UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PABLO TEIXEIRA VIANA

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA TORTA DE ALGODÃO PROVENIENTE DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO

Nutritional evaluation of cotton cake after oil extraction under different processing conditions

ITAPETINGA
BAHIA - BRASIL
2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
***CAMPUS* DE ITAPETINGA**
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

PABLO TEIXEIRA VIANA

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA TORTA DE ALGODÃO PROVENIENTE DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador: *D.Sc.* Mauro Pereira de Figueiredo
Co-orientador: *D.Sc.* Márcio dos Santos Pedreira

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
2012

636.085 Viana, Pablo Teixeira.
V668a Avaliação nutricional da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento. / Pablo Teixeira Viana. – Itapetinga-BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2012.

129 fl..

Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB - C*ampus* de Itapetinga. Sob a orientação do Prof. D.Sc. Mauro Pereira de Figueiredo e co-orientador Prof. D.Sc. Márcio dos Santos Pedreira.

1. Torta de algodão – Processamento – Extração de óleo – Avaliação nutricional. 2. Torta de algodão – Qualidade nutricional – Prensagem mecânica. 3. Capim Tifton cv. 85 – Torta de algodão – Consumo e digestibilidade. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, C*ampus* de Itapetinga. II. Figueiredo, Mauro Pereira de. III. Pedreira, Márcio dos Santos. IV. Título.

CDD(21): 636.085

Catalogação na Fonte:
Cláudia Aparecida de Souza– CRB 1014-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Torta de algodão : Avaliação nutricional
2. Torta de algodão : Extração de óleo
3. Capim Tifton cv. 85 : Consumo e digestibilidade

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA - PPZ
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-*BA*

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "*Avaliação nutricional da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento*".

Autor (a): Pablo Teixeira Viana
Orientador (a): Prof. Dr. Mauro Pereira de Figueiredo
Co-orientador (a): Prof. Dr. Márcio dos Santos Pedreira

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Mauro Pereira de Figueiredo – UESB
Orientador

Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho – UFBA

Prof. Dr. Alyson Andrade Pinheiro – UFBA

Data de realização: 09 de abril de 2012.

A Deus, pelas bênçãos concedidas;

Aos meus pais, Ernivaldo e Suelha Viana, pelo amor incondicional, dedicação, paciência e exemplo de vida, "doutores" em conceito de família;

Aos meus irmãos, Plínio e Patrícia, pelo amor, amizade e apoio;

Aos meus avós, tios e primos, pelo carinho;

À minha noiva Mirelle Pignata, pela cumplicidade e dedicação.

DEDICO!!!

A Deus, criador da terra e dos animais;

À minha família, meu alicerce;

Aos meus avós paternos, Florisvaldo e Ivanilde Viana, e maternos, Cid e Irani Teixeira (in memorian), presentes em todos os momentos, face única;

À minha noiva Mirelle Pignata, perseverança e amor incondicional. És especial;

Ao Grupo de Alcoólicos Anônimos de Guanambi – Bahia, projeto e construção de cidadãos.

OFEREÇO!!!

Oração da Serenidade

*"Concedei-nos, **Senhor**, a **serenidade** necessária para aceitar as coisas que não podemos modificar, **coragem** para modificar aquelas que podemos e **sabedoria** para distinguir umas das outras".*

Amém!!!

"O primeiro requisito para o sucesso é a habilidade de aplicar incessantemente suas energias física e mental a qualquer problema, sem se cansar."

Thomas Edison.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo privilégio e satisfação de poder estudar, pesquisar e fazer parte da ZOOTECNIA, um amor incondicional;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, pela excelente capacitação profissional e por disponibilizar suas instalações e funcionários para condução do experimento;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

Aos coordenadores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia;

Às agroindústrias de produtos e co-produtos do algodão (não divulgadas por sigilo industrial), que colaboraram com a realização deste trabalho, fundamental em todas as etapas;

À UCB® – Usinas Chimicas Brasileiras S.A., na pessoa do Sr. Elio Gomes, pela doação de produtos veterinários;

Ao Professor D.Sc. Aureliano José Vieira Pires, pela sua orientação durante a iniciação científica e ao tempo despendido para os ensinamentos durante toda vida acadêmica;

Ao Professor D.Sc. Mauro Pereira de Figueiredo, pela excelente orientação, amizade e ao tempo despendido na realização dos trabalhos realizados;

Ao Professor D.Sc. Márcio dos Santos Pedreira, pela co-rientação e ensinamentos desde a graduação;

