

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

COMPOSTOS SECUNDÁRIOS EM CO-PRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

MARIANE MORENO FERRO¹, DAIANE CAROLINE DE MOURA¹,
LUIZ JULIANO VALERIO GERON²

Recebido em 03.09.2013 e aceito em 28.05.2014.

¹Discente Programa de Pós Graduação em Ciência Animal Universidade Federal de Mato Grosso. Campus Cuiabá. Rua Trinta, 196, apart. 03, Boa Esperança. Cuiabá-MT, CEP 78068-420. mmf_zootecnia@yahoo.com.br, daiane_caroline@zootecnista.com.br; ²Doutor em Zootecnia, Prof. Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) Campus de Pontes e Lacerda. lgeron@unemat.br

RESUMO: A utilização de co-produtos agroindustriais vem se tornando uma grande alternativa de alimentos para serem incorporados em dietas de ruminantes. Devido a diminuição das áreas de pastagem para o plantio de oleaginosas e cereais. No entanto, se faz de extrema necessidade o conhecimento de sua composição quanto à presença de fatores antinutricionais, para que sejam evitados transtornos econômicos, uma vez que, são gerados pelos diferentes processamentos utilizados pela agroindústria com pouca padronização de qualidade. Objetivou-se com esta revisão de literatura apresentar os principais compostos secundários presentes nos co-produtos agroindustriais e suas implicações na nutrição de ruminantes.

Palavras-chave: compostos tóxicos, fatores antinutricionais, ruminantes

SECONDARY COMPOUNDS IN AGROINDUSTRIAL BYPRODUCTS

The use of agro-industrial byproducts has become a great alternative food for incorporation into ruminant diets. Due to reduction in grazing areas for planting oilseeds and cereals. However, becomes of extreme need the knowledge of their composition as to the presence of antinutritional factors, for economic disturbance are avoided, since they are generated by different processes used for the agro-industry with low quality standardization. The objective of this literature review was to present the main secondary compounds present in agroindustrial byproducts and their implications in ruminant nutrition.

Key words: toxic compounds, antinutritional factors, ruminant

INTRODUÇÃO

A incorporação dos co-produtos agroindustriais como fontes de nutrientes em dietas de animais de produção vem se tornando uma alternativa diante da necessidade de incorporação de novos alimentos na cadeia produtiva de carne e leite. A incorporação dessas fontes alternativas de nutrientes passa a ser vantajosa na exploração animal, principalmente de ruminantes, os quais possuem capacidade de

aproveitar resíduos vegetais pela ação de microrganismos do rúmen, onde ocorre a fermentação da matéria prima bruta consumida e a síntese de nutrientes assimiláveis pelo organismo (Souza, 2010).

Magalhães (2005) apontou algumas vantagens na utilização de co-produtos agroindustriais na alimentação animal como, o aumento na oferta de ingredientes tradicionalmente utilizados nas rações de não ruminantes (grão de milho e farelo de soja),

possibilidade de negociação de preços com consequente otimização dos custos, uma vez que não são *commodities* comercializados no mercado internacional além da contribuição com a redução da poluição ambiental, devido há não existência de uma destinação definida para esses resíduos agroindustriais.

A produção industrial e agroindustrial planejada e com menor geração de resíduos (co-produtos) abre espaço para a convergência entre os interesses de conservação ambiental, de desenvolvimento econômico e de melhoria do ambiente de trabalho (Geron et al., 2010).

Além disso, o planejamento e a devida destinação dos co-produtos agroindustriais permite criar novas oportunidades para o estabelecimento de parcerias e de soluções criativas entre a indústria e a pecuária, que implicam na redução do potencial de surgimento de novos passivos ambientais (co-produtos agroindustriais) nos pátios das indústrias e significa também melhorar a eficiência empresarial e aumentar a competitividade em um mercado globalizado (Geron et al., 2012).

Segundo Abdalla et al. (2008), a utilização de oleaginosas para extração de óleo, na produção de biodiesel, entre outros beneficiamentos, vem gerando grandes quantidades de co-produtos da agroindústria, os quais não passam por nenhum tipo de agregação de valor devido ao desconhecimento de suas potencialidades. Somente no ano de 2008, na produção de biodiesel foram produzidos em média 3.676.566 toneladas de torta, sendo a produção de acordo com a oleaginosa de 3.261.316 toneladas de soja, 318.240 toneladas de algodão, 61.200 toneladas de dendê, 23.182 toneladas de mamona e 12.629 toneladas de girassol.

No Brasil a maioria dos co-produtos agroindustriais gerados para a extração de óleo, no beneficiamento de cereais, no processamento e industrialização de frutas, ou para obtenção de outros produtos de origem da agroindústria (etanol) são passíveis de serem utilizados na alimentação animal, porém, cada um com suas particularidades nutricionais (Abdalla et al., 2008).

Desta maneira, faz-se necessário o conhecimento da composição bromatológica dos alimentos e co-produtos, da quantidade máxima recomendada para cada ingrediente dentro da formulação e balanceamento das dietas, levando em consideração fatores como a aceitabilidade pelos animais, a praticidade de armazenamento, a presença de fatores antinutricionais, além de

outros fatores que devem ser levadas em consideração antes de sua incorporação e utilização nas dietas de animais de produção.

Fatores antinutricionais são compostos sintetizados pelos vegetais que parecem não ter função direta no seu crescimento e desenvolvimento, tais substâncias são conhecidas como metabólitos secundários, produtos secundários ou produtos naturais. Os metabólitos secundários em geral, não apresentam ação direta conhecida em processos como, fotossíntese, respiração, transporte de solutos, translocação, síntese de proteínas, assimilação de nutrientes, diferenciação ou sínteses de carboidratos, proteínas ou lipídios (Taiz & Zeiger, 2004).

Estratégias iguais a estas tiveram de ser elaboradas pelos vegetais para impedir sua total destruição em um ambiente em que os vegetais são organismos sésseis, ou seja, condição que impede sua fuga na presença de predadores. A seleção natural favoreceu, de alguma forma, em plantas que possuíam em seus tecidos rotas bioquímicas, pudessem sintetizar esses compostos (Lima Junior et al., 2010).

Metabolicamente, esses compostos não apresentam importância alguma, mas sob a ótica da co-evolução, ocorreram resultados interessantes como, os animais passaram a consumir menos ou a rejeitar os vegetais produtores de compostos secundários, maximizando o sucesso reprodutivo dessas plantas, e favorecendo a propagação das espécies (Lima Junior et al., 2010).

Diante deste contexto, objetivou-se com esta revisão apresentar os principais compostos secundários (fatores antinutricionais) presentes nos co-produtos agroindustriais e suas implicações na nutrição de ruminantes.

