



## EFETOS DOS PROCESSAMENTOS DO MILHO SOBRE O DESEMPENHO DE BOVINOS DE CORTE TERMINADOS EM CONFINAMENTO

Débora Gabriela da Mata<sup>1</sup>, Gabriella Jorgetti de Moraes<sup>2</sup>, Eduardo Souza Leal<sup>3</sup>, Giovanna Manfre Formigoni<sup>4</sup>, Marlova Cristina Miotto da Costa<sup>5</sup>, Marcus Vinicius Garcia Niwa<sup>5</sup>, Noemila Debora Kozerski<sup>5</sup>, Luís Carlos Vinhas Ítavo<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – FAMEZ / UFMS. Email: deboradamata\_@hotmail.com

<sup>2</sup>Zootecnista, Mestre em Ciência Animal. Email: gabriellajorgetti@hotmail.com

<sup>3</sup>Pos-Doutorando em Ciência Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – FAMEZ / UFMS. Email: eduardoleal.zoo@gmail.com

<sup>4</sup>Graduanda em Zootecnia, Bolsista PIBIC CNPq, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: giovanna.mf@hotmail.com

<sup>5</sup>Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – FAMEZ / UFMS. Email: marcusniwa@gmail.com; marlovamiotto@gmail.com; noemilamv@gmail.com

<sup>6</sup>Professor Doutor da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – FAMEZ / UFMS. Email: luis.itavo@ufms.br

**Resumo:** Objetivou-se discorrer sobre os diferentes métodos de processamento do milho e os principais efeitos sobre a digestibilidade do amido e o desempenho de bovinos de corte terminados em confinamento. Os grãos de milho são divididos em cinco tipos, sendo que no Brasil o mais encontrado é do tipo duro (flint), com 65 a 80% de amido, 9,5% de proteína, 9% de fibra em detergente neutro e 4% de óleo. O amido é o principal componente energético e sua digestibilidade é afetada pelo método de processamento e por fatores intrínsecos ao tipo de grão, como a relação amilose:amilopectina, a vitreosidade e principalmente a matriz protéica que reveste os grânulos de amido. Os principais métodos usados no processamento do grão de milho incluem os tratamentos físicos e químicos como a moagem, laminação, floculação e a ensilagem de grão úmido. Experimentos no Brasil com milho duro, a ensilagem de grão úmido reduziu a ingestão de matéria seca em 7,46% e aumentou o ganho de peso diário dos animais em 4,87%, quando comparado com o milho moído fino e melhoria na eficiência alimentar em 13,72%, sendo maior que relatados em trabalhos americanos, isso pode ocorrer devido ao tipo de milho usado no Brasil.

**Palavras-chave:** alimentos energéticos, amido, digestibilidade, produção animal

## EFFECTS OF CORN PROCESSING ON THE PERFORMANCE OF BEEF CATTLE FINISHED IN FEEDLOT

**Abstract:** It was aimed to discuss the different methods of maize processing and the main effects on starch digestibility and performance of finished beef cattle in confinement. Corn grains are divided into five types, but in Brazil flint type is the most produced with 65% starch, 9.5% protein, 9% neutral detergent fiber, and 4% oil. Starch is the main energy component and its digestibility is affected by the processing method and by factors intrinsic to the grain type, such as an amylose: amylopectin, vitreous and mainly a protein matrix that lines the starch granules. The main methods used are not processed by physical and chemical treatments such as milling, lamination, flocculation and ensilage of wet grains. Experiments in Brazil with a flint type, the use of wet grain silage reduced the dry matter intake by 7.46% and increased the weight gain of the animals by 4.87% when compared to fine ground corn and food efficiency of 13.72%, greater than reported in American studies, this can happen by corn type used in Brazil.

**Keywords:** animal production, digestibility, food energetic, starch



## INTRODUÇÃO

Existe no Brasil um aumento do uso de sistemas de criação de bovinos em confinamentos, acompanhada de uma crescente necessidade de informações a respeito das questões nutricionais dos alimentos, e suas relações de digestibilidade e aproveitamento (Pedreira & Primavesi, 2011), aumentando a produção sem que haja necessidade de se aumentar a área utilizada e levando a procura por dietas que proporcionem melhores desempenhos (Paulino et al., 2002).

