

Subprodutos da Agroindústria na Alimentação de Bovinos: caroço de algodão



ISSN 1517-5111

Novembro, 2008

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 234

Subprodutos da Agroindústria na Alimentação de Bovinos: caroço de algodão

*Roberto Guimarães Júnior
Carlos Frederico Martins
Luiz Gustavo Ribeiro Pereira
Marcelo Ayres Carvalho*

Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *José de Ribamar N. dos Anjos*

Secretária-Executiva: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*

Equipe de revisão: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*

Francisca Eljani do Nascimento

Jussara Flores de Oliveira Arbués

Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro*

Editoração eletrônica: *Renato Berlim Fonseca*

Capa: *Renato Berlim Fonseca*

Foto da capa: Lourival Vilela e Roberto Guimarães Júnior

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Sousa*

Alexandre Moreira Veloso

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição

1ª impressão (2008): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

G963s Subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos: carço de algodão / Roberto Guimarães Júnior... [et al.]. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2008.

33 p.— (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111 ; 234).

1. Nutrição animal. 2. Bovino. 3. Gado de corte. I. Guimarães Júnior, Roberto. II. Série.

636.085 - CDD 21

© Embrapa 2008

Autores

Roberto Guimarães Júnior

Veterinário, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

guimaraes@cpac.embrapa.br

Carlos Frederico Martins

Veterinário, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

carlos.frederico@cpac.embrapa.br

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Veterinário, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Semi-árido

Rodovia BR 428, km 152

56302-970, Petrolina, PE

luiz.gustavo@cpatsa.embrapa.br

Marcelo Ayres Carvalho

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

marcelo@cpac.embrapa.br

Apresentação

O aproveitamento de subprodutos provenientes de agroindústrias tem se constituído em uma alternativa de grande importância na alimentação de bovinos. A utilização desses produtos, de acordo com as orientações técnicas, tem potencial para manter e até aumentar os níveis de produção do rebanho. Isso reduz significativamente os custos com a alimentação e, conseqüentemente, os custos de produção, contribuindo para o aumento da eficiência dos sistemas de produção de leite e carne.

Este documento fornece orientações técnicas a respeito do caroço de algodão integral, um subproduto bastante utilizado em dietas de ruminantes. O texto contém informações sobre as características nutricionais, as formas e as limitações de uso desse subproduto, fornecendo subsídios para a sua utilização de forma racional e segura em dieta de bovinos.

José Robson Bezerra Sereno
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução	9
Área Plantada, Produção e Produtividade Nacional de Carçoço de Algodão	10
Caracterização Estrutural	11
Valor Nutritivo.....	12
Limitações de Uso	15
Utilização	18
Armazenamento	26
Conclusões	26
Referências	26
Abstract	33

Subprodutos da Agroindústria na Alimentação de Bovinos: caroço de algodão

Roberto Guimarães Júnior

Carlos Frederico Martins

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Marcelo Ayres Carvalho

Introdução

A alimentação animal com subprodutos de agroindústria tem sido realizada há muitos anos. Essa prática apresenta diversas vantagens, como a possibilidade de utilização de alimentos não empregados na alimentação humana, a agregação de valor a produtos que provavelmente seriam descartados pela agroindústria e, além disso, a destinação apropriada aos mesmos, contribuindo para diminuição dos riscos de poluição ambiental provocada pelo seu acúmulo. Dessa forma, a utilização de subprodutos da agroindústria em dietas de bovinos apresenta relevância do ponto de vista nutricional, econômico e ambiental.

No tocante ao potencial produção, estima-se que na América Latina são produzidas mais de 500 mil toneladas de subprodutos e resíduos agroindustriais, sendo o Brasil responsável por mais da metade dessa produção (SOUZA; SILVA, 2002). Cabe salientar que a diferença entre subproduto e resíduo está diretamente relacionada ao valor de mercado do produto. Um subproduto tem valor de mercado e por isso é comercializado, não sendo apenas um produto de descarte da agroindústria como o resíduo.

O caroço de algodão é um subproduto da agroindústria que tem sido utilizado tradicionalmente em dietas de bovinos, por conseguir

concentrar numa única fonte alimentícia, proteína e energia em elevadas concentrações, além de ser fonte de fibra efetiva para ruminantes. O objetivo deste documento é descrever as características nutricionais, as formas de utilização e as limitações de uso do caroço de algodão, visando à sua utilização de forma racional e segura em dietas de bovinos.

Área Plantada, Produção e Produtividade Nacional de Caroço de Algodão

O caroço de algodão é um subproduto ofertado regularmente no mercado brasileiro, uma vez que a cultura do algodão tem significativa importância na agricultura nacional. De acordo com o quinto levantamento da cultura do algodão, feito em fevereiro de 2009 pela Conab, a área a ser cultivada com a cultura do algodão no Brasil será de aproximadamente 856 mil hectares. A produção na safra 2008/2009 será de aproximadamente 2 milhões de toneladas e a produtividade média de 2.272 kg/ha. Sabendo-se que cerca de 90 % do caroço de algodão é direcionado para extração de óleo e fabricação de farelo, e que os 10 % restantes são utilizados na sua forma integral, principalmente na dieta de ruminantes (SILVA, 1995), o País terá disponível aproximadamente 194 mil toneladas desse subproduto, no ano de 2009, para alimentação animal.

A compra do subproduto com a finalidade de utilização na alimentação animal deve ser baseada em diversos critérios, sendo a disponibilidade de oferta, o preço e qualidade, os principais determinantes. Em muitos casos, o preço pago pela tonelada de um subproduto é substancialmente aumentado pelo valor do frete, por causa da distância da região em que o produto é comprado. Dessa forma, é importante se conhecer as principais regiões produtoras de caroço de algodão para que as estratégias de compra sejam traçadas. Com base nos resultados da safra 2007/2008 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2009), observa-se que as regiões Centro-Oeste e Nordeste concentram 96,1 % da produção nacional (Tabela 1), com destaque aos estados de Mato Grosso, Bahia, Goiás e Mato Grosso do Sul, cujas produções somadas equivalem a 93,2 % da produção nacional.

Tabela 1. Produção nacional de caroço de algodão na safra 2007/2008.