COMPOSTOS SECUNDÁRIOS E SEUS EFEITOS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

Atualmente, encontra-se estabelecido que os animais por terem sido expostos a componentes tóxicos das plantas durante o seu longo período de co-evolução desenvolveram numerosas estratégias bioquímicas para a desintoxicação de compostos tóxicos, denominado defesas bioquímicas, entre os quais incluem mecanismos bioquímicos e microbiológicos de desintoxicação como, enzimas hepáticas

desintoxicantes e os de outros tecidos, tais como trato gastrointestinal, fígado, os pulmões e os rins (Devappa et al., 2010).

Os animais geralmente limitam sua ingestão à plantas que contêm toxinas através de mecanismos de retro-alimentação que ligam o corpo com o paladar, ou seja a aceitabilidade de ingestão daquele alimento. Toxinas exercem efeitos adversos sobre o corpo, que através de vários nervos dão a retro-alimentação para o paladar, o que por sua vez permite animais ativarem o centro da saciedade consequentemente parando de se alimentar daquele determinado alimento. Este limiar de saciedade à toxina é específico para várias toxinas ou uma combinação de toxinas e nutrientes (Devappa et al., 2010).

Animais ruminantes possuem cerca de 30 enzimas que são ativas na presença de compostos tóxicos, que funcionam para torna-los prontamente excretáveis ou farmacologicamente menos ativos (Arcuri & Montovani, 2006). A existência de microrganismos no rúmen se torna umas das vantagens competitivas que os ruminantes possuem sob outros herbívoros, por serem capazes de neutralizar alguns compostos tóxicos presentes nos alimentos.

Makkar (1993), citado por Devappa et al. (2010), enfatizou que a relação entre a estrutura e a atividade celular são fundamentais para a compreensão dos mecanismos subjacentes as propriedades antinutricionais ou tóxicos dos compostos vegetais. Fatores antinutricionais são definidos como substâncias que por si só, ou como seus produtos metabólicos produzidos em sistemas vivos podem interferir na utilização de alimentos pelos animais, afetar a saúde e a reprodução de animais; e produzir a morte de animais quando ingerido em níveis elevados.

Entre os compostos secundários as três principais classes de metabólitos secundários: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados.

TERPENOS

Os terpenos constituem o maior grupo de produtos secundários, as diversas substâncias desta classe são em geral, insolúveis em água e sintetizados a partir da acetil-CoA ou intermediários glicolíticos (Taiz & Zeiger, 2004).

Sua biossíntese ocorre a partir de metabólitos primários por duas rotas diferentes, a rota do ácido mevalônico, onde três moléculas de

acetil-CoA são ligadas a partir de uma série de etapas da rota formando o ácido mevalônico. Esse importante intermediário de seis carbonos é então pirofosforilado, descarboxilado e desidratado para produzir isopentenil difosfato (IPP). A segunda rota, rota do metileritritol fosfato (MEP), que ocorre nos cloroplastos e outros plastídeos também pode formar o IPP a partir de intermediários da glicólise ou do ciclo de redução fotossintética do carbono. Desta maneira o isopentenil difosfato (IPP) e seu isômero, dimetilalil difosfato (DMAPP) são unidades pentacarbonadas ativas na biossíntese dos terpenos que se unem para formar moléculas maiores (Taiz & Zeiger, 2004). Desse modo, os terpenos são classificados de acordo com o número de unidades de isopreno que entraram em sua síntese (Tabela 1).

Tabela 1- Principais terpenóides encontrados nas plantas

Isoprenos	Número de Átomos de C	Nome	Exemplos ¹
1	5	Isopreno	Cadeia lateral das Cks
2	10	Monoterpeno	Piretróides e óleos essenciais
3	15	Sesquiterpeno	ABA, lactonas
4	20	Diterpeno	GAs, taxol
6	30	Triterpeno	Esteroides (BR), saponinas
8	40	Tetraterpeno	Carotenóides
N	N	Polisopreno	Borracha

¹CKs- citocininas; ABA- ácido abscísico; GAs- gibberelinas; BR- brassinoesteróides (Fonte: Taiz e Zeiger, 2004)

ÉSTERES DE FORBOL

Os ésteres de forbol são moléculas derivadas de diterpenos tetracíclicos, restritos às famílias *Euphorbiaceae* e *Thymelaceae*, que ativam a proteína quinase C (PKC) de forma semelhante ao diacilglicerol, contudo a força de interação entre a enzima e os ésteres de forbol é mais forte, provocando sua hiperativação (Goel et al., 2007; Griner & Kazanietz, 2007).

A PKC é formada por uma família de quinases que regula vários processos celulares, incluindo proliferação, apoptose, sobrevivência e migração celular, existindo ainda evidência substancial ligando a PKC à gênese de tumores (Griner & Kazanietz, 2007).

Adicionalmente, os ésteres de forbol apresentam atividade inflamatória pela ativação da enzima fosfolipase A, que hidrolisa os fosfolípidios de membrana, resultando na produção de ácido araquidônico, secreção de prostaglandinas e leucotrienos e ainda a migração celular transendotelial (Goel et al., 2007).

Existem pelo menos 20 diterpenos relatado a partir de espécies de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Entre os diterpenos, um grupo de compostos tendo esqueleto tigliane (Figura 1) chamado ésteres de forbol (Figura 2) são as moléculas mais tóxicas (Devappa et al., 2010). A concentração de ésteres de forbol varia 2-3 mg/g nas plantas e de 2-4 mg/g no óleo, variando as concentrações conforme a procedência (Devappa et al., 2010).

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma cultura que vem sendo muito utilizada para extração de óleo, no entanto, a presença de alguns fatores antinutricionais como inibidores de tripsina, taninos, saponinas, fitatos e lecitinas, e compostos tóxicos, como a curcina e os ésteres de forbol, são os principais limitantes como fonte de alimento (Makkar et al., 1998).

A toxicidade de extratos obtidos da semente, óleo, raiz, látex, casca, fruto e folha do pinhão-manso para microrganismos e animais superiores esta bem estabelecida. De forma geral, esses extratos possuem atividades fungicida, inseticida, rodenticida, antimicrobiana e citotóxica e exercem efeitos adversos em animais, incluindo ratos, aves domésticas e ruminantes (Devappa et al., 2010).

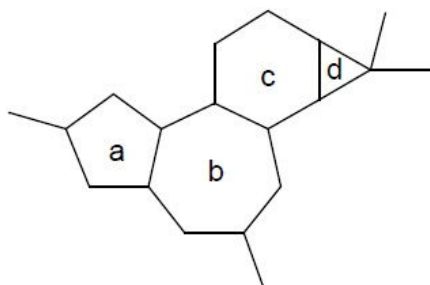


Figura 1. Estrutura tigliane isolada.