O milho está entre os alimentos que representa a maior parte da dieta destinada a bovinos confinados, principalmente quando se utilizam dietas com elevado teor energético (Stone et al., 1996), sendo a principal fonte de amido utilizada e com seu aproveitamento dependente dos métodos de processamento a que são submetidos (Theurer, 1986). Logo, o processamento do milho serve para expor os grânulos de amido à digestão, formando fissuras, quebrando e expandindo o amido (Beauchemin et al., 1994).

O grão de milho em média apresenta 65 a 80% de amido, constituído de pericarpo, gérmen, ponta e endosperma, que irá se dividir em endosperma farináceo e vítreo. Os grãos do tipo farináceo ou dentado apresentam fisiologicamente amido mole, poroso de baixa densidade. Já os grãos do tipo duro ou flint possuem endosperma duro ocupando grande proporção do volume, apresentando alta vitreosidade e densidade (Embrapa, 2006).

O grão do tipo dentado seria uma excelente opção devido a sua elevada degradabilidade, no entanto sua produção no Brasil se torna inviável, devido a sua alta susceptibilidade a ataques de pragas e doenças, assim nos confinamentos brasileiros o grão mais usado é do tipo duro, onde as suas características físicas e morfológicas propiciam maior resistência a pragas e doenças, tanto a campo quanto em condições de armazenamento (Teixeira, 2015). Dentre uma comparação entre híbridos de alta dureza do grão, usados no Brasil, com híbridos dentados, que são encontrados nos Estados Unidos, o híbrido de maior dureza americano apresentou maior degradabilidade do que o de menor dureza brasileiro segundo Correa et al. (2002). Logo, o processamento de grãos minimiza as limitações intestinais à digestão do amido, aumentando sua digestibilidade (Theurer, 1986), tendo como resultado final um maior suprimento de energia e de proteína metabolizável para animal (Huntington, 1997).

Existem diversos tipos de processamento como os tratamentos mecânicos (descascamento, prensagem, moagem e laminação) e térmicos (calor seco: tostagem, micronização e estalação; e calor úmido: cozimento, dilatação, floculação e peletização), todavia, nem todos são acessíveis econômica e tecnologicamente ao produtor brasileiro (Vargas Junior et al., 2008).

Objetiva-se a partir desta revisão discorrer sobre os diferentes métodos de processamento do milho e os principais efeitos sobre a digestibilidade do amido e o desempenho de bovinos de corte terminados em confinamento.

## DESENVOLVIMENTO

### *Milho*

Uma das culturas mais importantes produzidas mundialmente detém de uma importância econômica caracterizada pelas suas formas de utilização, sendo desde alimentação animal até a indústria de alta tecnologia, porém seu destaque mesmo é na alimentação animal, representando cerca de 70% do consumo desse cereal no mundo (Embrapa, 2006). É um dos alimentos tradicionais mais empregados para suprir as demandas energéticas dos bovinos, tida como um dos nutrientes de maior importância para terminação dos mesmos (Kazama et al., 2008).

Com base em suas características, os grãos de milho podem ser divididos em cinco tipos: duro (*flint*), pipoca, farináceo, dentado e doce (Corona et al., 2006), mas independente do tipo é composto por quatro estruturas físicas principais: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta, com composição média em base seca de 65 a 80% amido, 9,5% proteínas, 9% fibra em detergente neutro e 4% de óleo. O endosperma representa mais de 80% do peso do grão, consistindo principalmente de amido organizado em forma de grânulos, também é encontradas proteínas de reservas do tipo prolaminas, chamadas zeínas, as quais compõem a matriz que envolve os grânulos de amido dentro do endosperma (Paes, 2006). O endosperma possui duas regiões distintas, sendo que na região do endosperma vítreo, os grânulos de amido são densamente compactados dentro de uma matriz protéica, enquanto que na região do



endosperma farináceo, grânulos de amido são fracamente associados com a matriz protéica (McAllister et al., 2006).

A ligação proteína:amido é mais forte no milho, explicando assim porque o processamento deste grão resulta em um grande número de grânulos de amido quebrados, maior área de superfície e aumento na degradação ruminal quando comparado com outros cereais, como cevada e trigo (Svihus et al., 2005).

