e 64,0% sem polpa) no trato total com a inclusão de polpa de citros peletizada. Wing (1975) já havia demonstrado não existir nenhum efeito deletério da inclusão de polpa de citros sobre a digestibilidade da matéria seca.

O tipo de processamento do grão aumentou significativamente ( $P<0,05$ ) a digestibilidade aparente da MS e da MO no trato total, porém a quantidade digerida não foi afetada, provavelmente devido à tendência de menor consumo com o milho floculado. O aumento observado na digestibilidade da MS e MO com a floculação está de acordo com o encontrado por Aldrich *et al.* (1993), que

constatarem que a maior digestibilidade da MO ocorreu para os tratamentos onde a fonte de amido era de alta degradabilidade ruminal. Chen *et al.* (1995), Poore *et al.* (1993), Santos (1996) e Santos *et al.* (1997) também reportaram que as digestibilidades da MS e/ou MO no trato total aumentaram nos tratamentos que continham sorgo ou milho floculado, comparado com os que continham grão laminado. Plascencia e Zinn (1996) encontraram aumento significativo na digestibilidade da MO para os tratamentos com milho floculado (390 g/L=71,2%, 320g/L=72,6% e 260g/L=72,8%), quando comparado com milho laminado a seco (62,7%).

Como esperado, a inclusão parcial de polpa de citros peletizada em substituição ao milho diminuiu significativamente ( $P<0,05$ ) o consumo voluntário de amido (6,95 kg/dia para 4,80 kg/dia), devido ao menor teor de amido das dietas com polpa. Como observado em outros trabalhos, não houve efeito significativo do tipo de processamento do grão sobre o consumo de amido ( $P>0,05$ ) (Aldrich *et al.*, 1993; Poore *et al.*, 1993; Oliveira *et al.*, 1995; Joy *et al.*, 1997) ou consumo de proteína (Wilkerson *et al.*, 1997). Houve uma tendência ( $P=0,12$  e  $P=0,11$ ) de interação do tipo de processamento do grão com a polpa de citros peletizada (fonte de energia) sobre a digestibilidade do amido expressa em kg/dia ou percentual. A tendência de interação entre o tipo de processamento do grão com a polpa de citros peletizada, através do efeito de diluição, aumentou a digestibilidade percentual do amido para o tratamento milho moído de 71,70% para 80,12%.

Com a substituição parcial do milho moído grosso (baixa degradabilidade ruminal) por polpa de citros peletizada, os animais ingeriram menores quantidades de amido, resultando em menores quantidades chegando ao intestino. Este fato deve ter sido responsável pelo aumento na digestibilidade, pois, segundo Huntington (1997), existe limitação enzimática para digestão de amido no intestino delgado. Entretanto, para dietas com milho floculado, não houve efeito da adição da polpa de citros peletizada provavelmente devido à elevada digestibilidade ruminal e intestinal do amido deste material, como observado em literatura (Aldrich *et al.*, 1993; Poore *et al.*, 1993; Oliveira *et al.*, 1995; Plascencia e Zinn, 1996 Santos *et al.*, 1997).

Observou-se efeito significativo ( $P<0,05$ ) do tipo de processamento do grão no aumento da digestibilidade da proteína, que foi maior para o tratamento milho floculado (74,705%), quando comparado com o milho moído (67,05%). Estes dados diferem de Yu *et al.* (1998), que trabalhando

com vários tipos de processamento de milho, observaram maiores digestibilidades da proteína bruta para os materiais menos processados (laminado a vapor (75,6%), moído grosso (71%), floculado a 360 g/L (68%) e floculado a 309 g/L (65%)).