Ferrari et al. (2009) avaliaram sementes de pinhão manso de diferentes origens e encontraram teores de ester de forbol variando de 1,41 a 8,97 mg/g. Estudo conduzido por Ferreira

et al. (2012) ao avaliar o pericarpo de pinhão manso em substituição ao feno de *Panicum maximum* nos níveis de 0, 15, 30 e 45% em dietas para ovinos, encontraram um teor de 0,3845 mg de éster de forbol/g de pericarpo e observaram que houve redução no consumo e consequentemente, redução no GMD. Estes autores observaram também que todos os animais alimentados com o pericarpo apresentaram intoxicação, caracterizada por caquexia, diarreia, mucosas hipocoradas, desidratação, alopecia, bradipnéia, respiração crepitante e tosse, a partir do décimo dia de tratamento. Adicionalmente, um animal que consumiu o nível 30% apresentou diarreia profusa, escura e fétida, rinorréia, dispnéia grave, decúbito e morte no décimo quinto dia de tratamento, sendo necropsiado em seguida, pois de fato, os animais do nível 30% ingeriram as maiores doses de ésteres de forbol (1,30 mg/Kg de dieta).

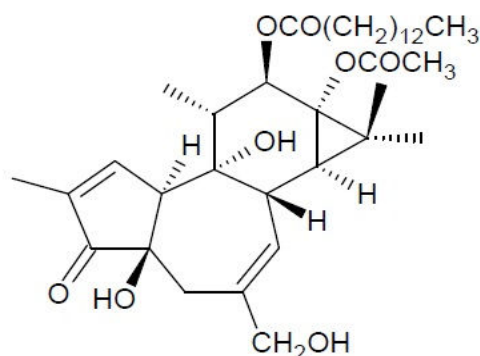


Figura 2. Molécula ester de forbol.

Revisão realizada por Devappa et al. (2010) relatou que em ensaios realizados com bodes da raça nubiana (10-13 kg) que consumiram uma dose média de 5 g/kg/dia de folhas secas de *Jatropha curcas* propiciou a morte dos animais dentro de 10 dias. A toxicidade do farelo da semente em doses de 5 e 10 g/kg/dia foram tóxicos para cabras jovens da raça nubiana, com consequências fatais, como a morte dos animais dentro de 2 a 4 dias. Em menores doses (0,25 g/kg/dia) foram observados animais com olhos fundos, palidez, condição visíveis a deterioração das mucosas e desidratação, com patológica difusa ou hemorragia equimóticas na mucosa rúmen, retículo e omaso, congestão ou

hemorragia nos pulmões, fígado, coração, rins, e baço, cianose irregular pulmonar e enfisema e espuma traqueal foram observados em todos os animais antes da morte (18 a 21 dia).

Foi observado que na maioria dos trabalhos apresentados na literatura os sinais clínicos de intoxicação por ingestão de plantas contendo fatores antinutricionais variam conforme a dose consumida e o tempo (dias) de consumo (Devappa et al., 2010).

COMPOSTOS FENÓLICOS

Os fenóis vegetais constituem um grupo quimicamente heterogêneo, com aproximadamente 10.000 compostos, sendo alguns apenas solúveis em solventes orgânicos, outros são ácidos carboxílicos e glicosídeos solúveis em água e há aqueles que são grandes polímeros insolúveis. As plantas produzem uma grande variedade de produtos secundários que contém o grupo fenol – um grupo hidroxila funcional em um anel aromático, tais substâncias são classificadas como compostos fenólicos (Taiz & Zeiger, 2004).

Os compostos fenólicos são biossintetizados por meio de diferentes rotas, razão pela qual constituem um grupo extremamente heterogêneo do ponto de vista metabólico. Duas rotas metabólicas básicas estão envolvidas na síntese dos compostos fenólicos, sendo a rota do ácido chiquímico e a rota do ácido malônico. A rota do ácido chiquímico participa na biossíntese da maioria dos fenóis de vegetais, convertendo precursores de carboidratos derivados da glicólise e da rota da pentose fosfato em aminoácidos aromáticos, onde um dos intermediários dessa rota é o ácido chiquímico (Taiz & Zeiger, 2004).

TANINO

Um segundo grupo de polímeros fenólicos com propriedades de defesa para os vegetais, são os taninos. Possuem alto peso molecular (500 a 3000 Da), contendo suficientes hidroxilas e outros grupos solúveis, capazes de formar complexos com proteína e outras macromoléculas (Lima Junior et al., 2010).

Há duas categorias de taninos, hidrolisáveis (Figura 3) e condensados (Figura 4). Os taninos hidrolisáveis são polímeros que contém ácidos fenólicos, em especial ácidos

gálico, egálico e açúcares simples, que após hidrólise, produzem carboidratos e ácidos fenólicos. Os taninos condensados ou não hidrolisáveis são compostos formados pela polimerização de unidades de flavonóides (Nozella, 2001).

De acordo com Lima Junior et al. (2010), os padrões de distribuição dos tipos de taninos se apresentam de formas diferentes. Os taninos condensados ocorrem amplamente em angiospermas e gimnospermas, enquanto, os hidrolisáveis estão em sua maioria, presentes em angiospermas dicotiledôneas. Algumas espécies apresentam apenas taninos hidrolisáveis, enquanto, outros apenas condensados ou até mesmo ambos.

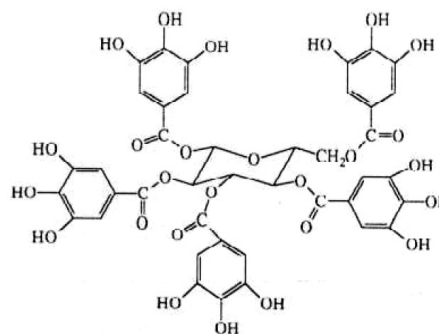


Figura 3. Estrutura química tanino hidrolisado.

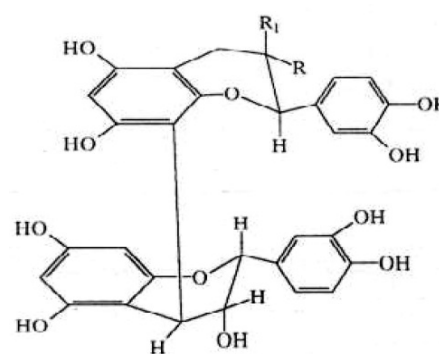


Figura 4. Estrutura química tanino condensado.

INFLUÊNCIA DO TANINO NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

A propriedade de defesa da maioria dos taninos esta relacionada à sua toxicidade, a qual é em geral atribuída à capacidade de formar

complexos com proteínas de modo não específico. Acredita-se que os taninos formam complexos com proteínas no trato digestivo de animais herbívoros, através de pontes de hidrogênio entre seus grupos hidroxila e os sítios eletronegativos na proteína (Nozella, 2001).