Região/UF	Safra 07/08	%
	Produção (em 1.000 t)	
Norte	3,7	0,1
Tocantins	3,7	0,1
Nordeste	831,8	33,2
Maranhão	28,3	1,1
Piauí	31,8	1,3
Ceará	2,2	0,1
Rio Grande do Norte	4,0	0,2
Paraíba	2,2	0,1
Pernambuco	1,6	0,1
Alagoas	2,7	0,1
Bahia	759,0	30,3
Centro-Oeste	1.574,5	62,9
Mato Grosso	1.298,9	51,9
Mato Grosso do Sul	109,7	4,4
Goiás	165,9	6,6
Sudeste	83,8	3,3
Minas Gerais	49,4	2,0
São Paulo	34,4	1,4
Sul	10,9	0,4
Paraná	10,9	0,4
Norte/Nordeste	835,5	33,4
Centro-Sul	1.669,2	66,6
Brasil	2.504,7	

Fonte: Adaptado de Companhia Nacional de Abastecimento (2009).

Caracterização Estrutural

As primeiras referências de utilização do algodão datam de séculos antes de Cristo, no entanto esse produto só veio adquirir importância comercial após a revolução industrial. Desde então, o seu cultivo tem como principal objetivo a produção de fibras para a indústria têxtil. Das quatro espécies com valor comercial, a *Gossypium hirsutum* L.r.

latifolium Hutch é a predominante no Brasil. Essa espécie é plantada em 33,31 milhões de hectares em todo o mundo, sendo responsável por 90 % da produção mundial (BUAINAIM; BATALHA, 2007).

De acordo com Passos (1977), o algodão em caroço apresenta cerca de 36 % de pluma, 58 % de caroço e 6 % de quebra. Durante o seu beneficiamento pela indústria têxtil, a maior parte da pluma é retirada, dando origem ao caroço de algodão, composto por três partes: a fibra (composta pelo línter e sobras da pluma), a casca e a amêndoa. A semente (casca mais a amêndoa), coberta com línter, é rica em óleo e contém em média 60 % de caroço e 40 % de fibra. A amêndoa liberada com a quebra das cascas possui de 30 % a 40 % de proteína bruta e 35 % a 40 % de lipídios (BUAINAIM; BATALHA, 2007).

Valor Nutritivo

O caroço de algodão é utilizado freqüentemente em dietas de bovinos, por ser uma boa fonte de proteína bruta (PB), de energia e de fósforo – três nutrientes comumente deficientes em dietas de bovinos. Na comparação com outros alimentos concentrados comumente utilizados em dietas de bovinos (Tabela 2), observa-se que a concentração de PB no caroço (22 %) é intermediária entre o milho grão e os farelos de soja e o de algodão. O menor valor de PB em relação ao farelo se dá pela maior concentração de extrato etéreo (18,9 %) no caroço, o que diminui proporcionalmente o teor de proteína. Grande parte da proteína do caroço de algodão é degradada no rúmen (77 %), o que é uma característica interessante do ponto de vista nutricional, considerando a disponibilidade do nitrogênio desse alimento para síntese de proteína microbiana. Além disso, 80 % da proteína não degradada no rúmen desse alimento é aproveitada pelo animal.

Quanto à concentração de energia, o caroço de algodão apresenta, em média, 79,5 % de nutrientes digestíveis totais (NDT). Esse valor é próximo ao teor verificado para o farelo de soja (81,5 %), superior ao verificado para o farelo de algodão (68,3 %) e representa aproximadamente, 91 % da energia contida do milho grão.

Tabela 2. Teores percentuais de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), proteína degradável no rumem em relação à PB (PDR/PB), digestibilidade da proteína não degradada no rúmen (DPIR), nutrientes digestíveis totais em nível de manutenção (NDT), fibra em detergente neutro (FDN), digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN), fibra em detergente ácido (FDA), cálcio (Ca), fósforo (P) do caroço de algodão, milho grão, farelo de soja e farelo de algodão expressos em base seca.

Nutriente ¹ (%)	Caroço de algodão	Milho grão	Farelo de soja	Farelo de algodão
MS	90,8	87,6	88,6	90,2
PB	22,4	9,1	48,8	40,9
PDR/PB	77,1	57,5	65,4	52,1
DPIR	80,0	90,0	93,0	92,0
EE	18,9	4,1	1,71	1,87
NDT	79,5	87,2	81,5	68,3
FDN	48,1	14,0	14,6	34,9
DFDN	44,37	32,3	27,7	-
FDA	39,0	4,1	9,86	24,2
Ca	0,21	0,03	0,34	0,24
P	0,61	0,25	0,58	1,0

¹ Fonte: Anderson et al. (1979), Coppock (1985), Lanham et al. (1992), National Research Council (2001), Valadares Filho et al. (2006).

O caroço de algodão apresenta uma composição peculiar, possuindo característica de forragem, na proporção de 36 % (línter + cascas) e de concentrado em 64 % (óleo + farelo) (WILKS et al., 1991). A fibra do caroço de algodão é composta em sua maior parte pelo línter (fibras curtas, bem aderidas à semente). É formada por celulose de alta digestibilidade (COPPOCK et al., 1985), o que resulta numa digestibilidade média da fibra em detergente neutro (FDN) de 44 % (Tabela 2), valor esse superior aos observados para o milho e o farelo de soja, mesmo apresentando valores mais elevados de fibra em detergente ácido (FDA) em relação aos mesmos. Baseando-se na atividade mastigatória total, a FDN proveniente do caroço de algodão apresenta aproximadamente 84 % da capacidade da FDN da silagem de alfafa em estimular a mastigação (HARVATINE et al., 2002). De acordo com esses autores, em dietas com baixa concentração de

FDN proveniente de forragens, a incorporação de até 15 % de caroço de algodão na matéria seca da dieta é capaz de manter a atividade mastigatória.

O teor de cálcio (0,21 %) do caroço é semelhante ao do farelo de algodão, inferior ao farelo de soja e superior ao milho. Uma elevada concentração de fósforo é verificada tanto para o caroço (0,61 %) quanto para o farelo de algodão (1,0), em comparação com milho e farelo de soja. Essa característica é favorável, considerando que o fósforo é um mineral frequentemente deficiente em dietas de bovinos.

Segundo Arieli (1998), dois tipos de caroço de algodão são encontrados comercialmente: um com alta e o outro com baixa concentração de línter. Na base seca, o caroço com baixa concentração de línter apresenta de 5 % a 10 % a menos de fibra e maiores teores de gordura e proteína (COPPOCK et al., 1985; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989). A relação entre ácidos graxos insaturados e saturados (72:28) é similar em ambos os tipos, no entanto a digestibilidade do caroço com alta concentração de línter parece ser superior. Essa característica tem sido justificada pela capacidade de estratificação no conteúdo ruminal, estimulando sua ruminação.