O amido é o principal componente energético contido em grãos, representando até 72% da matéria seca (MS) do milho, este é composto por dois polímeros de glicose: amilose e amilopectina, que são mantidas juntas por pontes de hidrogênio (Rooney & Pflugfelder, 1986), resultando em grânulos de amido com a estrutura altamente organizada dentro das células do endosperma do grão (Nocek & Tamminga, 1991). Amilose é um polímero linear de ligações alfa-1,4 de unidade de glicose e a amilopectina é um polímero muito maior e possui cadeia linear de ligações alfa-1,4 e cadeias ramificadas com ligações alfa-1,6, onde estrutural e funcionalmente é mais importante que amilose, pois sozinha é suficiente para formar um grânulo (McAllister et al., 2006). Os grânulos de amido são pseudocristais e pode ser dividida em duas regiões, a cristalina, também chamada de micelar é a mais organizada e composta principalmente por amilopectina, e a região amorfa que é menos organizada, sendo composta principalmente por amilose e sua densidade é menor que a área cristalina. Todos os fatores que causam modificações físicas e químicas no amido atacam primeiro a região amorfa (Rooney & Pflugfelder, 1986).

A qualidade do grão esta associada a sua constituição física, determinando assim sua dureza e textura, já em relação a sua composição química é o que define seu valor nutricional e suas propriedades tecnológicas (De Paula, 2014). O milho cultivado no Brasil é predominantemente de textura dura, sendo mais propenso a uma menor digestibilidade do amido, isso porque as suas características físicas e morfológicas propiciam maior resistência a pragas e doenças, tanto no campo quanto em condições de armazenagem, ao contrario dos Estados Unidos que é quase em totalidade o uso do tipo dentado, o qual possui maior degradabilidade, mesmo sendo uma excelente opção para os confinamentos brasileiros é inviável, uma vez que são altamente susceptíveis a ataque de pragas e doenças (Correa et al., 2002).

Embora os híbridos de milho apresentem uma variação mínima na quantidade de amido, eles diferem bastante em relação a sua vitreosidade (Szasz et al, 2007), assim no endosperma vítreo a interação com a proteína pode limitar a susceptibilidade do amido a ação da amilase, logo irá reduzir a sua digestibilidade (McAllister et al., 1990), uma vez que no endosperma vítreo os grânulos de amido são compactados dentro de uma matriz protéica (McAllister et al 2006). Então várias formas de processamento do grão vêm sendo estudadas visando à disponibilidade da molécula de amido, aumentando a energia para o animal, uma vez que aumenta o acesso dos microrganismos aos grânulos de amido pela eliminação das barreiras primárias, como o pericarpo, e diminuição da influência da matriz protéica (Owens et al., 1986).

### **Processamento do Milho**

É uma prática com a finalidade de melhorar o aproveitamento e consumo deste alimento pelos ruminantes (Hale, 1973). O grau de processamento faz com que haja um aumento da disponibilidade do amido, permitindo uma maior concentração de energia rapidamente fermentável no rúmen, com aumento das produções de proteína microbiana e ácidos graxos voláteis totais, melhorando o desempenho dos animais alimentados em sistema de confinamento (Owens et al., 1997; Zinn et al., 2002).

Os principais métodos usados no processamento do grão de milho incluem os tratamentos físicos e químicos. No tratamento físico, o objetivo primário é reduzir o tamanho da partícula por força de impacto, compressão, corte ou atrito, aumentando a superfície de contato sem alterar propriedades químicas (Mckinney, 2006).