Evidências mais recentes indicam que os taninos e outros compostos fenólicos também podem se ligar de modo covalente as proteínas da dieta. Os taninos podem inativar enzimas digestivas e criar um complexo de taninos e proteínas vegetais difíceis de serem digeridas (Taiz & Zeiger, 2004). Podem ainda reagir com polímeros de celulose, hemicelulose, pectina e minerais indisponibilizando os mesmos para utilização pelos microrganismos (Lima Junior et al., 2010).

Os taninos hidrolisáveis se tornam tóxicos aos ruminantes devido ao metabolismo ruminal converte-los em produtos de baixo peso molecular, os quais são absorvidos pelo organismo causando toxicidade, como exemplo, à conversão em ácido tânico que causa necrose nos rins e fígado (Zhu et al., 1995; Cannas, 1999).

Os taninos condensados por não serem absorvidos pelo trato digestivo podem causar danos na mucosa ruminal, diminuindo a absorção de nutrientes, incluindo aminoácidos essenciais como lisina e metionina (Cannas, 1999).

Segundo Reed (1995), citado por Cardoso (2011), a aceitabilidade do alimento com presença de taninos é reduzida em decorrência da característica de adstringência que os mesmos possuem. Essa por sua vez é caracterizada como a sensação causada pela formação de complexos entre os taninos e glicoproteína salivar.

Segundo Leinmuller (1991), citado por Frutos et al. (2004), nos ruminantes a formação do complexo tanino-proteína é favorecida no rúmen, onde o pH se encontra em torno de 6,0 a 6,5, dissociando-se ao chegar ao abomaso, onde o pH está em torno de 2,0, possibilitando a ação de peptidases.

Revisão sobre tanino realizado por Pour (2011) apontou alguns efeitos que os taninos causam quando ingeridos pelos ruminantes, sendo eles, redução na absorção de minerais, reduzida utilização de proteínas, danos ao fígado e rins que refletem na ingestão voluntária, atividade microbiana e efeitos tóxicos no rúmen, aponta ainda que no rúmen, os taninos condensados se ligam as proteínas vegetais, reduzindo sua disponibilidade à microflora ruminal e ao animal hospedeiro.

Estudo realizado por Pereira et al. (2009) apontou que alguns alimentos possuem alto teor de tanino como, co-produto da acerola (13,2%) e do tamarindo (21,4%), e isto se deve provavelmente a alta porcentagem de sementes entre seus componentes, pois as sementes geralmente contêm maior concentração de tanino. Segundo Barcelos et al. (2001), a concentração de taninos em níveis acima de 0,75% na MS em dietas de bovinos, afeta o consumo e a utilização do alimento pelos animais.

Cavalcante et al. (2006), avaliaram o co-produto da manga desidratado (0, 20, 40, 60 e 80%) em dietas de ovinos e observaram que o consumo de matéria seca (g/dia) máximo ocorreu quando a inclusão foi de 36,1%, os autores relataram que essa redução se deu, principalmente, devido à presença de taninos.

Anigbogu et al. (2006), estudaram o efeito da amêndoa do caroço de manga em substituição ao milho moído nos níveis 0, 15, 30, 45 e 60% em dietas de cordeiros confinados e observaram que houve redução de 29% no desempenho dos animais que receberam a dieta com o nível de 60% quando comparado ao nível de 15%, está redução observada no desempenho dos cordeiros pode ter ocorrido devido aos fatores relacionados ao aumento da concentração de taninos de 1,5% (dieta 15%) para 6% (dieta 60%).

Apesar de serem considerados maléficis aos ruminantes, os taninos também apresentam efeitos benéficos. Brandes & Feitas (1992), citado por Nozella (2001), mostraram que quantidades moderadas de taninos condensados (10 a 40 g/dia) aumentaram o fornecimento de proteína não degradada no rúmen para digestão intestinal, o que melhorou a utilização dos aminoácidos essenciais da dieta na alimentação de ruminantes.

GOSSIPOL

O gossipol é um pigmento polifenólico amarelo, de baixo peso molecular (520 Da), produzido nas glândulas pigmentares de plantas da família *Malvaceae*, especialmente nas sementes das plantas do gênero *Gossypium*, sendo encontrado sobre cotilédones, folhas, estípulas, sépalas, caule, ramos, frutos e na amêndoa da semente (Macedo et al., 2007). A estrutura molecular do gossipol pode ser observada na Figura 5.

As glândulas de gossipol são visíveis a olho nu, como pequenos pontos escuros de tamanho diminuto (Figura 6); possuem formato esférico e contêm dois pigmentos sendo um de cor amarela, tóxico, que é o gossipol, e outro de cor vermelha, corante, o qual dá uma coloração acastanhada ao óleo que se extrai da semente (Macedo et al. 2007).

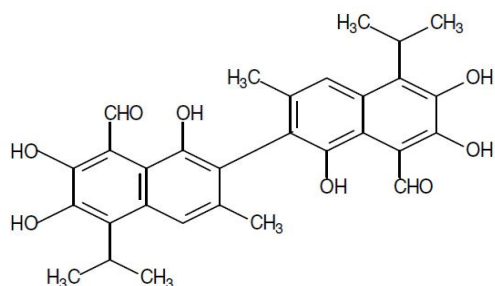


Figura 5. Estrutura molecular gossipol.

O gossipol é composto por uma mistura de isômeros (+) e isômeros (-), no qual o isômero (-) tem maior atividade biológica (Prieto et al., 2003). O gossipol existe na forma livre e conjugada, entretanto, todo gossipol presente na semente encontra-se na forma livre, e durante o processamento, grande parte desse composto se liga às proteínas, reduzindo consideravelmente sua qualidade (Taiz & Zeiger, 2004).

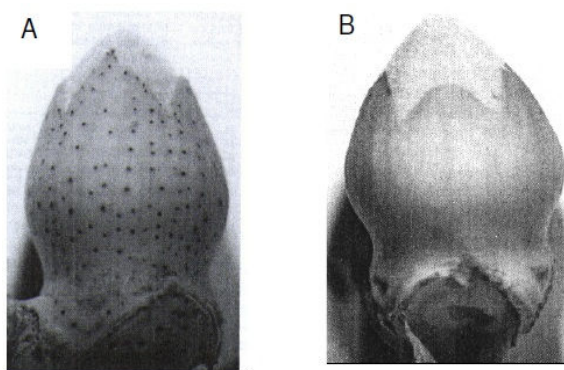


Figura 6. (A) botão floral com glândulas de gossipol (B) desprovido de gossipol.

INFLUÊNCIA DO GOSSIPOL NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

A existência do gossipol confere ao algodoeiro certo grau de resistência às pragas e as doenças fúngicas. No entanto, o aproveitamento da amêndoa da semente do algodão na indústria de ração animal é impedida devido a concentração de gossipol ser considerado tóxico (Macedo et al., 2007).