A inclusão parcial de polpa de citros aumentou ( $P<0,05$ ) o consumo voluntário de FDN e FDA (Tabela 4), provavelmente devido ao maior teor de fibra nessas dietas, uma vez que a polpa de citros possui um teor maior de FDN e FDA, quando comparada com o milho. Observou-se uma tendência ( $P=0,10$  e  $P=0,08$ ) de maior consumo voluntário de FDN e FDA para os tratamentos com milho moído grosso (5,85 e 3,49 kg/dia), comparados com o milho floculado (5,54 e 3,28 kg/dia), devido ao maior consumo de matéria seca para o tratamento milho moído grosso. A inclusão parcial de polpa de citros aumentou significativamente a digestibilidade aparente da FDN e FDA no trato total, tanto em kg/dia quanto em percentual (%). Observa-se que, apesar do maior consumo de FDN e FDA, é provável que a alta digestibilidade da fibra da polpa citros, como reportada por Schultz *et al.* (1993), aumentou significativamente a digestibilidade destes nutrientes no presente estudo. Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) do tipo de processamento do grão sobre a digestibilidade da FDN e FDA. Estudos conduzidos por Aldrich *et al.* (1993) e Theurer *et al.* (1991) mostraram que a digestibilidade da fibra, no trato total, não foi afetada negativamente pelo aumento da disponibilidade ruminal de amido.

**Tabela 4.** Efeito dos tratamentos sobre a digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), do amido (AM) e da proteína bruta (PB) no trato digestivo total.

Item <sup>1</sup>	Tratamentos <sup>2</sup>					Efeito <sup>3</sup>		
	MF	MMG	MFP	MMP	EPM <sup>4</sup>	PR	PP	PR x PP
CFDN, Kg/d	5,29	5,67	5,78	6,04	0,16	0,10	$P<0,04$	0,71
DFDNNT, Kg/d	2,55	2,50	3,16	3,41	0,15	0,64	0,02	0,45
DFDNNT, %	47,12	45,33	54,83	55,66	1,5	0,81	0,01	0,51
CFDA, Kg/d	3,02	3,27	3,53	3,70	0,10	0,08	0,05	0,69
DFDATT, Kg/d	1,31	1,36	1,90	1,97	0,07	0,47	0,05	0,82
DFDATT, %	41,70	41,04	53,55	52,35	1,8	0,67	0,05	0,90
CAM, Kg/d	6,84	7,07	4,72	4,87	0,15	0,31	0,05	0,80
DAMTT, Kg/d	5,41	4,46	3,36	2,94	0,22	0,05	0,05	0,12
DAMTT, %	93,44	71,70	92,93	80,12	2,5	0,05	0,16	0,11
CPB, Kg/d	3,45	3,53	3,37	3,50	0,10	0,34	0,60	0,80
DPBTT, Kg/d	2,57	2,37	2,54	2,50	0,13	0,40	0,75	0,60
DPBTT, %	74,70	67,05	75,50	71,96	2,25	0,05	0,26	0,40

<sup>1</sup> Item: CFDN = consumo de FDN; CFDA = consumo de FDAe; DFDNNT = digestibilidade aparente da FDN no trato digestivo total; DFDATT = digestibilidade aparente do FDA; CAM = consumo de amido; DAMTT = digestibilidade aparente do amido no trato digestivo total; CPB = consumo de proteína bruta; DPBTT = digestibilidade aparente da proteína bruta no trato digestivo total; <sup>2</sup>MMG: milho moído grosso; MF: milho floculado; MMP: milho moído grosso + polpa de citros; MFP: milho floculado + polpa de citros; <sup>3</sup>Efeito: PR = Tipo de processamento do grão; PP = Polpa de citros peletizada; PR x PP=processamento x Polpa; <sup>4</sup>EPM= erro padrão da média

O aumento na digestibilidade de FDN e FDA no trato digestivo total, após a inclusão de polpa de citros na dieta, provavelmente se deveu a uma maior participação de fibra altamente digestível proveniente deste alimento, aliada a uma menor disponibilidade de carboidratos não estruturais sendo fermentados no intestino grosso. Essa redução permitiria uma maior digestibilidade da fração fibra neste compartimento, compensando uma possível menor digestibilidade de fibra no rúmen.

Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) dos tratamentos sobre valores médios de pH ruminal (Tabela 5). Embora os valores médios para os tratamentos com polpa não tenham se diferenciado significativamente dos demais ( $P>0,05$ ), o que está de acordo Carvalho (1998), existem dados de literatura conflitantes. Pinzon e Wing (1976) observaram diminuição dos valores de pH ruminal à medida que se incluiu a polpa de citros. Em outros trabalhos, a polpa de citros provocou até aumento de pH ruminal, segundo Wing (1975).

**Tabela 5.** Efeito do processamento do milho e sua substituição parcial por polpa de citros peletizada sobre os parâmetros ruminais

Parâmetros	Tratamentos <sup>1</sup>					Efeito <sup>2</sup>		
	MF	MMG	MFP	MMP	EPM <sup>3</sup>	PR	PP	PR x PP
						P<		
PH	6,02	6,12	6,04	6,12	1,00	0,21	0,90	0,87
Amônia - N, mg/dl	21,2	30,5	20,7	27,0	1,20	0,008	0,35	0,48
<u>AGV</u>								
Total, mM	117,8	122,5	119,7	124,5	1,70	0,22	0,59	0,99
Acetato, %	58,1	62,5	61,0	63,5	0,56	0,001	0,01	0,18
Propionato, %	22,9	20,1	21,9	19,7	0,50	0,01	0,38	0,72
Butirato, %	13,8	12,2	12,3	12,6	0,54	0,40	0,48	0,24
Acetato/Propionato	2,56	3,11	2,79	3,26	0,22	0,04	0,15	0,75

<sup>1</sup> MMG: milho moído grosso; MF: milho floculado; MMP: milho moído grosso + polpa de citros; MFP: milho floculado + polpa de citros; <sup>2</sup> Efeito: PR = Tipo de processamento do grão; PP = Polpa de citros peletizada; PR x PP=processamento x Polpa; <sup>3</sup>EPM= erro padrão da média

Valores muito baixos de pH ruminal e oscilações ao longo do tempo, principalmente após as refeições, foram observados no tratamento milho floculado, o que reflete a maior degradabilidade ruminal do amido processado. O efeito da diminuição do pH ruminal devido à utilização de uma fonte de amido mais degradável no rúmen, tem sido reportado por vários autores (Van Soest, 1987; Aldrich *et al.*, 1993; Nussio, 1997). Porém, a inexistência de diferença significativa entre os valores médios de pH ruminal, para os tratamentos milho floculado e milho moído, concordam com trabalhos de Joy *et al.* (1997) e Plascencia e Zinn (1996).

Os dados médios de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal encontram-se na Tabela 5 e apresentam efeito significativo ( $P<0,05$ ) do tipo de processamento do milho. Os valores médios foram 35% menores para os tratamentos contendo milho

floculado, quando comparados àqueles com milho moído grosso. A maior disponibilidade de amido degradável no rúmen nas dietas contendo milho floculado permitiu uma utilização do nitrogênio amoniacal mais eficiente, sugerindo uma maior síntese de proteína microbiana com estas dietas, como também relatada por Plascencia e Zinn (1996); Poore *et al.* (1993) e Santos (1998). Todos os valores médios de nitrogênio amoniacal obtidos neste trabalho estão próximos aos valores de Nussio (1997) e de Santos (1998). A adição de polpa de citros peletizada não afetou o nível de amônia ruminal, mesmo em dietas contendo milho moído grosso, onde a redução foi apenas numérica, mas não significativa. Em contradição ao observado no presente trabalho, Pinzon e Wing (1976) relataram redução nos níveis de amônia ruminal com a inclusão de polpa de citros na dieta.

Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) dos tratamentos sobre os valores médios da concentração molar de ácidos graxos voláteis totais (AGVT) apresentados na Tabela 5. Vários dados de literatura não encontraram resultados significativos de aumento na concentração molar de AGVT, quando o grão floculado ou grão de milho úmido, substituiu o grão moído ou laminado (Aldrich *et al.*, 1993; Joy *et al.*, 1997).