Quanto ao valor nutritivo do caroço de algodão transgênico (OGM), Bertrand et al. (2005) compararam amostras de variedades de caroço de algodão não transgênico com amostras que continham genes de resistência a insetos (Bt), genes contra danos por herbicida glifosato (RR) ou ambos (Bt/RR), não verificando diferenças entre os materiais quanto aos teores de matéria seca (MS), digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), PB, FDN, FDA, lignina, cinzas, extrato etéreo (EE), energia líquida para lactação, aminoácidos e ácidos graxos totais, sugerindo que não existem evidências que modificações genéticas possam causar alterações na concentração de nutrientes do caroço de algodão. Nesse mesmo trabalho, os autores salientam que, desde 1969, o caroço de algodão tem aumentado a sua concentração de fibra e, em detrimento disso, diminuído os teores de cinzas e EE, o que tem resultado em 20 % de redução da sua concentração de energia. Isso

vem acompanhado por uma redução no tamanho da semente na maioria das variedades cultivadas nos Estados Unidos. No Brasil, é provável que não seja diferente, uma vez que o propósito inicial do cultivo do algodão é para a obtenção da fibra.

Limitações de Uso

Uma das limitações na utilização do caroço de algodão está relacionada aos seus elevados teores de óleo na matéria seca. No entanto, respeitando-se os limites de inclusão, esse fator não tem causado problemas ao desempenho animal.

Outro limitante na utilização do caroço de algodão está relacionado à presença do gossipol. Esse composto polifenólico de cor amarela (LINDSEY et al., 1980) é produzido por glândulas de secreção interna que se apresentam como pontos de coloração marrom em todas as partes da planta (BARBOSA, 1969). O gossipol ($C_{30}H_{30}O_8$) foi sintetizado em 1958, e a sua concentração depende da espécie cultivada, da temperatura e do índice pluviométrico durante o crescimento. Essa concentração tem correlação negativa com a temperatura ambiente e positiva com o índice pluviométrico (RANDEL et al., 1992). Considerado uma toxina natural da planta, o gossipol é produzido com o intuito de fornecer proteção contra danos provocados por insetos. A sua toxidez é atribuída à molécula na sua forma livre. Todo gossipol contido no caroço de algodão integral cru está na forma livre (KERR, 1989). Existem diferenças marcantes de susceptibilidade ao gossipol entre as diferentes espécies. Ruminantes são os mais resistentes, enquanto suínos e aves não podem ingerir maiores quantidades de caroço ou farelo de algodão sem desenvolver os sinais de toxidez (COPPOCK et al., 1987). A maior tolerância dos ruminantes à ingestão do gossipol se deve a ligação deste com o grupo ϵ amino da lisina de proteínas solúveis no rúmen (REISER; FU, 1962).

Acreditava-se que a capacidade de detoxificação do gossipol no rúmen era maior que a capacidade de ingestão, desse modo o caroço e o farelo poderiam ser ingeridos sem restrições em quantidade. Porém,

foi demonstrado por Hawkins et al. (1985) que a ingestão de 24 g por dia ou mais de gossipol ultrapassa o poder ligante das proteínas (grupo ϵ amino da lisina) no rúmen. Essa quantidade de gossipol é ingerida, segundo os autores, quando forem incluídas na dieta dos animais altas porcentagens de caroço ou de farelo de algodão.

Gossipol e reprodução

Em relação à reprodução dos animais, o gossipol pode afetar negativamente a fertilidade tanto do macho quanto da fêmea, comprometendo principalmente a qualidade do espermatozóide e do embrião. Nessas células, o gossipol adere-se a porção lipídica das membranas (REYES et al., 1984) e compromete os mecanismos de geração de energia (ABOU-DONIA; DIECKERT, 1974). Ainda, a diminuição do transporte aniônico e de glicose, além do aumento da produção de radicais livres, tem sido relacionado ao gossipol (REYES et al., 1984).

Nos touros alimentados com altos níveis de gossipol livre, a função reprodutiva é comprometida pela diminuição na produção total dos espermatozoides, um aumento no número de espermatozoides anormais (CHENOWETH et al., 1994) e, também, por um atraso no desenvolvimento do aparelho reprodutivo de touros jovens (CHASE JR. et al., 1994). De acordo com Hassan et al. (2004), touros jovens alimentados durante 56 dias consecutivos, com 8 mg de gossipol livre em um quilograma de ração base por dia, apresentaram aumento nas anormalidades primárias (mais graves) e secundárias (menos graves) dos espermatozoides em relação aos animais controle. As principais patologias espermáticas encontradas nesse estudo foram: gota citoplasmática proximal; cauda fortemente dobrada e enrolada; cabeças isoladas; cauda simplesmente dobrada ou enrolada na porção terminal.

As patologias denominadas de cabeça piriforme e gota citoplasmática distal não se apresentaram de forma diferencial ao controle. No entanto, segundo Oko e Hrudka (1982), a aplasia do anel mitocondrial é considerada a patologia patognomônica para a espermatotoxicidade do gossipol, permitindo diferenciar de outros casos de lesões do axonema.

Outros estudos relatam também a ocorrência de alteração na motilidade espermática quando os touros são alimentados com o caroço de algodão (CHASE JR. et al., 1994). **Os efeitos deletérios do gossipol no espermograma podem ser revertidos mantendo os touros com alimentação sem caroço de algodão por um período acima de 28 dias consecutivos (HASSAN et al., 2004).**

Nas vacas leiteiras em lactação, o aumento do gossipol plasmático afeta negativamente a fertilidade (SANTOS et al., 2003) e a qualidade do embrião in vivo (GALVÃO et al., 2006) e in vitro (BROCAS et al., 1997; HERNÁNDEZ-CERÓN et al., 2005). Segundo Villaseñor et al. (2003), novilhas recebendo doses elevadas de gossipol apresentaram embriões com menos células quando coletados após 5 dias da inseminação artificial. O período de desenvolvimento embrionário mais crítico ao gossipol parece ser nas primeiras 24 horas após a inseminação artificial (HERNÁNDEZ-CERÓN et al., 2005).