Savastano (2012) apontou que apesar da qualidade que o caroço de algodão apresenta, o mesmo a presença gossipol em sua composição bromatológica. O teor de gossipol livre (GL) no algodão varia conforme o cultivar (0,5 – 1% MS). Cultivares menos resistentes a pragas geralmente têm maior teor de gossipol (5% MS). Os níveis variam de 0,1 a 0,5% quando é realizada a extração do óleo por solventes. Nos processos mecânicos de extração de óleo do caroço de algodão onde envolve a pressão e o tratamento térmico, ocorre uma redução no teor de gossipol para 0,05%. Ainda, a extração por solventes podem produzir farelos com menor concentração de gossipol livre (0,05%) quando se realiza extrusão ou expansão antes da extração (Cheeke, 1998).

Na semente de algodão intacta o gossipol é encontrado principalmente na forma livre, no entanto, quando a semente de algodão é processada o gossipol liga-se as proteínas, reduzindo desta maneira seu teor de gossipol livre (8% do gossipol total) (Mena et al., 2001; Santos et al., 2002; Mena et al., 2004). Quando na forma ligada, o gossipol não é considerado tóxico, pois não pode ser absorvido no trato digestivo, contudo, evidências indicam que uma parte do gossipol ligado pode ser lançado como gossipol livre durante a digestão, podendo ser absorvido pelo trato e causar toxicidade (Mena et al., 2001).

Mena et al. (2001), avaliaram diferentes concentrações de gossipol total (GT) e livre (GL) na alimentação de ruminantes e verificaram que a ingestão de gossipol total e livre diferiram entre as dietas, o que era esperado devido as diferentes concentrações dos mesmos nas rações, no entanto, observaram que o consumo de gossipol livre aumentou com a adição de caroço de algodão quando comparado as dietas contendo farelo de algodão para ruminantes.

Estes mesmos autores, não observaram sinais visíveis de toxicidade (dispnéia, anorexia, diminuição da produção de leite,

fraqueza e morte súbita) do gossipol sobre as vacas alimentadas com as dietas por 42 dias, onde o maior consumo de gossipol total (dieta E) foi de 45,8 g/dia e o maior consumo de gossipol livre (dieta E) foi de 25,2 g/dia. Entretanto, observaram que o aumento do gossipol no plasma sanguíneo levou ao aumento da fragilidade osmótica de eritrócitos em 35,6% dos animais que receberam a dieta E (maior concentração gossipol livre), embora tenha se observado estabilidade da concentração de gossipol no plasma sanguíneo a partir dos 35 dias de observação, demonstrando a capacidade dos ruminantes em metabolizar e excretar o composto. A produção de leite não foi afetada pelo consumo de gossipol.

Mena et al. (2001) relataram que o principal local de desintoxicação do gossipol livre é o rúmen, o qual permite a ligação com as proteínas microbianas e dos alimentos. É possível que o maior tempo de retenção do caroço de algodão no rúmen, em comparação com o farelo, favoreça a maior desintoxicação do gossipol livre presente no caroço de algodão.

Santos et al. (2008) avaliaram o efeito do gossipol sob as características reprodutivas de touros da raça Nelore com 30 meses de idade com duas dietas (0 e 20% de inclusão do caroço na dieta) por 73 dias e observaram que os animais que receberam dieta com caroço de algodão apresentaram alterações nas características histológicas como no interior do parênquima testicular alguns túbulos seminíferos com lúmen amplo, menor número de camadas e menor espessura de sua parede, outros túbulos apresentaram processo de atrofia. O consumo de caroço de algodão também interferiu na qualidade espermática dos touros, reduzindo a motilidade e aumentando o percentual de defeitos espermáticos maiores e totais.

COMPOSTOS NITROGENADOS

ALCALÓIDES

Os alcalóides constituem uma grande família com mais de 15.000 metabólitos secundários nitrogenados, encontrados em aproximadamente 20% das espécies de plantas vasculares (Taiz & Zeiger, 2004).

Nessas substâncias, o átomo de nitrogênio faz parte do anel heterocíclico, estrutura que possui átomos de nitrogênio e carbono. Como o nome sugere, muitos alcalóides são alcalinos,

onde em valores que o pH encontrados no citosol (pH 7,2) ou nos vacúolos (pH 5-6), o átomo de nitrogênio esta protonado, então, carregados positivamente, sendo, geralmente, solúveis em água. Os alcalóides são sintetizados a partir de um ou poucos aminoácidos comuns – sobretudo lisina, tirosina e triptofano. Contudo, o esqueleto de carbono de alguns alcalóides apresenta um componente derivado da rota dos terpenos, como pode ser visto na Tabela 2, onde são apresentados os principais tipos de alcalóides e seus aminoácidos precursores (Taiz & Zeiger, 2004).

Tabela 2. Principais tipos de alcalóides, seus aminoácidos precursores e exemplos.

Classe de alcalóide	Precursor biossintético	Exemplos
Pirrolidínico	Ornitina (aspartato)	Nicotina
Tropânico	Ornitina	Atropina, Cocaína, Coniína
Piperidínico	Lisina (ou acetato)	
Pirrolizidínico	Ornitina	Retrorsina
Quinolizidínico	Lisina	Lupinina
Isoquinolínico	Tirosina	Codeína, Morfina
Indólico	Triptofano	Psilocibina, Reserpina, Estricnina

Fonte: Taiz & Zeiger, 2004

INFLUÊNCIA DOS ALCALÓIDES NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

Segundo Van Soest (1994), alguns alcalóides possuem atividades farmacológicas como, a cafeína presente no café, entre outros presentes na batata. Os membros da família *Solanaceae* também apresentam concentrações de alcalóides.

Segundo Tokarnia et al. (2000), a espécie *Ricinus communis* L. conhecida como mamona possui dois princípios tóxicos bem diversos, a ricina presente nas sementes, que provoca perturbações digestivas, e a ricinina presente em folhas e pericarpos, que causa doenças caracterizadas por sintomatologia nervosa.

A mamona é muito utilizada para extração do óleo, gerando co-produtos que vem sendo empregados na alimentação

animal. Tokarnia et al. (2000) apontaram diversos relatos de animais ruminantes que se intoxicaram ao se alimentarem com sementes ou o resíduo de mamona, apresentando sintomas como anorexia, diarreia líquida, com muco e ou fibrina, as vezes embebidos de sangue ou estrias de sangue.

A dose letal das sementes varia entre espécies animais e, inclusive, depende da idade dos animais. Miessner (1990), citado por Tokarnia et al. (2000), administrou via oral sementes de mamona moídas, sob forma de pílula, observou que a dose letal única para bovinos adultos é de 2 g/kg, ao passo que para bezerros é 0,5 g/kg, para ovinos 1,25 g/kg e para caprinos 5,5 g/kg.