Aos Professores, D.Sc. Fabiano Ferreira da Silva, D.Sc. Fábio Andrade Teixeira, D.Sc. Robério Rodrigues da Silva e D.Sc. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho, pelas oportunidades, grande incentivo nas pesquisas, amizade e, acima de tudo, boa vontade para ajudar nas horas mais precisas;

Ao Professor Carlos Alberto (Bebeto), pelo apoio na realização das avaliações físicas no laboratório de tecnologia de sementes;

À Professora Sônia Teodoro Martins e Cristiane Leal, por ter cedido as instalações do Centro de Estudos Bioclimáticos – CEBIO e equipamentos da ENOC, respectivamente, para realização da experimentação animal;

Aos funcionários de todos os setores dos Campi de Itapetinga e Vitória da Conquista, que sempre estiveram à disposição no que precisasse;

Ao meu primo Zânder Azevedo, Médico Veterinário, pelo apoio fundamental na condução do experimento animal, muito obrigado;

Aos amigos Ádler, Lucas, Gonsalo, Carlinhos, Tayala e Edileulza, pela colaboração durante a realização dos trabalhos experimentais;

Aos estagiários do CEBIO, Léo e Rogério, que não mediram esforços durante a experimentação com os animais - boa vontade era o lema dessa equipe;

Ao amigo e funcionário José Queiroz (Zé do Laboratório), pela grande contribuição desde a iniciação científica, sempre à disposição de todos;

Aos amigos (as), Lorena (Fia), Luciano (Fi) e Giselle, Welber, Rafael (Ratchatchá) e Fábio, pelos momentos de descontração e aos companheiros de república, que muito contribuíram durante minha graduação e início às pesquisas, Hermógenes, Fabrício, Alyson, Rogério e Evanilton, serei eternamente grato;

À república, (Meninas do Quinteto) e agregados, que fizeram parte de todas as minhas conquistas, Adrielle, Ellen, Marina, Michelle, Mirelle e Lara, companhia e apoio fundamental, a minha eterna simpatia;

Aos bolsistas de iniciação científica do Laboratório de Nutrição Animal, Campus Vitória da Conquista, Yann, João Paulo, Eduardo e Rafael, e Dona Veralúcia, dedicação total durante as análises laboratoriais;

Aos meus pais, Ernivaldo e Suelha, pela paciência, dedicação, amor e ensinamentos durante toda minha vida, amo vocês;

Aos meus irmãos, Plínio e Patrícia, carinho e amor incondicional, a nossa união será sempre a nossa "TESE", amo vocês;

À Mirelle Pignata, amor e palavras de carinhos nos momentos de tristeza e cansaço, quando sorria e chorava, em todos os momentos;

Às minhas cunhadas, Adaianne, Marielle e Michelle, e à família Costa Pignata, pela compreensão e admiração;

Aos meus tios, Ricardo e Janaína, a primeira mão que me levaria a tantas conquistas, vocês foram fundamentais;

Aos tios Cidinho e Iran, o aconchego longe de casa, o carinho e o amor desde minha infância, queridos e amados, minha eterna gratidão;

Aos tios (as), Ileana (Léia), Manoel (Nelin), Ceni, Nelha, Uilma, Zilnay, Neuza, Glória, Cleonice, Eliane, Cleovani, Lindolfo e Beto, conjugues e filhos, vocês fizeram parte dessa história, uma palavra amiga ou uma crítica era o suficiente para aumentar o meu conhecimento;

Enfim, a todos que, mesmo sem perceber, contribuíram para a realização deste trabalho. Sozinho, com certeza, não teria conseguido.

MEU MUITO OBRIGADO!!!

BIOGRAFIA

Pablo Teixeira Viana, filho de Ernivaldo Pereira Viana e Suelha Fernandes Teixeira Viana, nasceu em 19 de março de 1983, em Guanambi – Bahia.

Em 19 de julho de 2004, ingressou no curso de graduação em Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, finalizando o mesmo e colando grau em 16 de janeiro de 2010.

Em 25 de novembro de 2009, foi aprovado na seleção de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB.

Em 05 março de 2010, iniciou o curso de Pós-Graduação em Zootecnia – Mestrado em Zootecnia, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, concentrando os estudos em produção e avaliação de alimentos, nutrição e produção de ruminantes, sob a orientação do Professor D.Sc. Mauro Pereira de Figueiredo.

Em 05 de dezembro de 2011, foi aprovado na seleção de doutorado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB.

Em 09 de abril de 2012, submeteu-se à defesa da presente Dissertação.

RESUMO

VIANA, Pablo Teixeira. **Avaliação nutricional da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento**. 129p. Itapetinga-BA: UESB, 2012. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia – Produção de Ruminantes).