Em novilhas superovuladas que consumiram 12 g/dia de gossipol livre, foi observado uma produção de embriões de menor qualidade, resultando em redução da taxa de prenhez quando os embriões foram transferidos para vacas em lactação não alimentadas com gossipol (GALVÃO et al., 2006). Já Gray et al. (1993) não observaram alterações na taxa prenhez de novilhas de corte alimentadas com caroço de algodão. Velásquez-Pereira et al. (2002) também não observaram efeito adverso do gossipol sobre o desenvolvimento embrionário em novilhas superovuladas.

As diferenças nos resultados do efeito do gossipol sobre a fertilidade da fêmea bovina podem estar associadas com a disponibilidade do gossipol para absorção e conseqüente mudança nas concentrações plasmáticas e teciduais de gossipol (GALVÃO et al., 2006). Isso pode ser justificado pelo fato do gossipol livre ser detoxificado no rúmen, apresentando pouco ou nenhum impacto nas concentrações de gossipol no plasma sanguíneo (MENA et al., 2001).

Em experimentos *in vitro*, foi demonstrado que a adição de gossipol ao meio de cultura não afetou a maturação do ovócito e nem a taxa de clivagem, porém afetou o desenvolvimento embrionário quando o gossipol foi adicionado diretamente nos embriões (BROCAS et al., 1997). Segundo Hernández-Cerón et al. (2005), o estágio embrionário de uma célula é a fase sensível ao gossipol, sendo o feito negativo reversível se o gossipol for removido.

O efeito do gossipol sobre a fertilidade de vacas apresenta resultados diversos. Dessa forma, para se evitar possíveis problemas reprodutivos é importante respeitar as recomendações de fornecimento.

Alguns tratamentos apresentam potencial para reduzir as concentrações de gossipol livre, como por exemplo, a inativação produzida pelo complexo estável formado entre ferro e gossipol, por meio da utilização de sulfato ferroso e a peletização do caroço de algodão, usando pressão de vapor (BARRAZA et al., 1991). O calor reduz o gossipol livre (autoclavagem a 121 °C e 1,1 kg/cm²). Porém, a disponibilidade da lisina é reduzida drasticamente após 60 minutos de autoclavagem.

Utilização

Por causa do alto conteúdo de gordura, o caroço de algodão é uma boa opção para ser incluído em dietas de bovinos criados em regiões que possuem elevadas temperaturas. Esse fato ocorre em decorrência do valor mais baixo de incremento calórico, que são características inerentes dos lipídeos. Entretanto, dietas com altos teores de gordura podem comprometer a atividade de microrganismos ruminais, a digestão e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes para o animal.

Bovinos leiteiros

Efeitos sobre o consumo e produção de leite

Estudos realizados por Wilks et al. (1991) demonstraram redução na digestibilidade da fibra e menor disponibilidade de alguns minerais. Porém, Smith et al. (1981) – em experimento com vacas holandesas

usando dietas que continham 0 %, 5 %, 15 % e 25 % de caroço de algodão, com 20 % a 24 % de extrato etéreo na MS – não observaram efeitos negativos na digestibilidade da fibra e na disponibilidade de minerais. Isso pode ser explicado pela liberação lenta da gordura proveniente do caroço, o que permite a atuação dos microrganismos ruminais em sua hidrogenação e reduz o efeito inibidor da gordura sobre a digestibilidade da fibra (COPPOCK; WILKS, 1991). Também como consequência do processo de biohidrogenação da gordura no rúmen, dietas com caroço de algodão podem reduzir de maneira significativa a emissão de metano. Medições diretas realizadas em ovinos alimentados com 25 % de caroço de algodão na matéria seca (MS) da dieta (em nível de manutenção) e 15 % da MS da dieta de vacas leiteiras revelaram uma diminuição na emissão de metano de 12 % a 14 % (HOLTER et al., 1992; ARIELI, 1998).

O efeito do caroço de algodão sobre a ingestão de matéria seca é um importante fato a ser analisado. Coppock et al. (1987) mostraram que a inclusão de até 25 % desse alimento na dieta não interfere na ingestão de matéria seca de vacas de leite. Entretanto, quando a inclusão do caroço de algodão ultrapassou os 30 % do total da dieta, foi observada uma redução linear no consumo de matéria seca por unidade de peso corporal e metabólico. Todavia, só houve redução no consumo de energia quando os níveis de inclusão superaram 50 % do total da dieta.

Em ensaio realizado por Melo et al. (2006), avaliou-se o efeito da inclusão do caroço de algodão em dietas à base de palma forrageira e silagem de sorgo sobre o desempenho de vacas holandesas em lactação. As dietas experimentais foram constituídas pela inclusão do caroço em 0 %; 6,25 %; 12,5 %; 18,75 % e; 25 % da matéria seca, conforme demonstrado na Tabela 3. A inclusão do caroço de algodão nas dietas ocasionou um aumento linear no consumo de matéria seca (CMS), na proporção de 0,11 kg por dia, para cada unidade percentual de inclusão do caroço. Esse fato teve, como consequência, um aumento linear ($P < 0,01$) nas produções de leite corrigido para o teor de gordura (PLCG) e de gordura do leite (PGL). Isso pode ser

justificado pelo maior aporte de nutrientes, principalmente de gordura, que apresenta um menor incremento calórico. Os aumentos na PLCG e PGL foram de 0,20 kg e 0,01 kg por dia para cada unidade porcentual de inclusão do caroço de algodão na dieta, o que representou um aumento de 0,75 % e 1,15 % a mais de PLCG e PGL, respectivamente. Concluiu-se que a inclusão de caroço de algodão até 25 % da matéria seca da dieta em substituição à silagem de sorgo e ao farelo de soja, em dieta à base de palma forrageira, para vacas holandesas em lactação, melhora o desempenho animal.

Tabela 3. Composição alimentar das dietas e desempenho produtivo de vacas holandesas alimentadas com palma forrageira acrescida de níveis crescentes de caroço de algodão.

Ingrediente	Conteúdo de caroço de algodão (%)				
	0	6,25	12,5	18,75	25
	Porcentagem da matéria seca da dieta				
Palma forrageira	28,92	29,46	29,21	28,74	29,29
Silagem de sorgo	27,27	23,68	19,54	15,84	12,13
Caroço de algodão	0,00	6,25	12,72	19,39	25,43
Farelo de soja	23,88	20,90	18,66	16,08	13,27
Fubá de milho	18,91	18,70	18,86	18,93	18,58
Mistura mineral	1,02	1,01	1,02	1,02	1,01
	Produção				
PLCG (kg/dia) ¹	26,70	28,12	30,22	30,74	31,68
PGL (kg/dia) ²	0,86	0,93	1,03	1,02	1,09

^{1,2} Probabilidade $P < 0,01$, Linear.