Houve efeito significativo ( $P<0,05$ ) da inclusão de polpa e do tipo de processamento do grão na proporção molar de acetato ruminal. O tratamento MMP apresentou valores superiores quando comparado com MF e MFP, sendo que o tratamento MFP apresentou maior proporção molar de acetato ruminal que o MF. Estes resultados estão de acordo com a literatura onde, segundo Van Soest (1987), a substituição de produtos com alto teor de amido, por alimentos com alto teor de pectina favorece a fermentação acética. Vários outros autores atestaram o aumento do percentual molar de acetato quando se incluiu a polpa de citros na dieta (Wing, 1982). O percentual médio de acetato ruminal foi significativamente maior para o MMG quando comparado com o MF e está de acordo com Plascencia e Zinn (1996) e Joy *et al.* (1997), os quais compararam milho laminado e milho floculado.

Os dados médios da proporção molar de propionato em relação à concentração molar de ácidos graxos voláteis totais também apresentaram efeito significativo ( $P<0,05$ ) do tipo de processamento do grão (Tabela 5). Os tratamentos MF e MFP apresentaram maior proporção molar de propionato quando comparados com MMG e MMP, como observado em outros trabalhos onde fontes de amido de alta degradação ruminal geraram

maior produção de propionato (Plascencia e Zinn, 1996; Joy *et al.*, 1997).

Vários trabalhos têm demonstrado ausência de efeitos significativos na proporção molar de butirato quando o grão floculado substituiu o grão laminado (Plascencia e Zinn, 1996; Joy *et al.*, 1997). Os dados médios da proporção molar de butirato em relação a concentração molar de ácidos graxos voláteis totais mostram que não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) dos tratamentos (Tabela 5).

Houve efeito significativo ( $P<0,05$ ) do tipo de processamento do milho sobre a proporção de acetato/propionato, com redução desta proporção, com o uso de milho floculado (Tabela 5). Efeito similar foi observado por Joy *et al.* (1997).

Os dados médios de glicose plasmática (Tabela 6) mostram que não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos, o que está de acordo com a literatura, onde Lykos *et al.* (1997) trabalhando com diferentes níveis de amido degradável no rúmen, também não observaram diferenças entre os tratamentos. Entretanto, houve uma tendência ( $P=0,06$ ) de aumento das concentrações de glicose plasmáticas para o tratamento MF quando comparado com MMG e MFP, o que pode estar relacionado com a maior proporção molar de ácido propiônico, que segundo Huntington (1997) é o principal substrato para síntese de glicose no fígado em vacas leiteiras. Houve interação significativa ( $P<0,05$ ) entre o tipo de processamento do grão e inclusão de polpa de citros peletizada. No caso do milho floculado a inclusão de polpa de citros diminuiu o valor médio de glicose plasmática.

**Tabela 6.** Efeito dos tratamentos sobre os parâmetros sanguíneos

Parâmetros	Tratamentos <sup>1</sup>						Efeito <sup>2</sup>	
	MF	MMG	MFP	MMP	EPM <sup>3</sup>	PR	PP	PR x PP
Glicose plasmática, mg/dl	58,00	55,02	55,05	56,9	0,84	0,56	0,58	0,04
N-ureico plasmático, mg/dl	19,90	21,15	18,86	20,36	0,84	0,29	0,47	0,91

<sup>1</sup> MMG: milho moído grosso; MF: milho floculado; MMP: milho moído grosso + polpa de citros; MFP: milho floculado + polpa de citros; <sup>2</sup> Efeito: PR = Tipo de processamento do grão; PP = Polpa de citros; PR x PP=processamento x Polpa; <sup>3</sup>EPM= erro padrão da média

Os dados na Tabela 6 mostram que não houve diferença ( $P>0,05$ ) na concentração de uréia plasmática entre os tratamentos. Aldrich *et al.* (1993) também não encontraram diferenças entre os valores médios de uréia plasmática, com a inclusão de fonte de amido prontamente disponível no rúmen em relação a uma fonte de baixa disponibilidade ruminal. Vale ressaltar que os níveis mais elevados de amônia ruminal nos tratamentos contendo amido menos degradável no rúmen (MMG e MMP) não se refletiram em níveis mais elevados de uréia plasmática. Segundo Hoover e Stokes (1991), a falta

de energia disponível no rúmen pode acarretar em maior absorção de nitrogênio pelo epitélio ruminal. Van Soest (1994) afirmou que a baixa taxa de liberação de energia no rúmen limita o uso de nitrogênio não protéico por assincronia e, desta forma, há aumento da absorção de amônia pelo epitélio ruminal, elevando o nível de uréia no sangue e aumentando a excreção pela urina.