Atualmente, vem sendo desenvolvidas técnicas para destoxificação que permitem a utilização desses co-produtos na alimentação animal. Pompeu et al. (2012), avaliaram a inclusão de níveis de 0, 5, 10,8 e 16,8% da torta de mamona destoxificada (método da autoclavagem com pressão de 1,23 kg/cm² a 123 °C por 60 minutos) em dietas de borregos e observaram que houve redução no ganho médio diário (GMD) com o aumento da inclusão da torta de mamona. Os autores relacionaram esta redução no GMD ao menor consumo de nutrientes, uma vez que a torta possa ter causado menor palatabilidade quando comparada a dieta controle que havia maior inclusão de farelo de soja, podendo ser incluído até 10,8% da torta de mamona na alimentação de ovinos.

Segundo Pires et al. (2004), o farelo de cacau vem sendo utilizado na alimentação ruminantes de forma restrita, em decorrência de uma substância tóxica chamada teobromina, também presente na casca de café com um teor médio de 0,4% e que possui ação diurética (Alves & Bragagnolo, 2002).

COMPOSTOS CIANOGENICOS

Os glicosídeos cianogênicos não são consideráveis tóxicos quando presentes nas plantas, no entanto, após hidrólise liberam seu princípio ativo, o ácido cianídrico (HCN), um líquido incolor, muito volátil, considerado como uma das substâncias mais tóxicas que se conhecem (Taiz & Zeiger, 2004).

Os glicosídeos cianogênicos são definidos quimicamente como glicosídeos de hidroxinitrilos (cianoidrinas). Estes glicosídeos na presença de ácidos diluídos à quente e, no caso de tecidos vegetais, sob a ação de enzimas, sofrem hidrólise

e liberam o ácido cianídrico (HCN), acetona e glicose (Taiz & Zeiger, 2004).

São registradas no mundo mais de 120 plantas consideradas cianogênicas, e frequentemente encontrados em leguminosas, gramíneas e espécies da família *Rosaceae* (Nobrega Junior et al., 2006).

INFLUÊNCIA DOS COMPOSTOS CIANOGENICOS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

Atualmente, no mercado é possível encontrar diferentes cultivares de mandioca com teores de HCN diferentes. Santos et al. (2008) citaram os cultivares de mandioca podem ser classificados como mansa ou brava, dependendo do conteúdo de HCN em suas raízes. A mandioca mansa, também denominada mandioca de mesa, aipim ou macaxeira, se diferencia da brava ou industrial, principalmente por apresentar teores abaixo de 100 mg de HCN/kg de raízes frescas.

Tokarnia et al. (2000) enfatizaram que intoxicações por HCN em animais de produção só ocorrem quando doses tóxicas são ingeridas em período curto de 2 a 4 mg de HCN por kg de peso vivo do animal, por hora. A mesma dose tóxica que, nessas condições, causa a morte do animal, se fosse ingerida no espaço de um dia, não causaria qualquer problema.

GLUCOSINOLATOS

Os glucosinolatos são grandes grupos de metabólicos secundários de plantas, presentes em todas as variedades de *Brassica sp.* Todos os glucosinolatos partilham uma única estrutura comum que compreende um grupo β -D-tioglucose, que contém uma molécula de enxofre, um radical e uma variável de cadeia lateral derivada de metionina, triptofano ou fenilalanina (Tripathi & Mishra, 2007).

Segundo Chen & Andreasson (2001), citado por Tripathi & Mishra (2007), mais de 120 glucosinolatos já foram identificados. Inerentemente não tóxicos, o glucosinolatos são hidrolisados através da ação de ambas as enzimas mirosinase da planta, presumivelmente liberado mediante ruptura mecânica das membranas celulares das plantas durante a colheita ou mastigação

(Fales et al., 1987). Os produtos da hidrólise consiste de uma porção de agliconas orgânicas, incluindo quantidades equimolares de glicose e KHSO_4 . As gliconas são moléculas instáveis e sofrem reações formando isotiocinatos, nitrilos, tiocinatos ou oxazolidione (Tripathi & Mishra, 2007).

INFLUÊNCIA DOS GLUCOSINOLATOS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

Tripathi & Mishra (2007) em revisão citaram que alguns trabalhos com dietas contendo 1,2 ou 2,4 $\mu\text{mol/g}$ de glucosinolatos não afetou a tiróide e as funções vitais de bezerros e touros, respectivamente. Novilhos podem tolerar teores de 10 a 15 $\mu\text{mol/g}$ sem afetar o consumo e a conversão alimentar. No geral, o ideal é não ultrapassar teores de 7 $\mu\text{mol/g}$, sendo seguro até 11 $\mu\text{mol/g}$, ultrapassando isso, pode ocorrer redução no consumo e outros efeitos tóxicos deficiência de iodo que induzem a hipertrofia rins, fígado e tiróide, encadeando a bociogênia.

Segundo Mandiki et al. (2002), citado por Tripathi & Mishra (2007), as ações da microflora do sistema digestivo de ruminantes, induzem à transformações dos glucosinolatos e de seus metabólitos, comparativamente, animais ruminantes mais jovens são menos tolerantes que animais mais velhos.

Estudos relatados por Tripathi & Mishra (2007) mostraram que mesmo os ruminantes sendo mais tolerantes à ingestão dietética de glucosinolatos, algumas evidências são apresentadas como, níveis plasmáticos com grandes concentrações de tiocinatos e níveis reduzidos de tiroxina (T4).

De acordo com Sanchez & Claypool (1983), a utilização da colza tornou-se difícil devido aos altos teores de glucosinolatos e ácido erúxico encontrados, e que métodos de processamento para redução dos teores causava qualidade inferior aos produtos. Contudo, foram desenvolvidos novos cultivares com menor teor de glucosinolatos e ácido erúxico como, a canola.

Após a extração do óleo da semente de canola, é gerado um co-produto, o farelo de canola, que é caracterizada por conter menor teor de glucosinolatos em média 3 mg/g e menos de 2% do total de ácidos graxos de ácido erúxico (Sanchez & Claypool, 1983; Santos et al., 2009). Segundo Tripathi & Mishra (2007), o farelo de canola contém três principais glucosinolatos em concentrações mais elevadas de progoitrin ou

epiprogoitrin seguido por gluconapin e glucobrassicinapin. O conteúdo e distribuição de glucosinolatos varia entre diferentes variedades e origem.

A maioria das pesquisas com canola em dietas para vacas leiteiras vem mostrando a inclusão de até 26%, sem prejudicar a produção de leite. No entanto, Sanchez & Claypool (1983), relataram a capacidade de adaptação de vacas em lactação por curto período de tempo.

Sanchez & Claypool (1983), avaliaram a inclusão de 11,7% de farelo de canola em dietas de vacas de alta produção por um período de 10 semanas e observaram que não houve diferença na produção de leite, nem alterações de peso quando comparada as dietas compostas por farelo de soja e farelo de algodão. Estes autores também não observaram alterações nas características organolépticas do leite, nem alteração na composição de sólidos do leite.