Objetivou-se com a realização do presente trabalho avaliar as características físicas e químico-bromatológicas, frações de carboidratos e compostos nitrogenados, consumo e digestibilidade dos nutrientes, e a degradabilidade e cinética da fermentação ruminal *in vitro* da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento. Os experimentos foram realizados na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Foram adquiridas amostras de caroço e torta de algodão em quatro diferentes indústrias produtoras de torta e óleo de algodão pelo método de prensagem mecânica determinando os tratamentos IA (caroço deslintado + moinho martelo); IB (caroço deslintado + moinho de lâmina); IC (caroço não deslintado + moinho martelo) e ID (caroço não deslintado + moinho de lâmina) com seis repetições. Avaliaram-se as temperaturas (°C) e granulometria do caroço e torta de algodão. Foram avaliados os teores percentuais de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), nitrogênio total (NT), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose, hemicelulose, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp), matéria seca (MSi), fibra em detergente neutro (FDNi) e fibra em detergente ácido (FDAi) indigestíveis, gossipol livre (GL), nutrientes digestíveis totais estimados (NDT_{NRC} e NDT_{FDN}) e observado NDT, energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia líquida para mantença (ELm) e para ganho (ELg), fracionamento de carboidratos e dos compostos nitrogenados. Para a avaliação da digestibilidade, utilizaram-se 10 ovinos da raça Santa Inês distribuídos em dois quadrados latinos 5 x 5, com 5 períodos de 12 dias. Os animais foram alimentados com dietas contendo torta de algodão, oriundas dos tratamentos IA, IB, IC e ID (400g/kg) e feno de capim Tifton cv. 85 (600g/kg), e uma dieta basal composta exclusivamente de feno. Observou-se efeito nas temperaturas e uma variação na granulometria do caroço e torta de algodão, influenciando no valor nutricional deste produto. Ao avaliar os teores de MS, FDN, FDNcp, FDA, PB, NIDN, NIDA, EE, GL e celulose, pode-se observar efeito entre as tortas de algodão provenientes das extrações do óleo das diferentes indústrias. O tratamento IB destacou-se pelos menores teores de FDN, FDNcp, FDA e celulose na torta de algodão. Os tratamentos IA e IB apresentaram um maior percentual de partículas inferior a 2,0 retidas na peneira de fundo, contribuindo com a redução do teor de EE da torta de algodão. Observaram-se um acréscimo nos teores de NIDA das tortas oriundas das indústrias IC e ID. Foi verificado que não houve diferença para os teores de carboidratos totais (CT) e não fibrosos (CNF), e da fração indigestível, fração "C", entre as tortas de algodão, entretanto, observou-se um acréscimo nos teores de

carboidratos fibrosos (CF) e na fração B_2, representada pela fração potencialmente degradável, para os tratamentos IA, IC e ID, em relação ao tratamento IB. A torta de algodão, proveniente da indústria e tratamento IB, apresentou o maior teor nas frações nitrogenadas de degradação rápida e intermediária (B_1+B_2), enquanto que, nas frações de lenta degradação (B_3), foi observada similaridade entre os tratamentos IA e IB. Já a fração considerada indigestível ("C", g/kgNT), apresentou efeito significativo, com os maiores valores observados nos tratamentos IC e ID. Não houve efeito para os teores de NDT_{NRC} e nas variáveis ED, EM, ELm e ELg. Houve uma maior concentração de GL na torta de algodão dos tratamentos IC e ID, relacionando-os com os elevados teores de EE, presentes na torta de algodão. A inclusão da torta de algodão, provenientes da extração do óleo sob diferentes condições de processamento nas dietas, não influenciaram no consumo de MS, MO, FDN, FDA e CT. A variação nos teores de PB, EE, GL e CNF entre as tortas de algodão influenciaram no consumo destes nutrientes nas dietas. Não foi observado diferença na digestibilidade aparente da MS, MO, PB, EE, FDN, e FDA entre as diferentes tortas. Não houve efeito entre os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, FDN e FDA das dietas. A digestibilidade aparente dos CT e CNF foram influenciadas pela variação na composição químico-bromatológica das tortas, apresentando influência direta na digestibilidade das dietas. Não houve diferença na produção cumulativa de gases (PCG) nos períodos de 6 e 12 horas (h). A maior PCG ocorreu no tratamento IB nos tempos 24, 48 e 96 h. As tortas de algodão apresentaram uma PCG média de 61,8mL.g^{-1} às 96 h de avaliação *in vitro*. O tratamento IB apresentou maior degradabilidade aparente (DMS) e verdadeira (DVMS) da MS nos períodos de 24, 48 e 96 h, exceção feita às 96 h, quando não houve diferença na DVMS entre os tratamentos IB, IC e ID, sendo esses dois últimos estatisticamente semelhantes ao tratamento IA. Não houve diferença significativa no volume máximo de produção de gases (Vf1), na taxa de digestão (Kd1) das frações de carboidratos não fibrosos (CNF) e na taxa de digestão (Kd2) dos CF. O volume máximo de produção de gases (Vf2) das frações dos CF foi observado no tratamento IB. Não houve diferença no Vf2 nas frações dos CF entre os tratamentos IA e ID. O fator de partição da matéria seca diminuiu com o aumento no tempo de incubação, sendo que não houve diferença entre os tratamentos no período de 6 e 12 h. Não foi encontrada diferença para os valores de biomassa microbiana às 24 e 48 h. A torta de algodão sofre variações em sua qualidade nutricional, quando submetida a diferentes etapas durante seu processo de obtenção por prensagem mecânica. Estas diferentes composições influenciam no consumo e digestibilidade dos nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo feno de capim Tifton cv. 85. Na avaliação da cinética de fermentação ruminal, destaca-se a torta proveniente da indústria B por apresentar melhor resultado na degradabilidade da matéria seca e cinética de produção de gases.