Fonte: Adaptado de Melo et al. (2006).

Efeitos sobre a composição do leite

Com relação à composição do leite de animais alimentando-se de caroço de algodão, o efeito mais consistente observado é o aumento de 0,2 a 0,3 unidade no teor de gordura. Horner et al. (1988) demonstraram que, em dietas contendo caroço de algodão, a

concentração de acetato é aumentada de 15 % a 30 %. Esse efeito pode ser explicado pela fermentação da fibra do algodão, que é de alta digestibilidade e produz ácido acético, disponível para a síntese da gordura do leite. Além disso, a adição da amêndoa permite uma redução no conteúdo de amido, com aumento no conteúdo de fibra, sem que haja redução na densidade energética da dieta.

O caroço de algodão com línter se estratifica melhor pelo rúmen, estimula a mastigação e a ruminação e contribui para o tamponamento, garantindo uma fermentação adequada (COPPOCK et al., 1987). Outro efeito verificado por alguns autores em trabalhos avaliando a inclusão do caroço de algodão e outras fontes de gordura na dieta é uma redução na porcentagem de proteína do leite.

Wu et al. (1994) compararam a produção de leite entre os grupos controlados e suplementados com caroço de algodão. A produção de proteína (1,06 kg/dia x 1,01 kg/dia) foi semelhante, mas a porcentagem de proteína do leite (3,20 % x 3,03 %) foi menor. O mesmo foi observado por Bertrand et al. (1998), que encontraram reduções na proteína de 0,3 unidade percentual. A utilização de gordura suplementar diminui a síntese de proteína do leite pela redução do número de receptores de membranas celulares para insulina – hormônio responsável por estimular o transporte de aminoácidos para dentro da glândula mamária. Aliado a isso, à medida que o caroço de algodão é incluído nas dietas, há uma substituição direta dos grãos, resultando em menos precursores de glicose e uma redução da insulina sanguínea (PALMQUIST; MOSER, 1981). No entanto, alguns trabalhos não têm demonstrado esse efeito.

Villela et al. (1996) não encontraram diferenças significativas entre quatro níveis de inclusão de caroço de algodão (0 %, 10 %, 20 % e 30 %) em dietas contendo silagem de milho e 1 kg de concentrado para cada 2,5 kg de leite produzido. Sklan et al. (1992) também encontraram porcentagens semelhantes nos teores de proteína (2,97 % x 2,96 %) quando avaliaram a substituição de concentrados por caroço de algodão na dieta de vacas leiteiras.

Bovinos de corte

Efeitos sobre o ganho de peso e características da carcaça

O caroço de algodão também é utilizado com frequência em dietas para bovinos de corte. Ele é fornecido como ingrediente de suplementos múltiplos (misturas múltiplas) concentrados, como suplemento único ou misturado a dietas completas. Huback et al. (2005) avaliaram o efeito de diferentes fontes de proteína sobre o desempenho produtivo de novilhos mestiços em pastagens de *Brachiaria decumbens*, durante os períodos de transição águas-seca e seca. Os animais apresentavam peso inicial médio de 217 kg e idade de 12 meses. Os suplementos foram caroço de algodão, farelo de glúten de milho (FGM), grão de milho e soja triturados (GSM), milho e uréia, ambos fornecidos na quantidade de 1,0 kg por animal por dia.

O ganho médio proporcionado pelo tratamento com caroço de algodão foi de 514 g por animal por dia, não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, apesar de os maiores valores numéricos terem sido observados para os tratamentos FGM (704 g/dia) e GSM (68 g/dia). Esses autores concluíram que, na recria de novilhos em pastejo, quando se almeja ganhos de peso médio diário (GMD) entre 500 g/dia a 600 g/dia, dependendo da disponibilidade e preço de mercado, qualquer uma das fontes protéicas podem ser utilizadas.

Ganhos similares foram obtidos em ensaio realizado por Moraes et al. (2002). Nesse trabalho, duas fontes protéicas foram associadas a duas fontes energéticas em suplementos múltiplos (Tabela 4) fornecidos para novilhos mestiços, mantidos (280 kg peso médio) em pastagem de *Brachiaria brizantha* no período da seca. A suplementação de 2 kg/animal/dia proporcionou ganhos de peso de 0,589 kg/animal/dia; 0,530 kg/animal/dia; 0,620 kg/animal/dia e 0,606 kg/animal/dia para os suplementos contendo soja grão/farelo de trigo; soja grão/farelo de arroz; caroço de algodão/farelo de trigo e caroço de algodão/farelo de arroz, respectivamente. Uma vez que não foram observadas diferenças ($P > 0,10$) entre o ganho de peso médio diário dos animais suplementados, concluiu-se que a escolha por uma das fontes protéicas

ou energéticas estudadas dependerá, preponderantemente, do preço e da disponibilidade de mercado.

Tabela 4. Composição alimentar na matéria natural e composição química com base na matéria seca de suplementos múltiplos formados por associações entre duas fontes proteicas e duas fontes energéticas de alimentos.

Itens	Tratamentos				<i>B. brizantha</i> ^f
	SG/FT ^b	SG/FA ^c	CA/FT ^d	CA/FA ^e	
Ingredientes (%)					
Mistura mineral ^a	1,50	1,50	1,50	1,50	
Uréia/sulfato de amônia (9:1)	2,00	2,00	2,00	2,00	
Soja grão inteiro	3,55	12,00	-	-	
Caroço de algodão inteiro	-	-	10,67	30,45	
Farelo de arroz	-	84,50		66,05	
Farelo de trigo	92,95	-	85,83	-	
Composição química (%)					
MS	87,89	89,94	87,85	89,63	49,70
PB	21,58	21,86	21,77	22,35	6,26
Extrato etéreo – EE	4,22	17,60	4,90	16,50	1,28
Carboidratos totais – CHOT	66,09	50,98	65,37	52,25	84,66
FDN	42,52	38,70	43,23	39,81	70,14
Carboidratos não fibrosos -CNF	23,57	12,28	22,14	12,44	14,52

^a Composição: sal comum (NaCl) 80 %; flúor de enxofre 15,5 %; sulfato de zinco 3,5 %; sulfato de cobre 0,945 %; sulfato de cobalto 0,025 %; iodato de potássio 0,03 %.