A literatura demonstrou que produtos hidrolíticos de glucosinolatos (oxazolidinona-ozt e isotiocianato) causam atividades antireoideanas e goitrogênica e podem levar à doença do bócio, devido a redução do T3 e T4 na glândula tireóide. Entretanto Sanchez & Claypool (1983), não encontraram alteração na concentração de T3 no plasma sanguíneo de vacas alimentadas com farelo de canola.

A cultura da crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) utilizada para extração de óleo, também possui teores significativos de glucosinolatos e ácidos erúxicos em seus co-produtos, a torta de crambe e o farelo de crambe, com teor de glucosinolatos na matéria seca em média de 50 mmol/kg e 70 mmol/kg, respectivamente. Contendo ainda 56% do total de ácidos graxos de ácido erúxico (Canova, 2012).

No entanto, Canova (2012) demonstrou que há poucos relatos na literatura sobre o efeito deste ácido em ruminantes, testou níveis de substituição do farelo de soja por torta de crambe na dieta de cordeiros nos níveis de 0, 9,6, 19,8 e 30%, e observaram que houve redução linear significativa no consumo total diário de MS, sem alterar o consumo diário (3,6%) de MS em %PV. Os autores relacionaram a redução do consumo devido ao alto teor de EE (29%) da torta de crambe e a diminuição da palatabilidade causada pelos glucosinolatos. Para os parâmetros plasmáticos sanguíneos os autores não

encontraram alterações da TGP (Transaminase Glutâmico Pirúvica) e TGO (Transaminase Glutâmico Oxalacético) que foram 11,5 e 86,92 UI/L, os quais apresentaram-se dentro dos padrões 4 a 19 UI/L e 0 a 90 UI/L, respectivamente, mostrando que não houve alterações hepáticas como, produção enzimática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de co-produtos na alimentação animal vem se tornando uma grande alternativa aos alimentos tradicionais principalmente na alimentação de ruminantes, devido as características do aparelho digestivo dos mesmos.

No entanto, existe a necessidade do conhecimento sobre a composição bromatológica e química dos alimentos alternativos e quanto à presença de fatores antinutricionais nos mesmos, para que sejam evitados transtornos econômicos, uma vez que, são gerados com pouca padronização de qualidade pela agroindústria.

Há necessidade de mais estudos quanto ao desenvolvimento de culturas com baixos teores de compostos secundários. Entretanto, não se deve esquecer que os compostos secundários para o animal é uma substância contida na fonte de alimento e para planta é uma fonte de defesa.

Estudos quanto a inativação desses compostos secundários em co-produtos vem sendo desenvolvidos, porém, se faz necessário maiores estudos no Brasil, uma vez que a composição, seja nutricional ou antinutricional (quando incorporada na alimentação animal), apresenta variação de acordo com clima, época do ano, cultivar, entre outros inúmeros fatores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R.; CARMO, C.A.; EDUARDO, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, p.260-258, 2008.
- ALVES, A.B.; BRAGAGNOLO, N. Determinação simultânea de teobromina, teofilina e cafeína em chás por cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 38, n. 2, 2002.
- ANIGBOGU, N.M.; BIENSTMAN, P.; VAN DAMME, B.; EZEOKOLI, C.D. Incorporation of Dry *Mangifera indica* kernel in the concentrate ration of growing lambs. **Revue D'élevage et de Médecine Vétérinaire Des Pays Tropicaux**. Paris, v.59, n.4, p.39-42, 2006.
- ARCURI, P.B.; MONTOVANI, H.C. Recentes avanços em microbiologia ruminal e intestinal/ Biotecnologias para nutrição ruminantes. V Simpósio produção gado de corte, Viçosa – MG, 2006. Disponível em: http://simcorte.com/index/Palestras/5_simcorte/simcorte10.pdf. Acesso em 12 fev 2013.
- BARCELOS, A.F.; PAIVA, P.C.A.; PÉREZ, J.R.O.; SANTOS, V.B.; CARDOSO, R.M. Fatores antinutricionais da casca e da polpa desidratada de café (*Coffea arabica* L.) armazenadas em diferentes períodos. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.4, p.1325-1331, 2001.
- CANNAS, A. Tannins: fascinating but sometimes dangerous molecules. Itaka, 1999. Disponível em: <http://www.ansci.cornell.edu/plants/toxicagent/s/tannin.html> Acessado em: 20 de outubro de 2012.
- CANOVA, E.B. **Torta de Crambe (*Crambe abyssinica hochst*) na alimentação de cordeiros**. 2012, 64p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Programa de Pós graduação em Produção Animal Sustentável, Instituto de Zootecnia, 2012.
- CARDOSO, R.M. **Degradabilidade in situ de silagens de sorgo com e sem taninos nos grãos**. 2011, 46 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros, 2011.
- CAVALCANTE, M.A.; CLEMENTINO, R.H.; NEIVA, J.N. Consumo e digestibilidade da matéria seca de dietas contendo diferentes níveis de subproduto da manga. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa - PB: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. CD ROM.
- CHEEKE P.R. **Natural Toxicans in Feeds, Forages, and Poisonous Plants**. 2.ed. Interstate Publishers, Danville. 479p. 1998.

DEVAPPA, R.K.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Jatropha Toxicity—A Review. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, Maryland, v.13, n. 6, p.476 - 507, 2010.

FALES, S.L.; GUSTINE, D.L.; BOSWORTH, S.C.; HOOVER, R.J. Concentrations of G lucosinolates and S-Methylcysteine Sulfoxide in Ensiled Rape (*Brassica napus* L.). **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.70, p.2402-2405, 1987.

FERRARI, R.A.; CASARINI, M.B.; MARQUES, D.A.; SIQUEIRA, W.J. Avaliação da composição química e de constituinte tóxico em acessos de pinhão-manso de diferentes origens. **Brazilian Journal Food Technology**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 309-314, 2009.

FERREIRA, O.R.; BRITO, S.S.; LIMA, F.G.; MARIANO SOUZA, D.P.; MENDONÇA, S.; RIBEIRO, J.A.A.; MAIORKA, P.C.; ARAÚJO, V.L.; NEIVA, J.N.M.; FIORAVANTE, M.C.S.; RAMOS, A.T.; MARUO, V.M. Toxicidade do pericarpo da *Jatropha curcas* em ovinos. **Arquivos Brasileiros Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v.64, n.3, p.559-567, 2012.

FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; GIRÁLDEZ, F. J.; MANTECÓN, A. R. Review. Tannins and ruminant nutrition. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v.2, n.2, p.191-202, 2004.

GERON, L.J.V.; PAULA, E.J.H.; RODRIGUES, D.N.; MOURA, D.C.; ALVES JUNIOR, R.T.; RUPPIN, R.F. Consumo de nutrientes de tourinhos confinados alimentados com rações de alto concentrado contendo co-produtos agroindustriais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.8, n.1, p.31-44, 2010.