A moagem, um dos métodos usados é onde o grão é reduzido a partículas menores pelo impacto ou atrito por meio de um moinho de martelo até que a partícula do grão atravesse uma peneira, é o mais comum, simples e barato, sendo influenciado pelo tamanho da peneira, moinho, capacidade e velocidade do mesmo. A laminação é onde o grão é comprimido em partículas achatadas pela passagem entre rolos, podendo ser feita sem adição de água, onde seu tamanho é influenciado pela pressão dos rolos e espaço entre eles, tendo o grão ao final do processo variando de muito fino até muito grosso e, por meio do uso de vapor, expondo o grão ao vapor por um curto período para amolecer a semente, seguido da laminação. Já a floculação é um processo mais intenso, exigindo maior controle de qualidade quando comparado aos outros processamentos, como a moagem e laminação a seco. Durante o processo o grão é exposto ao vapor por 30 a 60 minutos em uma câmara vertical de aço inoxidável, absorvendo água até atingir 18 a



20% de umidade. Em seguida é floculado entre os rolos pré-aquecidos e ajustados para se obter a densidade procurada, estes rolos são aquecidos devido à própria prensagem dos grãos que foram expostos ao vapor (Theurer et al., 1999; Zinn et al., 2002).

Já os tratamentos físico-químicos envolvem a aplicação de calor e/ou vapor promovendo a gelatinização do amido, que é quando há perda irreversível de sua estrutura nativa em função de alguma energia aplicada, que será responsável pela quebra das pontes de hidrogênio intermoleculares, como a floculação e extrusão, onde os grânulos de amido irão absorver água, inchar e formam um gel, expandindo e rompendo a matriz protéica ao seu redor, expondo parte da amilose e tornando mais susceptíveis a degradação enzimática (Kotarski et al., 1992; Rooney & Pflugfelder, 1986). Importante ressaltar que os produtos resultantes destes processamentos não podem passar por longos períodos armazenados, pois poderá ocorrer a retrogradação, a qual é o oposto da gelatinização, ou seja, é a reassociação das moléculas de amido que foram separadas durante o processo anterior, onde o grão pode ter sua digestibilidade diminuída quando passa por esse processo (French, 1984; Rooney & Pflugfelder, 1986). Segundo Theurer (1986) a união de dois ou mais processos, como aplicação do vapor e redução da partícula, melhora ainda mais a eficiência da digestão dos alimentos processados pelos ruminantes.

A extrusão é um processo termomecânico e contínuo de cozimento que utiliza alta temperatura em curto espaço de tempo, com os grãos forçados dentro de um cilindro chamado de matriz ou molde com uma pequena abertura final, onde ao passar pelo orifício, há uma súbita diminuição da pressão fazendo que o grão expanda e hidrate, gelatinizando o amido e ruptura de pontes de hidrogênio (Lai & Kokini, 1991).

O uso de silagem de grãos úmidos de milho vem aumentando consideravelmente nos últimos anos, tratando-se de uma tecnologia de fácil adoção e com baixos custos de implantação. Este método consiste na colheita dos grãos logo após a maturação fisiológica, que ocorre quando o teor de umidade esta ao redor de 28 a 35%, encerrando assim a translocação de nutrientes da planta para os grãos, a ensilagem deste deve seguir os mesmos princípios da utilizada para conservação de qualquer forrageira, tendo como vantagem a antecipação da retirada da cultura, reduzindo perdas e custos de produção (Jobim et al., 2001).

No Brasil, como é predominante o uso de grãos de milho do tipo duro, estudos indicam que estes podem responder mais aos processamentos do que grãos dentados, comum nos Estados Unidos, sendo esperado que métodos como floculação e ensilagem expressem mais benefícios sobre a digestibilidade do amido e desempenho animal (Santos et al., 2011), lembrando que o método de processamento deve ser selecionado para aumentar a digestibilidade e o aproveitamento do grão, de forma economicamente viável, sem causar disfunções digestivas e, também os custos envolvidos em aquisição de maquinários, operação e manutenção.

### ***Digestibilidade e Impacto no Desempenho de Bovinos de Corte***

A digestibilidade do amido dos grãos de cereais é afetada por dois fatores principais, o tipo de cereal e o método de processamento. Fatores intrínsecos ao tipo de grão de cereal são: a relação amilose:amilopectina (Rooney & Pflugfelder, 1986), a vitreosidade e principalmente a presença de matriz protéica revestindo os grânulos de amido (McAllister et al 2006).