^b SG/FT – Suplemento contendo soja grão inteiro e farelo de trigo.

^c SG/FA – Suplemento contendo soja grão inteiro e farelo de arroz.

^d CA/FT – Suplemento contendo caroço de algodão inteiro e farelo de trigo.

^e CA/FA – Suplemento contendo caroço de algodão inteiro e farelo de arroz.

^f Amostra obtida via simulação manual de pastejo.

Fonte: Adaptado de Moraes et al. (2002).

Para novilhos da raça Canchim, mantidos em confinamento com dieta à base de silagem de milho ad libitum e mistura concentrada na proporção de 1 % do peso vivo, foram verificados GMD superiores a 1 kg (MOLETTA, 1999). Nesse ensaio, avaliou-se o efeito da inclusão

de caroço de algodão ou grão de soja como fonte protéico/energética em concentrados, com a seguinte composição: T1 = 69 % de grão de milho moído + 20 % de grão de soja moído + 10 % de farelo de soja + 1 % de sal mineralizado; T2 = 61 % de grão de milho moído + 20 % de caroço de algodão + 18 % de farelo de soja + 1 % de sal mineralizado. Conforme observado na Tabela 5, não foram verificados efeitos da fonte de concentrado sobre o consumo de matéria seca, conversão alimentar, características de carcaça e desempenho no confinamento ($P > 0,05$).

Tabela 5. Desempenho no confinamento de bovinos alimentados com soja grão ou caroço de algodão.

	Grão de soja	Caroço de algodão	P > F
Peso inicial (kg)	240,33	250,30	0,421
Peso final (kg)	472,44	490,10	0,457
Consumo concentrado (kg/animal/dia)	3,25	3,34	0,066
Consumo silagem (kg/animal/dia)	12,39	12,90	0,282
Consumo dieta total em matéria seca (kg/animal/dia)	6,7	6,93	0,167
Ganho médio diário (kg)	1,083	1,111	0,619
Conversão alimentar	6,69	6,78	0,776

Fonte: Moletta (1999).

Diversos fatores podem influenciar o desempenho de animais alimentados com caroço de algodão. Entre eles, observa-se que a quantidade, a forma de fornecimento e a qualidade do caroço de algodão, bem como, a qualidade e a quantidade da base volumosa são os mais evidentes. No entanto, há de se destacar que o efeito proveniente da associação do caroço de algodão com demais ingredientes em suplementos múltiplos, concentrados ou na dieta total, também pode ser responsável por respostas animais diferenciadas.

O efeito associativo entre alimentos fornecidos em concentrados foi destacado por El-Memari Neto et al. (2002). De acordo com esses autores, a suplementação de concentrados compostos pela mistura de alimentos com alto teor de amido (milho) e alto teor de óleo (caroço

de algodão) promoveram uma melhor dinâmica de degradação ruminal, bem como, de absorção intestinal. Essa melhor distribuição nutricional, por sítio de digestão e absorção, proporcionou maiores ganhos de peso ($P < 0,05$) em animais nelore (370 kg) em pastejo de *B. brizantha* cv. Marandu, suplementados de julho a novembro, nos níveis de 0,7 % e 1,4 % do peso vivo. Os suplementos concentrados oferecidos foram caracterizados como: rico em amido, rico em óleo e misto de amido e óleo, conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6. Composição alimentar e química de concentrados rico em amido (AMI), rico em óleo (OLE) e misto de amido e óleo (A + O) e desempenho de novilhos nelores suplementados com dois níveis de oferta desses suplementos.

Ingrediente (%)	AMI	OLE	A + O
	Composição do suplemento (%)		
Caroço de algodão	0	39,00	20,00
Casca de soja	0	41,50	17,5
Farelo de trigo	2,5	10,50	8,8
Farelo de algodão	17,4	8,5	13,50
Milho	78,0	0,00	39,00
Uréia + S	2,1	0,5	1,2
Composição química (%)			
MS	85,17	84,06	84,95
NDT	74,67	68,15	72,61
PB	23,38	25,31	25,08
FDN	17,23	41,77	28,14
Amido	61,00	2,62	31,26
EE	2,03	10,32	6,55
Nível de oferta			
Ganho de peso médio diário (kg/animal/dia) ¹			
0,7 % do peso vivo	0,438 ^B	0,457 ^B	0,573 ^A
1,4 % do peso vivo	0,576 ^B	0,611 ^B	0,716 ^A

¹Médias na linha, seguidas de letras diferentes, são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

De acordo com Cranston et al. (2006), o caroço de algodão e os produtos derivados de seu processamento podem substituir alimentos comumente utilizados em dietas de bovinos de corte em terminação sem ocasionar efeitos adversos sobre o desempenho animal e características de carcaça.

Armazenamento

Outro aspecto que pode limitar a utilização do caroço de algodão é a sua contaminação por fungos, sendo a espécie primária *Aspergillus flavus* responsável pela produção da aflatoxina. Essa contaminação pode ocorrer em qualquer momento da produção, do transporte, da estocagem ou da utilização. No alimento estocado, os fatores responsáveis ou predisponentes incluem integridade do grão, temperatura ambiente, disponibilidade de oxigênio e dióxido de carbono, composição e umidade dos caroços (MARQUADT, 1996).

Para minimizar as perdas em decorrência dessa contaminação, é aconselhável estocar o alimento com menos de 10 % de umidade, em local inclinado, com piso cimentado, protegido da chuva e se possível, com ventilação forçada (PRICE et al., 1985), de preferência ensacado. A amoniação do caroço de algodão também pode contribuir para redução da contaminação do caroço, à medida que reduz a concentração de aflatoxina (COPPOCK et al., 1987).

Conclusões

O caroço de algodão caracteriza-se como um subproduto de excelente valor nutricional para ruminantes, podendo ser utilizado com sucesso na alimentação de bovinos. A sua incorporação nas dietas desses animais pode proporcionar bons ganhos em produtividade. Para que isso aconteça, as recomendações de inclusão na dieta e cuidados no armazenamento devem ser respeitadas.

Referências

- ABOU-DONIA, M. B.; DIECKERT, J. W. Gossypol: uncoupling of respiratory chain and oxidative phosphorylation. **Life Science**, v. 63, p.1955-1963, 1974.
- ANDERSON, M. J.; ADAMS, D. C.; LAMB, R. C.; WALTERS, J. L. Feeding whole cottonseed to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 62, n. 7, p. 1098-1103, 1979.
- ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 72, p. 97-110, 1998.