As produções médias de leite, composição do leite e eficiência alimentar, dos quatro tratamentos, constam na Tabela 7. A produção de leite não foi afetada pelos tratamentos de forma significativa, diferindo da grande maioria dos trabalhos publicados (Chen *et al.*, 1995; Theurer *et al.*, 1995; Santos *et al.*, 1997; Wilkerson *et al.*, 1997), os quais têm mostrado de forma consistente que o aumento da degradabilidade ruminal do amido através da floculação ou uso de grão de alta umidade resulta em maior produção de leite para vacas alimentadas com milho ou sorgo. Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da inclusão de polpa de citros peletizada no aumento do teor e kg de gordura do leite e uma tendência ( $P = 0,07$ ) para maior produção de leite corrigido para 3,5% de gordura. Esse aumento no percentual de gordura do leite e na produção de leite corrigido para gordura também foi observado por Van Horn *et al.* (1975) e Belibasakis e Tsirgogianni (1996). O efeito da inclusão de polpa de citros peletizada no aumento da digestibilidade das frações fibrosas da dieta e na proporção molar de acetato, é a provável causa do maior teor de gordura no leite, maior produção de kg de gordura do leite e consequente maior produção de leite corrigido. Houve uma tendência de aumento no percentual ( $P = 0,09$ ) e kg ( $P = 0,11$ ) de proteína do leite em relação ao tipo de processamento do grão.

Dietas com milho floculado podem ter levado a um maior fluxo de proteína microbiana para o duodeno, aumentando a quantidade total de proteína no intestino, assim como, melhorando a qualidade da proteína metabolizável, uma vez que a proteína microbiana tem um excelente perfil de aminoácidos essenciais, principalmente em termos de lisina e metionina resultando em aumento no percentual de proteína do leite (Schwab, 1994; Santos *et al.*, 1998). Os resultados encontrados reforçam vários trabalhos metabólicos e/ou de produção, onde a floculação do milho e/ou sorgo ou milho grão úmido, quando comparados com grão moído ou laminado a seco, aumentaram o teor e a produção de proteína do leite (Aldrich *et al.*, 1993; Chen *et al.*, 1995; Plascencia e Zinn, 1996; Santos, 1996; Lykos *et al.*, 1997; Santos *et al.*, 1997; Wilkerson *et al.*, 1997). Observou-se também uma

tendência ( $P = 0,13$ ) de diminuição no percentual de proteína do leite quando da inclusão de polpa de citros. A eficiência alimentar (PLCG /CMS) tendeu ( $P < 0,06$ ) a ser melhorada com a inclusão de polpa de citros, o que pode ser explicada pela maior PLCG.

**Tabela 7.** Dados de produção e composição do leite

Item <sup>1</sup>	Tratamentos <sup>2</sup>					Efeito <sup>3</sup>		
	MF	MMG	MFP	MMP	EPM <sup>4</sup>	PR	PP	PR x PP
CMS, Kg/d	19,00	19,94	18,86	19,67	0,25	0,14	$p < 0,69$	0,91
PL, kg dia	22,56	21,28	22,41	21,98	0,27	0,20	0,66	0,50
PLCG(3,5%), kg/d	20,72	20,11	22,28	22,20	0,32	0,70	0,07	0,77
Eficiência Alimentar	1,11	1,02	1,20	1,14	0,07	0,17	0,06	0,66
Proteína Leite, %	3,23	3,17	3,18	3,07	0,07	0,09	0,13	0,50
Gordura Leite, %	2,98	3,19	3,47	3,59	0,14	0,36	0,03	0,79
Proteína Leite, Kg	0,73	0,67	0,71	0,68	0,06	0,11	0,85	0,71
Gordura Leite, Kg	0,67	0,67	0,77	0,78	0,07	0,91	0,04	0,91