Owens & Soderlund (2007) e Stock et al. (1990) verificaram que grãos de milho não processados (inteiros) ou pouco processados apresentam menor digestão ruminal do amido, resultando em passagem de quantidade significativa de amido para o intestino delgado, o qual possui boa digestibilidade, porém como ponto de atenção a taxa de passagem, que quando alta, ou seja, baixa permanência no intestino delgado, pode prejudicar a digestão e absorção do amido, podendo resultar em passagem significativa para o intestino grosso, sendo baixa a digestibilidade e com maiores perdas energéticas, pois a proteína microbiana formada no intestino grosso é toda excretada nas fezes.

Todo o amido ingerido que chega ao intestino grosso é o de menor digestibilidade, como no caso do milho laminado a seco que tem sua digestibilidade do amido de 56,32% contra 24,8% para silagem de grão úmido, 20,47% para milho floculado e 32,09% para milho inteiro, assim diante das altas digestibilidades do amido do milho ensilado úmido e floculado no rúmen e intestino delgado, a fração de amido que chega ao intestino grosso e quase que composta apenas pela fração indigestível (Owens & Soderlund, 2007).

Do ponto de vista energético a digestão do amido no intestino delgado é 42% mais eficiente que a digestão ruminal em virtude da redução nas perdas de energia, resultantes da ausência de produção de metano e menor produção de calor (Owens et al, 1986).



O processamento dos grãos faz com que haja quebra das barreiras recalcitrantes, como a casca, pericarpo e a matriz protéica, permitindo assim acesso dos microrganismos ao amido dentro das células do endosperma, além de reduzir o tamanho da partícula, aumentando a área de adesão microbiana e colonização, conseqüentemente o aumento da taxa e extensão da digestão de amido (Owens et al., 1997).

Corona et al. (2005) conduziram um experimento buscando avaliar quatro métodos de processamento utilizados para bovinos de corte, sendo que as dietas experimentais continham 75,3% de grãos e os tratamentos foram com milho inteiro, milho moído, milho laminado e milho floculado. O conteúdo de amido fecal foi de 1,6, 19,6, 16,2, 25,9% para o milho floculado, laminado, moído e inteiro, respectivamente. Já a digestão do amido no trato digestivo foi de 98,8% para milho floculado, 86,3% para o laminado, 92% para milho moído e 76% para milho inteiro.

Resultados semelhantes foram encontrados no Brasil, tendo a porcentagem de amido nas fezes maior quando alimentados com milho laminado, intermediária com milho moído e milho úmido ensilado, por fim menor com milho floculado (Carareto, 2011), tendo também um maior ganho de peso e melhor valor de energia líquida da dieta com grãos de milho floculado e ensilados úmidos, concluindo assim que estes dois foram os melhores processamentos para fornecer energia para bovinos Nelore em terminação, onde Peres (2011) citou que a floculação do milho duro aumentou ao ganho de peso diário, rendimento de carcaça, mas não houve diferença na ingestão de matéria seca (IMS), porém resultou em um incremento na eficiência alimentar de 25,5%.

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

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

	<b>Milho Inteiro</b>	<b>Milho Laminado Seco</b>	<b>Silagem de milho úmido</b>	<b>Milho Floculado</b>
Digest. <sup>(1)</sup> Amido rúmen, %	68,34 <sup>b</sup>	63,80 <sup>b</sup>	86,55 <sup>a</sup>	84,05 <sup>a</sup>
Digest. amido ID <sup>(2)</sup> , %	64,64 <sup>b</sup>	58,83 <sup>b</sup>	94,86 <sup>a</sup>	92,48 <sup>a</sup>
Digest. amido IG <sup>(3)</sup> , %	32,09 <sup>ab</sup>	56,32 <sup>a</sup>	24,80 <sup>b</sup>	20,47 <sup>b</sup>
Digest. amido rúmen + ID, %	86,60 <sup>ab</sup>	83,67 <sup>b</sup>	99,07 <sup>a</sup>	98,48 <sup>a</sup>
Digest. amido ID + IG, %	52,99 <sup>c</sup>	72,16 <sup>b</sup>	93,10 <sup>a</sup>	94,33 <sup>a</sup>
Digest. amido Trato Digestivo Total, %	87,08 <sup>c</sup>	91,03 <sup>b</sup>	99,25 <sup>a</sup>	99,09 <sup>a</sup>

Fonte: Adaptado de Owens e Soderlund (2007)

(1) Digest.: Digestão; (2) ID: Intestino Delgado; (3) IG: Intestino Grosso.

a,b,c Médias com letras diferentes na mesma linha são diferentes (P<0,05).