BARBOSA, C. Toxidez do gossipol em várias espécies animais e sua influência sobre a utilização do farelo de algodão nas rações. **Zootecnia**, Nova Odessa, v. 7, n. 2, p. 39-54, 1969.

BARRAZA, M. L.; COPPOCK, C. E.; BROOKS, K. N.; WILKS, D. L.; SAUNDERS, R. G.; LATIMER JR., G. W. Iron sulfate and feed pelleting to detoxify free gossypol in cottonseed diets for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3457-3467, 1991.

BERTRAND, J. A.; PARDUE, F. E.; JENKINS, T. C. Effect of ruminally protected amino acids on milk yield and composition of Jersey cows fed whole cottonseed. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, n. 8, p. 2215-2220, 1998.

BERTRAND, J. A.; SUDDUTH, T. Q.; CONDON, A.; JENKINS, T. C.; CALHOUN, M. C. Nutrient content of whole cottonseed. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, p. 1470-1477, 2005.

BROCAS, C.; RIVERA, R. M.; PAULA-LOPES, F. F.; MCDPWELL, L. R.; CALHOUN, M. C.; STAPLES, C. R.; WILKINSON, N. S.; BONING, A. J.; CHENOWETH, P. J.; HANSEN, P. J. Deleterious actions of gossypol on bovine spermatozoa, oocytes and embryos. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 57, p. 901-907, 1997.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. (Coord.). **Cadeia produtiva do algodão**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: IICA, 2007. 108 p. (MAPA. Agronegócios, v. 4).

CHASE JR., C. C.; BASTIDAS, P.; RUTTLE, J. L.; LONG, C. R.; RANDEL, R. D. Growth and reproductive development in Brahman bulls fed diets containing gossypol. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 2, p. 445-452, 1994.

CHENOWETH, P.J.; RISCO, C. A.; LARSEN, R. E.; VELEZ, J.; TRAN, T.; CHASE JR., C. C. Effects of dietary gossypol on aspects of semen quality, sperm morphology and sperm production in young Brahman bulls. **Theriogenology**, New York, v. 42, p. 1-13, 1994.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira** – Grãos: safra 2008/2009: quinto levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/5_levantamento_fev2009.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2009.

COPPOCK, C. E.; LANHAM, J. K.; HORNER, J. L. A review of nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal, and associated by

products by Dairy cattle. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 18, p. 89-129, 1987.

COPPOCK, C. E.; WILKS, D. L. Supplemental fat in high-energy ratios for lactating cows: effect on intake, milk yield and composition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 9, p. 3826-3837, 1991.

COPPOCK, C. E.; MOYA, J. R.; WEST, J. W.; NAVE, D. H.; LABORE, J. M. Effect of lint on whole cottonseed passage and digestibility and diet choice on intake of whole cottonseed by Holstein Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 5, p. 1198-1206, 1985.

CRANSTON, J. J.; RIVERA, J. D.; GALYEAN, M. L.; BRASHEARS, M. M.; BROOKS, J. C.; MARKHAM, C. E.; MCBETH, L. J.; KREHBIEL, C. R. Effects of feeding cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 2186-2199, 2006.

EL-MEMARI NETO, A. C.; KAZAMA, R.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; CECATO, U.; ANTUNES JÚNIOR, D. P. S. Suplementação de novilhos nelore em pastejo de *Brachiária brizantha* com diferentes níveis e fontes de concentrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais... Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.**

GALVÃO, K. N.; SANTOS, J. E. P.; COSCIONI, A. C.; JUCHEM, R. C.; CHEBEL, W. M. S.; VILLASENOR, M. Embryo survival from gossypol-fed heifers after transfer to lacting cows treated with human chorionic gonadotropin. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, p. 2056-2064, 2006.

GRAY, M. L.; GREENE, L. W.; WILLIAMS, G. L. Effects of dietary gossypol consumption on metabolic homeostasis and reproductive endocrine function in beef heifers and cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 3052-3059, 1993.

HASSAN, M. E.; SMITH, G. W.; OTT, R. S. Reversibility of the reproductive toxicity of gossypol in peripubertal bulls. **Theriogenology**, New York, v. 61, p. 1171-1179, 2004.

HARVATINE, D. I.; WINKLER, J. E.; DEVANT-GUILLE, M.; FIRKINS, J. L.; ST-PIERRE, N. R.; OLDICK, B. S.; EASTRIDGE, M. L. Whole linted cottonseed as a forage substitute: fiber effectiveness and digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 8, p. 1988-1999, 2002.

- HAWKINS, G. E.; CUMMINS, K. A.; SILVEIRO, M.; JILEK, J. J. Physiological effects of whole cottonseed in the diet of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, n. 10, p. 2608-2614, 1985.
- HERNÁNDEZ-CERÓN, J.; JOUSAN, F. D.; SOTO, P.; HANSEN, P. J. Timing of inhibitory actions of gossypol on cultured bovine embryos. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, p. 922-928, 2005.
- HORNER, J. L.; COPPOCK, C. E.; MOYA, J. R. Effects of whole cottonseed on ruminal fermentation, protein degradability, milk yield and composition and responses of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 5, p. 1239-1247, 1988.
- HOLTER, J. B.; HAYES, H. H.; URBAN JR., W. E.; DUTHIE, A. H. Energy balance and lactation response in Holstein cows supplemented with cottonseed with or without calcium soap. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 6, p. 1480-1494, 1992.
- HUBACK, J. F.; SALES, F. L.; PAULINO, M. F. Fontes de proteína em suplementos para recria de bovinos mestiços em pastagem de *Brachiaria decumbens* durante os períodos de transição águas-seca e seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2005. 1 CD-ROM.
- KERR, L. A. Gossypol toxicoses in cattle. **Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinary**, v. 15, n. 9, p. 1139-1146, 1989.
- LANHAM, J. K.; COPPOCK, C. E.; BROOKS, K. N.; WILKS, D. L.; HORNER, J. L. Effect of whole cottonseed or niacin or both on casein synthesis by lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, p. 184-192, 1992.
- LINDSEY, T. O.; HAWKINS, G. E.; GUTHRIE, L. D. Physiological responses of lactating dairy cows to gossypol from cottonseed meal rations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, n. 4, p. 562-572, 1980.
- MARQUADT, R. R. Effects of molds and their toxins on livestock performance: a western Canadian perspective. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, n. 58, p. 77-89, 1996.
- MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A. F.; VÉRAS, A. S. C.; LIRA, M. de A.; LIMA, L. E. de; PESSOA, R. A. S.; BISPO, S. V.; CABRAL, A. M. D.; AZEVEDO, M. de. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1165-1171, 2006.