Palavras-chave: co-produto, gossipol, línter, produção de gás, ruminantes

---

*Orientador: Mauro Pereira de Figueiredo, *D.Sc.*, UESB e Co-orientador: Marcio dos Santos Pedreira, *D.Sc.*, UESB.

ABSTRACT

VIANA, Pablo Teixeira. **Nutritional evaluation of cotton cake from the extraction of oil under different conditions of processing**. 129p. Itapetinga-BA: UESB, 2012. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia – Produção de Ruminantes).

The objective of the realization of this work was to evaluate the physical and chemical, qualitative, fractions of carbohydrates and nitrogen compounds, consumption and nutrient digestibility, degradability and kinetics of in vitro ruminal fermentation of cottonseed meal from the oil extraction in different processing conditions. The experiments were performed at the State University of Southwest Bahia - UESB. Core samples were acquired and cottonseed meal in four different industries producing oil cake and cotton by mechanical pressing method of determining the treatment IA (deslintado lump + hammer mill), (IB - Core deslintado + windmill blade), (IC - do not lump deslintado + hammer mill) and (id - do not lump deslintado + windmill blade) with six replications. We evaluated the temperature (°C) and size of the stone and cottonseed meal. Were evaluated for percentage of dry matter (DM), organic matter (OM), mineral matter (MM), total nitrogen (TN), crude protein (CP), neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN), acid detergent insoluble nitrogen (NIDA), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, hemicellulose, neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDF), dry matter (DMi) , neutral detergent fiber (iNDF) and acid detergent fiber (iADF) indigestible, free gossypol (FG), estimated total digestible nutrients (TDN_{NRC} and TDN_{NDF}) and observed TDN, digestible energy (DE), metabolizable energy (ME), energy net for maintenance (NEm) and gain (NEg), fractionation of carbohydrates and nitrogen compounds. For the assessment of digestibility were used 10 Santa Inês sheep divided into two 5 x 5 Latin square with five periods of 12 days. The animals were fed diets containing cottonseed meal derived treatments IA, IB, IC and ID (400 g/kg) and Tifton hay cv. 85 (600 g/kg), and a basal diet composed exclusively of hay. There was an effect on temperature and grain size variation in the stone and cottonseed meal, influencing the nutritional value of this product. When evaluating the DM, NDF, NDFap, ADF, CP, NDIN, ADIN, EE, GL and cellulose, can be observed between the effect of cotton pies from the extraction of oil from different industries. Treatment IB stood out by lower NDF, NDFap, ADF and cellulose in cottonseed meal. Treatments IA and IB showed a higher percentage of particles less than 2.0 in the bottom sieve retained, contributing to reduction of the EE content of cottonseed meal. We observed an increase in levels of ADIN pies coming from IC and ID industries. It was found that there was no difference in the levels of total carbohydrates (TC) and not (NFC), and indigestible fraction, fraction "C" between pies cotton, however, there was an increase in levels of fibrous carbohydrates (FC) and the B2 fraction, represented by the potentially degradable fraction for treatments IA, IC and ID, in relation to treatment IB. The cottonseed meal from industry and IB treatment had the highest content in the nitrogen fraction of rapid degradation and intermediate (B_1 + B_2), while the fractions of slow degradation (B_3) similarity was observed between