Entretanto, Turgeon Jr. et al. (1983) recomendaram que a moagem seja suficiente para garantir melhor eficiência do sistema de engorda de bovinos em confinamento, uma vez que é um processo simples e prático obtendo diferentes tamanhos de partículas, conseqüente variação na proporção da degradação ruminal e digestão intestinal, onde diferentes granulometrias dos grãos podem implicar em diferentes digestibilidades e ganho de peso (Hale, 1973).

A moagem fina normalmente aumenta a disponibilidade do amido dos grãos, proporcionando desempenho animal satisfatório em confinamento, porem silagem de grão úmido e floculação, via de regra, são mais eficientes na disponibilidade da energia dos grãos (Santos et al., 2004). No entanto, silagem de grão úmido visando melhoria no ganho de peso e na eficiência alimentar pode viabilizar



melhor o confinamento, onde há casos que representa menor tempo de confinamento e menor custo da arroba produzida, uma vez que a alimentação pode representar até 80% do custo (Tullio, 2004), sendo maior margem de lucro por animal.

Experimentos conduzidos no Brasil com milho duro, a ensilagem de milho úmido reduziu a ingestão de matéria seca em 7,46% e aumentou o ganho de peso diário dos animais em 4,87% quando comparado com o milho moído fino. A melhoria na eficiência alimentar foi de 13,72%, sendo maior que os relatados em trabalhos americanos quando comparado milho ensilado úmido com milho laminado, isso pode ocorrer devido o milho do tipo duro usado no Brasil, possuir amido menos digestível que o milho dentado americano (Marques, 2011).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos de processamento do milho apresentam diferentes benefícios na digestibilidade do amido e conseqüentemente seu maior aproveitamento pelos animais, o que poderá refletir em melhores eficiências e desempenhos na terminação de bovinos de corte confinados. Dentre os processamentos de milho utilizados no Brasil os melhores são a floculação e a ensilagem de milho grão úmido, mas ambos requerem atenções especiais para suas adoções, em termos de viabilidade econômica e exceções/aplicabilidades. O método de floculado possui um alto custo e sua viabilidade é para grandes projetos e que adotam grande quantidade de milho na dieta, já a ensilagem de milho grão úmido é mais fácil de ser adotada e os maquinários e equipamentos acessíveis a maioria dos produtores, seja via locação ou compra.

### LITERATURA CITADA

- BEAUCHEMIN, K.A.; McALLISTER, T.A.; DONG, Y. et al. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. *Journal of Animal Science*, v.72, n.2, p.236-246, 1994.
- CARERATO, R. Fontes de nitrogênio, níveis de forragem e métodos de processamento de milho em rações para tourinhos da raça nelore terminados em confinamento. 2011. 104 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba, 2011.
- CORONA, L. et al. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled and steam-flaked corn on digestion and growth performance in feedlot cattle. *The Professional Animal Scientist*. Illinois, v. 21, n. 3, p. 200-206, June 2005.
- CORONA, L.; OWENS, F. N.; ZINN, R. A. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, Albany, v. 84, n. 11, p. 3020-3031, 2006.
- CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAVER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.85, p.308-312, 2002.
- DE PAULA, R. M. Utilização de milho grão inteiro para terminação de novilhas Nelore em confinamento. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, 2014. 58 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, 2014.
- EMBRAPA| Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho-2006. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf>
- ENSMINGER, M. E.; OLDFIELD, J. E.; HEINEMANN, W. W. Feed processing. In: *Feeds & nutrition*. 2 ed. The ensminger publishing company, Cap. 14, p. 527-552. 1990.
- FRENCH, D. Organization of starch granules. *Starch chemistry and technology*. 2nd ed. New York; London: Academic Press, 1984. P. 237-238.
- HALE, W. H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 37, p. 1075-1984, 1973.
- HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: from basis to bunk. *Journal of Animal Science*, v.75, p. 852, 1997.