GERON, L.J.V.; MEXIA, A.A.; GARCIA, J.; SILVA, M.M.; ZEOULA, L.M. Suplementação concentrada para cordeiros terminados a pasto sobre o custo de produção no período da seca. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.2, p.797-808, 2012.

GRINER, E.M.; KAZANIETZ, M.G. Protein kinase C and other diacylglycerol effectors in cancer. **Natures Review Cancer**, v.7, n.4, p.281-294, 2007.

GOEL, G.; MAKKAR, H.P.S.; FRANCIS, G.; BECKER, K. Phorbol Esters: Structure, Biological Activity, and Toxicity in Animals. **International Journal of Toxicology**, Virginia, v.26, p.279-288, 2007.

LIMA JUNIOR, D.M.; MONTEIRO, P.B.S.; RANGEL, A.H.N.; MACIEL, M.V.; OLIVEIRA, S.E.O.; FREIRE, D.A. Fatores anti-nutricionais para ruminantes. **Acta Veterinária Brasileira**, Mossoró, v.3, n.4, p.132-143, 2010.

MACEDO, L.P.M.; CUNHA, U.S.; VENDRAMIM, J.D. Gossipol: Fator de resistência a insetos-praga. **Campo Digital**, Campo Mourão, v.2, n.1, p.34-42, 2007.

MAGALHÃES, A.L.R. **Resíduo proveniente do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em rações para bovinos**. 2005. 91 p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2005.

MAKKAR, H.P.S.; ADERIBIGBE, A.O.; BECKER, K. Comparative evaluation of nontoxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. **Food Chemical**, Oxford, v.62, p.207-215, 1998.

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.

MENA, H.; SANTOS, J.E.P.; HUBER, J.T.; TARAZON, M.; CALHOUN, M.C. The Effects of Varying Gossypol Intake from Whole Cottonseed and Cottonseed Meal on Lactation and Blood Parameters in Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.2506-2518, 2004.

NOBREGA JUNIOR, J.E.; CORREA, F.R.; MEDEIROS, R.M.T.; DANTAS, A.F.M. Intoxicação por Sorghum halepense (Poaceae) em bovinos no semi-árido. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Seropédica, v.26, p.201-204, 2006.

NOZELLA, E.F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes**. 2001, 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2001.

PEREIRA, L.G.R.; AZEVEDO, J.A.G.; PINA, D.S.; BRANDÃO, L.G.N.; ARAÚJO, G.G.L.; VOLTOLINI, T.V. **Aproveitamento dos co-produtos da agroindústria processadora de suco e polpa de frutas para alimentação de ruminantes**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, Documento 220, 30 p. 2009.

PIRES, A.J. V.; CARVALHO JUNIOR, J. N.; SILVA, F.F.; VELOSO, C. M.; SOUZA, A. L.; OLIVEIRA, T. N.; SANTOS, C. L.; CARVALHO, G. G. P.; BERNARDINHO, F. S. Farelo de cacau na alimentação de ovinos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, p. 33-43, 2004.

POMPEU, R.C.F.F.; CÂNDIDO, M.J.D.; PEREIRA, E.S.; BOMFIM, M.A.D.; CARNEIRO, M.S.S.; ROGÉRIO, C.P.; SOMBRA, W.A.; LOPES, M.N. Desempenho produtivo e características de carcaça de ovinos em confinamento alimentados com rações contendo torta de mamona destoxificada em substituição ao farelo de soja. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.41, n.3, p.726-733, 2012.

POUR, H.A. Effects of tannins in ruminant: A Review. **Journal of American Science**, New York, v.7, n10, p. 715-720, 2011.

PRIETO, J.G.; DEPETERS, E.J.; ROBINSON, P.H.; SANTOS, J.E.P.; PAREAS, J.W.; TAYLOR, S.J. Increasing Dietary Levels of Cracked Pima Cottonseed Increase Plasma Gossypol but do not Influence Productive Performance of Lactating Holstein Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, p.254–267, 2003.

SANCHEZ, J.M.; CLAYPOOL, D.W. Canola Meal as a Protein Supplement in Dairy Rations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.66, p.80-85, 1983.

SANTOS, J.E.P.; VILLASENOR, M.; DEPETERS, E.J.; ROBINSON, P.H.; BALDWIN JUNIOR, B.C. Type of Cottonseed and Level of Gossypol in Diets of Lactating Dairy Cows: Effects on Lactation Performance and Plasma Gossypol.

Journal of Dairy Science, Champaign, v.85, p.1491-1501, 2002.

SANTOS, M.D.; PORTILHO, F.K.B.C.; RUAS, J.R.M.; FREITAS, S.H.; COSTA, D.S.; SIMÕES, M.J. Morfologia testicular e qualidade espermática de touros da raça Nelore, submetidos à dieta contendo gossypol. **Revista Brasileira Ciência Veterinária**, Niterói, v.15, n.3, p. 134-139, 2008.

SANTOS, H.R.; MORAES, S.V.P.; VIEIRA, E.A.; FIALHO, J.F.; OLIVEIRA, C.M.; TAKADA, S.C.S.; SOUZA, C.A.C. Teor de ácido cianídrico (HCN) como parâmetro para seleção de possíveis acessos de mandioca resistentes ao percevejo-derenda. In: IX SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO. 2008, Brasília. **Anais...** Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade agronegócio e recursos naturais., ParlaMundi, Brasília, 2008. Disponível em: http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/search_pbl/1?q=Mandioca. Acesso em: 20 fev 2013

SANTOS, V.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; OLIVEIRA, P.S.N.; GALATI, R.L.; BARBOSA, J.C. Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com grãos e subprodutos da canola. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v.10, n.1, p.96-105, 2009.

SOUZA, L.C. **Valor Nutritivo do resíduo úmido de cervejaria in natura conservado sob condições aeróbias ou anaeróbias**. 2010. 63 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de pós graduação em em Zootecnia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Metabólitos secundários e defesa vegetal**. In: TAIZ & ZEIGER. *Fisiologia Vegetal*. 3º Ed., Porto Alegre: Artmed, 2004, pag. 309-332.

TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P.V. **Plantas tóxicas do Brasil**. Rio de Janeiro: Helianthus, 2000. 320p.

TRIPATHI, M.K.; MISHRA, A.S. Glucosinolates in animal nutrition: A review. **Animal Feed Science and Technology**, Canada, v.132, p.1-27, 2007.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the ruminant**. 2ed. Ithaca, NY.: Cornell University Press, 1994. 476 p.

ZHU, J.; FILIPPICH, L.J.; NG, J. Rumen involvement in sheep tannic acid metabolism. **Veterinary and Human Toxicology**, Manhattan, v.37, p.436-440, 1995.

★★★★★