treatments IA and IB. Already considered indigestible fraction ("C", g/kgNT), had a significant effect, with the highest values were observed in treatments IC and ID. There was no effect on the content of the variables and TDN_{NRC}, ED, MS, and NEg NEm. There was a higher concentration of GL in cottonseed meal treatments IC and ID, associating them with the high levels of EE present in cottonseed meal. The inclusion of cottonseed meal, from oil extraction under different processing conditions in the diets did not influence the intake of DM, OM, NDF, ADF and CT. The variation in the CP, EE, GL and between NFC pies cotton influenced the consumption of these nutrients in the diets. There was no difference in apparent digestibility of DM, OM, CP, EE, NDF, and ADF between different pies. No effect was observed between the apparent digestibility of DM, OM, NDF and ADF of diets. The apparent digestibility of CT and NSC were influenced by variation in chemical composition of pies, with direct influence on the digestibility of diets. There was no difference in the cumulative gas production (CGP) in periods of 6 and 12 hours (h). Most CGP occurred in treatment in IB 24, 48 and 96 h. Pies cotton showed a mean of 61.8 mL.g PCG^{-1} at 96 h in vitro assessment. The IB treatment had a higher apparent degradability (DMD) and true (DVMS) of DM for periods of 24, 48 and 96 h, 96 h ace except where there was no difference between treatments in the DVMS IB, IC and ID, and these last two statistically similar to the processing IA. There was no significant difference in the maximum volume of gas production (Vf1), the rate of digestion (KD1) of the fractions of non-fiber carbohydrates (NFC) and the rate of digestion (kd2) FC. The maximum volume of gas production (VF2) FC fractions was observed in the treatment IB. There was no difference in the fractions of VF2 between treatments FC IA and ID. The factor partition of dry matter decreased with increasing incubation time, and there was no difference between treatments in the period from 6 end 12 h. There was no difference in the values of microbial biomass at 24 end 48 h. The cottonseed meal from the extraction of oil undergoes changes in its nutritional quality when subjected to different stages during the production process by mechanical pressing. These different compositions influence the consumption and nutrient digestibility in sheep fed diets containing Tifton cv. 85. In the evaluation of kinetics of ruminal fermentation stands out from the pie industry B by presenting better results in dry matter degradability and kinetics of gas production.

Key words: byproduct, gas production, gossypol, lint, ruminants

---

*Adviser: Mauro Pereira de Figueiredo, *D.Sc.*, UESB and Co-adviser: Marcio dos Santos Pedreira, *D.Sc.*, UESB.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.1 Temperaturas da massa (caroço de algodão cozido) e da torta de algodão, no momento de prensagem e extração do óleo, sob diferentes condições de processamento 34

Tabela 1.2 Teores médios descritivos (n=3), expressos em percentual relativo de partículas retidas em peneiras grossas, médias e finas, com 4,75mm; entre 4,75 e 2,0mm; e menor que 2,0mm, respectivamente, do caroço e torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 35

Tabela 1.3 Composição químico-bromatológica do caroço de algodão utilizado na obtenção da torta de algodão sob diferentes condições de processamento 37

Tabela 1.4 Composição químico-bromatológica da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 41

Tabela 1.5 Teores percentuais médios de carboidratos totais (CT), carboidratos fibrosos (CF), carboidrato não fibroso (A+B1), componentes disponíveis correspondentes à fração potencialmente degradável (B2), e fração indigestível da parede celular (C) do caroço e torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 44

Tabela 1.6 Teores percentuais médios de nitrogênio total (NT), fração constituída de nitrogênio não-protéico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B_1+B_2), fração de lenta degradação (B_3) e fração não-digestível (C) do caroço e torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 47

Tabela 1.7 Teores médios de nutrientes digestíveis totais (NDT em %MS), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia líquida de mantença (ELm), energia líquida de ganho (ELg) e energia líquida de lactação (ELl) em Mcal/Kg de MS do caroço e torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 48

Tabela 1.8 Teores médios descritivos (n=2) de gossipol livre do caroço e torta de algodão provenientes da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 51

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 Composição nutricional dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais 65

Tabela 2.2 Composição em ingredientes e nutricional das dietas experimentais.. 66
Tabela 2.3 Consumo de nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo torta de algodão, obtida sob diferentes condições de processamento, e feno de capim Tifton cv. 85 71
Tabela 2.4 Consumo de nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo torta de algodão, obtida sob diferentes condições de processamento, e feno de capim Tifton cv. 85 74
Tabela 2.5 Coeficientes de digestibilidade aparente e nutrientes digestíveis totais da torta de algodão, obtida sob diferentes condições de processamento, e do feno de capim Tifton cv. 85 78
Tabela 2.6 Coeficientes de digestibilidade aparente e nutrientes digestíveis totais em ovinos alimentados com dietas contendo torta de algodão, obtida sob diferentes condições de processamento, e feno de capim Tifton cv. 85 80