- JOBIM, C. C.; CECATO, U.; CANTO, M. W. Utilização de silagem de grãos de cereais na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. Anais... Maringá:CCA/UEM/DZO, 2001. p. 146-176.
- KAZAMA, M. M.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; SILVA, D. C.; DUCATTI, T. Características quantitativas e qualitativas da carcaça de novilhas alimentadas com diferentes fontes energéticas em dietas à base de cascas de algodão e de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.2, p.350-357, 2008.
- KOTARSKI, K.K.; WANISHA, R. D.; THURN, K. K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *Journal of Nutrition*, Philadelphia, v. 122, n. 1, p. 178-190, Jan. 1992.
- LAI, L. S.; KOKINI, J. L. Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion: a review. *Biotechnology Progress*, New York, v. 7, n. 3, p. 251-266, May/June 1991.
- MARQUES, RODRIGO DA SILVA. Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação na terminação de tourinhos Nelore. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Alimentos – Universidade de São Paulo, 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Alimentos – Universidade de São Paulo, 2011.
- MCALLISTER, T. A. et al. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.70, n.2, p. 571-579, June 1990.
- MCALLISTER, T. A.; GIBB, D.J.; BEAUCHEMIN, K. A.; WANG, Y. Starch type, structure and ruminal digestion. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa, Proceedings... Tulsa: Oklahoma State University, 2006. P. 30-41.
- MCKINNEY, L. J. Grain processing: particle size reduction methods. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 1., 2006. Oklahoma. Proceedings... Oklahoma: CGP, 2006. P. 42-45.
- NOCEK, J. E.; TAMMINGA, 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*, v.74, p.3598-3629. 1991.
- OWENS, F.N. et al. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 75, p. 868-879, 1997.
- OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminal and post ruminal starch digestion by cattle In: PIONEER HI-BRED, A DUPONT BUSINESS CONFERENCE, 2007, Jonston. Proceedings... Jonston, 2007.
- OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K.. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal Animal Science*. V.63, p.1634-48,1986.
- PAES, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 2006. (EMBRAPA, CNPMS. Circular Técnica, 75).
- PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. de C.; LANA, R. de P. Soja Grão e Carço de Algodão em Suplementos Múltiplos para Terminação de Bovinos Mestiços em Pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v 31, n. 1, p. 484-491, 2002.
- PEDREIRA e PRIMAVESI, Aspectos Ambientais na Bovinocultura, Nutrição de Ruminantes, 2ª ed., Funep, 2011, p. 521-534.
- ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*, Albany, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, 1986.
- SANTOS, F.A.P.; CARARETO, R.; MARQUES, R. S. Processamento de grãos para bovinos de corte. In: SIMPOSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 9, 2011, Piracicaba. Anais... Piracicaba, FEALQ, 2011. P. 403-432.
- SKASK, J. I. et al. Influence of endosperm vitreousness and kernel moisture at harvest on site and extent of digestion of high-moisture corn by feedlot steers. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.85, n.9, p. 2214-2221, Sept. 2007.
- STOCK, R. A. et al. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 68, p. 3441-3455, 1990.
- STONE, L. R.; SCHLEGEL, A.J.; GWIN JUNIOR, R.E.; KHAN, A.H. Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. *Agriculture Water Management*, v. 30, n.3, p. 251-259, 1996.
- SVIHUS, B.; UHLEN, A.K.; HARSTAD, O.M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: a review. *Animal Feed Science and Technology*, Philadelphia, v. 122, p. 303-320, 2005.
- TEIXEIRA, RAFAEL BARBOSA. Dieta de alto grão com milho em confinamento de bovinos. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, 2015.



- THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*, v.63, n.5, p.1649-1662, 1986.
- THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO ELORDUY, A.; WANDERLEY, R. Invited review: summary of steam flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 82, p. 1950-1959, 1999.
- VARGAS JUNIOR, FERNANDO MIRANDA DE et al . Influência do processamento do grão de milho na digestibilidade de rações e no desempenho de bezerros. *R. Bras. Zootec.*, Viçosa , v. 37, n. 11, p. 2056-2062, nov. 2008 .
- 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*, Champaign, v. 80, p. 1145-1156, 2002