<sup>1</sup>Item: CMS = consumo de matéria seca; PL = produção de leite; PLCG = produção de leite corrigida para gordura; <sup>2</sup>MMG: milho moído grosso; MF: milho floculado; MMP: milho moído grosso + polpa de citros; MFP: milho floculado + polpa de citros; <sup>3</sup>Efeito: PR = Tipo de processamento do grão; PP = Polpa de citros peletizada; PR x PP = processamento x Polpa; <sup>4</sup>EPM = erro padrão da média

O aumento da degradabilidade ruminal dos carboidratos não estruturais da dieta, através da substituição do milho moído grosso por milho floculado ou por polpa de citros, teve efeito benéfico no desempenho de vacas leiteiras em termos de produção de leite corrigidos para produção de gordura e proteína, consumo de MS e eficiência alimentar.

A floculação do milho aumentou as digestibilidades da MS, MO, amido e proteína da dieta, aumentando assim a disponibilidade de energia e proteína para o metabolismo do animal, além de reduzir a concentração de amônia no fluido ruminal, indicando um melhor aproveitamento da proteína degradável no rúmen e uma provável maior síntese de proteína microbiana, o que pode explicar a maior síntese de proteína do leite.

A inclusão de polpa de citros peletizada aumentou as digestibilidades da MS, MO, FDN, FDA das dietas contendo ambos os tipos de milho e aumentou a digestibilidade do amido nas dietas contendo milho moído grosso. A maior proporção molar de acetato resultou em maior teor de gordura no leite e maior produção de leite corrigido para 3,5% de gordura, assim como, maior eficiência alimentar em comparação às dietas contendo apenas milho.

A combinação de milho floculado e polpa de citros peletizada, em dietas contendo silagem de milho como volumoso, mostrou ser eficiente em melhorar a digestibilidade de nutrientes, com menor valor de amônia ruminal (indicando efeito positivo na síntese microbiana), alta produção de leite e leite corrigido, maior eficiência alimentar e melhor

composição de leite em termos de gordura e proteína.