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 Composição químico-bromatológica da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 98
Tabela 3.2 Produção cumulativa de gases (PCG), degradabilidade aparente da matéria seca (DMS) e degradabilidade verdadeira da matéria seca (DVMS) da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 101
Tabela 3.3 Equação de regressão da produção de gases (PG) sobre a degradabilidade da matéria seca (DMS) da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 104
Tabela 3.4 Estimativa dos parâmetros cinéticos da produção de gases *in vitro* da matéria seca (MS) da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 106
Tabela 3.5 Valores médios de biomassa microbiana ($mg.g^{-1}$) e fator de partição ($mg.mL^{-1}$) às 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 108

LISTA DE FIGURA

Figura 3.1 Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g de MS) da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 102

Figura 3.2 Evolução da produção não cumulativa de gases da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 103

Figura 3.3 Curvas de produção cumulativa de gases provenientes dos carboidratos não fibrosos da torta de algodão, proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 107

Figura 3.4 Curvas de produção cumulativa de gases provenientes dos carboidratos fibrosos da torta de algodão, proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Porcentagem
$\%h^{-1}$	Porcentagem por hora
%R	Porcentagem retida
"A"	Indústria A
"B"	Indústria B
"C"	Indústria C
"D"	Indústria D
°C	Graus Celsius
AG	Ácidos graxos
AGdv	Ácidos graxos verdadeiramente digestíveis
ANFAL	Associação Nacional dos Fabricantes de alimentos para animais
BA	Bahia
CEBIO	Centro de estudos bioclimáticos
CF	Carboidratos fibrosos
CIDN	Cinza insolúvel em detergente neutro
CNF	Carboidratos não-fibrosos
CNF_D	Carboidrato não-fibroso digestível
CNFdv	Carboidrato não-fibroso verdadeiramente digestível
CO_2	Gás carbônico
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CT	Carboidratos totais
CV	Coeficiente de variação
DBC	Delineamento em blocos casualizados
DMS	Degradabilidade aparente da matéria seca
DVMS	Degradabilidade verdadeira da matéria seca
ED	Energia digestível
EE	Extrato etéreo
EE_D	Extrato etéreo digestível
ELg	Energia líquida para ganho
ELl	Energia líquida para lactação
ELm	Energia líquida para mantença
EM	Energia metabolizável
FDA	Fibra em detergente ácido
FDAi	Fibra em detergente ácido indigestível
FDN	Fibra em detergente neutro
FDNcp	Fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteínas
$FDNcp_D$	Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas digestível
FDNdv	Fibra em detergente neutro verdadeiramente digestível
FDNi	Fibra em detergente neutro indigestível

FDNn	Fibra em detergente neutro corrigido para proteínas
FP	Fator de partição
g	Grama
g/dia	Gramas por dia
$g/kg^{0,75}$	Gramas por quilograma de peso metabólico
g/kgMN	Gramas por quilograma de matéria natural
g/kgMS	Gramas por quilograma de matéria seca
g/kgPC	Gramas por quilogramas de peso corporal
g/m^2	Gramas por metro quadrado
GL	Gossipol livre
H	Holandês
h	Horas
H_2SO_4	Ácido sulfúrico
HPLC	Cromatografia líquida de alta performance
IA	Tratamento A
IB	Tratamento B
IC	Tratamento C
ID	Tratamento D
Kd1	Taxa de digestão para a fração dos carboidratos não-fibrosos
Kd2	Taxa de digestão para a fração dos carboidratos fibrosos
kg	Quilograma
kg/cm^3	Quilograma por centímetro cúbico
kg/kg	Quilograma por quilograma
L	Lignina
L (h)	Tempo de colonização
LABTEC	Laboratório de alta tecnologia
m	Metro
Mcal/kg	Mega caloria por quilograma
mg	Miligrama
$mg.g^{-1}$	Miligrama por grama
mg/kg	Miligrama por quilograma
$mgMS/cm^2$	Miligrama de matéria seca por centímetro quadrado
mL	Mililitros
$mL.g^{-1}$	Mililitros por grama
MM	Matéria mineral
mm	Milímetros
MN	Matéria natural
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
MSi	Matéria seca indigestível
N	Nitrogênio
NDT	Nutrientes digestíveis totais