- MENA, H.; SANTOS, J. E. P.; HUBER, J. T.; SIMAS, J. M.; TARAZON, M.; CALHOUN, M. C. The effects of feeding varying amounts of gossypol from whole cottonseed and cottonseed meal in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, p. 2231-2239, 2001.
- MOLETA, J. L. Utilização de soja grão ou caroço de algodão na terminação de bovinos de corte em confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. NUR-144.
- MORAES, E. H. B. K. de; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. de C.; ZERVOUDAKIS, J. T.; DETMANN, E.; MORAES, K. A. K. de; LOPES, A. M. Associação de proteína e energia em suplementos múltiplos para recria de novilhos no período da seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6. ed. Washington, DC: National Academy of Press, 1989. 157 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7. ed. rev. Washington, DC: National Academy of Press, 2001. 408 p.
- OKO, R.; HRUDKA, F. Segmental aplasia of the mitochondrial sheath and sequelae induced by gossypol in rat spermatozoa. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 26, p. 183-195, 1982.
- PALMIQUIST, D. L.; MOSER, E. A. Dietary fat effects on blood insulin glucose utilization and milk protein content of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 64, n. 8, p. 1664-1670, 1981.
- PASSOS, S. M. G. **Algodão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1977. 421 p.
- PRICE, R. L.; PAULSON, J. H.; LOUGH, O. G.; GINNG, C.; KURTZ, A. G. Aflatoxin conversion by dairy cattle consuming naturally contaminated whole cottonseed. **Journal of Food Protection**, v. 48, n. 1, p. 11-15, 1985.
- RANDEL, R. D.; CHASE, C. C.; WYSE, S. J. Effects of gossypol and cottonseed products on reproduction of mammals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 5, p. 1628-1638, 1992.
- REISER, R.; FU, H. C. The mechanism of gossypol detoxification by ruminant animals. **Journal of Nutrition**, v. 76, p. 215-218, 1962.

REYES, J.; ALLEN, J.; TANPHAICHITR, N.; BELVE, A. R.; BENOS, D. J. Molecular mechanisms of gossypol action on lipid membranes. **Journal of Biological Chemistry**, v. 259, p. 9607-9615, 1984.

RODRIGUEZ, N. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação de ruminantes. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Lagoa Santa: Gráfica e Editora CEM, 2005. p. 65-91.

SANTOS, J. E. P.; VILLASEÑOR, M.; ROBINSON, P. H.; DEPETERS, E. J.; HOLMBERG, C. A. Type of cottonseed and level of gossypol in diets of lactating dairy cows: Plasma gossypol, health, and reproductive performance. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 892-905, 2003.

SILVA, F. F. **O caroço de algodão na alimentação de vacas de leite**. Belo Horizonte: UFMG, 1995.

SKLAN, R. A.; BRAUN, A.; DEVORIN, A.; TABORI, K. **Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows**. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 75, n. 9, p. 2463-2472, 1992.

SMITH, N. E.; COLLAR, L. S.; BATH, D. L.; DUNKLEY, W. L.; FRANKE, A. A. Digestibility and effects of whole cottonseed fed to lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 64, n. 11, p. 2209-2215, 1981.

SOUZA, O.; SILVA, I. E. Resíduos e subprodutos agroindustriais. **Revista Veterinária In Foco**, Aracaju, v. 4, n. 2, p. 17-23, 2002.

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPPELLE, E. R. (Ed.). **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: UFV, 2006. 329 p.

VELASQUEZ-PEREIRA, J.; ARÉCHIGA, C. F.; MCDOWELL, L. R. P.; HANSEN, P. J.; CHENOWETH, P. J.; CALHOUN, M. C.; RISCO, C. A.; BATRA, T. R.; WILLIAMS, S. N.; WILKINSON, N. S. Effects of gossypol from cottonseed meal and dietary vitamin E on the reproductive characteristics of superovulated beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 2485-2492, 2002.

VILLELA, S. D. J.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I.; CECON, P. R.; PEREIRA, J. C. Caroço de algodão para vacas leiteiras I. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 298-308, 1996.

VILLASEÑOR, M.; COSCIONI, A. C.; GALVÃO, K. N.; JUCHEM, S. O.; SANTOS, J. E. P.; PUSCHNER, B. Effect of gossypol intake on plasma and uterine gossypol concentrations and on embryo development and viability in vivo and in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 240, 2003. Supplement 1.

WILKS, D. L.; COPPOCK, C. E.; BROOKS, K. N. Effects of differences in starch content of with whole cottonseed or bran on milk casein. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 4, p. 1314-1320. 1991.

WU, Z.; HUBER, J. T.; CHAN, S. C.; SIMAS, J. M.; CHEN, K. H.; VARELA, J. G.; SANTOS, F.; FONTES JÚNIOR, C.; YU, P. Effect of source and amount of supplemental fat on lactation and digestion in cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 6, p. 1644-1651, 1994.

Byproducts in Cattle Feeding: whole cottonseed

Abstract

The use of agroindustrial by-products for livestock feeding is an old and very common practice. Most co-products used for this purpose is resulting from the food and textile processing industries. Whole cottonseed is one of the most popular co-products used in livestock feeding, especially for dairy and beef cattle. Whole cottonseed presents high levels of energy (oil), protein and fiber of good quality. Several factors can influence the performance of animals fed with this by-product. Among them, the amount, form of delivery and the quality of the whole cottonseed. One of the whole cottonseeds limitations is related to its high levels of oil in the dry matter. Diets with high levels of fat may compromise the activity of the rumen microorganisms, and consequently the feed digestion and thus the availability of nutrients to the animal. Another limitation is related to the presence of gossypol. Gossypol may negatively affect the fertility of both male and female, mainly compromising the quality of sperm and the embryo. The use of whole cottonseed in bovine's diets may provide good productivity levels. So that, limits of inclusion in the diet and care in storage must be respected.

Index terms: dairy cattle, beef cattle, protein supplement, livestock feeding.