### Referências

- ALDRICH, J.M. *et al.* Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.76, n.4, p.1091-1105, 1993.
- ALIO, A. *et al.* Splanchnic nitrogen metabolism by growing beef steers fed diets containing sorghum grain flaked at different densities. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 78, n.5, p.1355- 1363, 2000.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis*. 12. ed. Washington: AOAC, 1990.
- BELIBASAKIS, N. G.; TSIRGOGIANNI, D. Effects of dried citrus pulp on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v.60, n.1-2, p. 87-92. Resumo em CAB Abstracts on CD-ROM, 1996-1998.
- 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. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Am. Assoc. Clinical Chem.*, v.8, n.2, p.130, 1962.
- CHEN, K. H. *et al.* Effect of substituting steam-flaked sorghum for concentrate, on lactation and digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.78, n.2, p.362-367, 1995.
- HOOVER, C.W.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.74, n.10, p.3630-44, 1991.
- HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.75, n.3, p.852-867, 1997.
- JOY, M. T. *et al.* Effects of corn processing on the site and extent of digestion in lactating cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.80, n.9, p.2087-2097, 1997.
- LOZANO, O. *et al.* Net absorption and hepatic metabolism of glucose, L-lactate, and volatile fatty acids by steers fed diets containing sorghum grain processed as dry-rolled or steam-flaked at different densities. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 78, n.5, p. 1364-1371, 2000.
- LYKOS, T. *et al.* Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: Effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high producing Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 80, n.12, p. 3341-3355, 1997.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6.ed. Washington: NRC, 1989.
- NUSSIO, L. G. *Effects of NDF levels and ruminally degradable starch on performance, ruminal parameters and in situ degradation of nutrients in lactating dairy cows fed sorghum diets*. 1997. Thesis (Ph.D.) - University of Arizona, Tucson, 1997.
- OLIVEIRA, J. S. *et al.* Effect of sorghum grain processing on site and extent of digestion of starch in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.78, n.7, p.1318-1327, 1995.
- ORSKOV, E.R. *The feeding of ruminants: principles and practice*. Rowett Research Institute, Chalcombe Publications, 1987.
- PALMIQUIST, D; CONRAD, H. Origin plasma fatty acids in lactating cows fed high fat diets. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 54, n.7, p.1025, 1971.
- PINZON, F. J.; WING, J. M. Effects of citrus pulp in high urea rations for steers. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.59, n.6, p.1100-1976, 1976.
- PLASCENCIA, A.; ZINN, R. A. Influence of flake density on the feeding value of steam-processed corn in diets for lactating cows. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.74, n.2, p.310-316, 1996.
- POORE, M. H. *et al.* Total starch and relative starch availability of feed grains. In: BIENNIAL CONFERENCE ON RUMEN FUNCTION, 20. Chicago, 1989, *Abstracts...* Chicago, p. 35.
- POORE, M. H. *et al.* Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 76, n.8, p. 2244-2253, 1993.
- SANTOS, F. A. P. *Effect of sorghum grain processing and protein source on performance and nutrient utilization by lactating dairy cows*. 1996. Thesis (Ph.D.) - University of Arizona, Tucson, 1996.
- SANTOS, F. A. P. *et al.* Response of lactating dairy cows to various densities of sorghum grain. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.75, n.6, p.1681-1685, 1997.
- SANTOS, F. A. P. *Efeito de fontes protéicas e processamento de grão no desempenho de vacas de leite e digestibilidade dos nutrientes*. Piracicaba, 1998. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. SAS. *SAS user's guide: statistics*. 5. ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1991.
- SCHWAB, C. G. Optimizing amino acid nutrition for optimum yields of milk and milk protein, 1995. *Proceedings...* Tucson: University of Arizona, 1994.
- SHULTZ, T. A. *et al.* Rumen digestion of various dairy feedstuffs compared in tests. *Calif. Agric.*, Oxford, v. 25, p.29, 1993.
- THEURER, C. B. *et al.* Steam-flaking with two dietary grain levels improves digestible starch intake and performance by lactating cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.74, Supplement 1, p.246, 1991.
- THEURER, C. B. *et al.* Feeding and managing for maximal milk protein. In: SOUTHWEST NUTRITION MANAGE CONFERENCE, 1995. *Proceedings...* Tucson: Department of Animal Science, University of Arizona, 1995.
- THEURER, C. B. *et al.* Summary of steam-flaked corn sorghum grain for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.82, n.9, p.1950-1959, 1999.

- TIETZ, N. W. *Fundamental of clinical chemistry*. 2ed. Philadelphia: Saunders, 1982.
- VAN HORN, H. S. *et al.* Complete rations for dairy cattle. III. Evaluation of protein percent and quality and citrus pulp-corn substitutions. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.58, n.8, p.1101-1108, 1975.
- VAN SOEST, P. J. Soluble carbohydrates and the non-fiber components of feeds. *Large Anim. Veterinary*, v.42, p. 44, 1987.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutrition ecology of the ruminants*. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994.
- VAN SOEST, P. J. *et al.* Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.74, n.10, p. 3583-3597, 1991.
- WILKERSON, V. A. *et al.* Energy and nitrogen balance in lactating cows fed diets containing dry or high moisture corn in either rolled or ground form. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.80, n.10, p. 2487-2496, 1997.
- WING, J. M. Effects of physical form and amount of citrus pulp on utilization of complete feeds for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.58, n.1, p. 63-66, 1975.
- WING, J. M. Citrus Feedstuffs for Dairy Cattle. *Bulletin 829*, Agricultural Experiment Station, University of Florida, 1982, p. 25.
- YU, P. *et al.* Effects of steam-flaked or steam-rolled corn with or without *Aspergillus oryzae* in the diet on performance of dairy cows fed during hot weather. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.80, n.12, p. 3293-3297, 1997.
- YU, P. *et al.* Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.81, n.3, p. 777-783, 1998.

Received on March 29, 2001.

Accepted on June 27, 2001.