NDT_{NRC}	Nutrientes digestíveis totais estimados
NDT_{FDN}	Nutrientes digestíveis totais estimados pelo método de equações a partir dos teores de fibra
NIDA	Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
NIDA/NT	Nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao nitrogênio total
NIDN	Nitrogênio insolúvel em detergente neutro
NIDN/NT	Nitrogênio insolúvel em detergente neutro em relação ao nitrogênio total
NRC	National Research Council
NT	Nitrogênio total
P	Peso da amostra
p/p	Peso por peso
PB	Proteína bruta
PB_D	Proteína bruta digestível
PBdv	Proteína bruta verdadeiramente digestível
PC	Peso corporal
PCG	Produção cumulativa de gases
PG	Produção de gases
PIDA	Proteína insolúvel em detergente ácido
PIDN	Proteína insolúvel em detergente neutro
PRi	Peso retido na peneira
psi	Pressão por polegada quadrada
QL	Quadrado latino
SAEG	Sistema de Análises Estatística e Genética
SAS	Statistical Analyses System
TCA	Nitrogênio insolúvel em ácido tricloroacético
TNT	Tecido não tecido
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Vf1	Volume máximo de produção de gases da fração dos carboidratos não-fibrosos
Vf2	Volume máximo de produção de gases da fração dos carboidratos fibrosos
Z	Zebu
α	Alfa

SUMÁRIO

RESUMO ……. X

ABSTRACT ……. XII

LISTA DE TABELA …….…….. XIV

LISTA DE FIGURA …….……... XVI

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS XVII

CAPÍTULO 1

Caracterização física e químico-bromatológica, frações de carboidratos e compostos nitrogenados da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 21

1.1 INTRODUÇÃO 25

1.2 MATERIAL E MÉTODOS 28

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 33

1.4 CONCLUSÕES 52

1.5 REFERÊNCIAS 53

CAPÍTULO 2

Consumo e digestibilidade dos nutrientes *in vivo* da torta de algodão obtida sob diferentes condições de processamento em dietas contendo feno de capim Tifton cv. 85 59

2.1 INTRODUÇÃO 61

2.2 MATERIAL E MÉTODOS 63

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 68

2.4 CONCLUSÕES 83

2.5 REFERÊNCIAS 84

CAPÍTULO 3

Degradabilidade e cinética da fermentação ruminal *in vitro* da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento 89
3.1 INTRODUÇÃO 91
3.2 MATERIAL E MÉTODOS 94
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 98
3.4 CONCLUSÕES 110
3.5 REFERÊNCIAS 111
ANEXOS 114
APÊNDICE 122

CAPÍTULO 1

Caracterização física e químico-bromatológica, frações de carboidratos e compostos nitrogenados da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Resumo: Objetivou-se, com a realização do presente estudo, associar as etapas de produção de diferentes indústrias em relação às características nutricionais da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento. O experimento foi realizado no Laboratório de Forragicultura e Pastagem, *Campus* de Itapetinga – BA e no Laboratório de Nutrição Animal, *Campus* de Vitória da Conquista – BA, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. As amostras de caroço e torta de algodão foram adquiridas entre os períodos de julho e dezembro de 2010, em quatro diferentes indústrias produtoras de torta e óleo de algodão, pelo método de prensagem mecânica sob diferentes etapas de produção. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro tratamentos: IA (caroço deslintado + moinho martelo); IB (caroço deslintado + moinho de lâmina); IC (caroço não deslintado + moinho martelo) e ID (caroço não deslintado + moinho de lâmina), e seis repetições (coletas). Avaliou-se as temperaturas (°C) e o índice de uniformidade (granulometria) do caroço e torta de algodão durante as etapas de processamento. Foram avaliados os teores percentuais de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), nitrogênio total (NT), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose, hemicelulose, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp), matéria seca (MSi), fibra em detergente neutro (FDNi) e fibra em detergente ácido (FDAi) indigestíveis, gossipol livre (GL) em mg/kg, nutrientes digestíveis totais estimados (NDT_{NRC} e NDT_{FDN}), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia líquida par mantença (ELm) e para ganho (ELg) em Mcal/kg, fracionamento de carboidratos e dos compostos nitrogenados. Observou-se efeito nas temperaturas e uma variação no índice de uniformidade da granulometria do caroço e torta de algodão, influenciando no valor nutricional deste produto. Ao avaliar os teores de MS, FDN, FDNcp, FDA, PB, NIDN, NIDA, EE, GL e celulose, pode-se observar efeito entre as

tortas de algodão provenientes das extrações do óleo das diferentes indústrias. O tratamento IB destacou-se pelos menores teores de FDN, FDNcp, FDA e celulose na torta de algodão estudada. Os tratamentos IA e IB apresentaram um maior percentual de partículas inferior a 2,0, retidas na peneira de fundo, contribuindo com a redução do teor de EE da torta de algodão. Observou-se um acréscimo nos teores de NIDA das tortas oriundas das indústrias IC e ID. Foi verificado que não houve diferença para teores de carboidratos totais e não fibrosos, e da fração indigestível, fração "C", entre as tortas de algodão avaliadas, entretanto, observou-se acréscimo nos teores de carboidratos fibrosos e na fração B_2 (%MS), representada pela fração potencialmente degradável, para os tratamentos IA, IC e ID, em relação ao tratamento IB. A torta de algodão proveniente da indústria e tratamento IB apresentou o maior teor nas frações nitrogenadas de degradação rápida e intermediária (B_1+B_2), enquanto que, nas frações de lenta degradação (B_3), foi observado similaridade entre os tratamentos IA e IB. Já a fração considerada indigestível (C, %NT), apresentou efeito significativo, com os maiores valores observados nos tratamentos IC e ID. Não houve efeito para os teores de NDT_{NRC} e nas variáveis energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia líquida para mantença (ELm) e para ganho (ELg). Houve uma maior concentração de GL na torta de algodão dos tratamentos UC e UD, relacionando-os com os elevados teores de EE presentes na torta de algodão. A torta de algodão proveniente da extração do óleo sofre variações em sua qualidade nutricional, quando submetida a diferentes etapas durante seu processo de obtenção por prensagem mecânica.

Palavras-chave: avaliação de alimentos, granulometria, gossipol, *Gossypium hirsutum*, línter

Physical characteristics and chemical-bromatologic, fractions of carbohydrates and nitrogen compounds of the pie from the cotton oil extraction under different processing conditions

Abstract: The objective of this study was done to associate the different stages of production in relation to the nutritional characteristics of the pie from the cotton oil extraction under different processing conditions. The experiment was conducted at the Laboratory of Forage and Pasture, *Campus* Itapetinga - BA and Animal Nutrition Laboratory, *Campus* Vitória of Conquista - BA, State University of Southwest Bahia - UESB. The samples of cotton seed and cake were acquired between the periods of july and december 2010 in four different industries producing oil cake and cotton by mechanical pressing method under different stages of production. The experimental design was randomized blocks with four treatments: (IA - delinted lump + hammer mill), (IB - stone windmill + blade delinted) (IC - lump not hammer + mill delinted) and (ID - lump not delinted + windmill blade) and six replicates (samples). We evaluated the temperature (°C) and the index of uniformity (size) of cotton seed and cake during the processing steps. We evaluated the percentage content of dry matter (DM), organic matter (OM), mineral matter (MM), total nitrogen (TN), crude protein (CP), neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN), acid detergent insoluble nitrogen (ADIN), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, hemicellulose, neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFap), dry matter (DMi) , neutral detergent fiber (iNDF) and acid detergent fiber (iADF) indigestible, free gossypol (GL) in mg/kg, estimated total digestible nutrients (TDN_{NRC} and TDN_{NDF}), digestible energy (DE), metabolizable energy (ME) pair net energy maintenance (NEm) and gain (NEg) in Mcal/kg, fractionation of carbohydrates and nitrogenous compounds. Effect was observed ($P<0,05$) in temperatures and a change in the rate of uniform particle size of the stone and cotton cake, influencing the nutritional value of this product. When evaluating the DM, NDF, NDFap, ADF, CP, NDIN, ADIN, EE, GL and cellulose, can be observed effect between the cakes of cotton from the extraction of oil from different industries. Treatment IB stood out by lower NDF, NDFap, ADF and cellulose in the cotton pie studied. The IA and IB treatments showed a higher percentage of particles less than 2,0 in the bottom sieve retained, contributing to reducing the level of EE cotton pie. We observed an increase in levels of NIDA pies

coming from IC and ID industries. It was found that there was no difference (P>0,05) for levels of total carbohydrates and not fibrous, and indigestible fraction, fraction "C", between the cotton pie evaluated, however, there was an increase in the presence of carbohydrates and fiber in the B_2 fraction (%DM), represented by the potentially degradable fraction for treatments IA, IC and ID, in relation to treatment IB. The cake from the cotton industry and IB treatment had the highest content of nitrogen fractions in rapid degradation and intermediate (B_1+B_2), while the fractions of slow degradation (B_3) was observed similarity between the treatments IA and IB. Already considered indigestible fraction (C, NT%) had a significant effect, with higher values observed in treatments IC and ID. There was no effect for the content of the variables TDN_{NRC} and digestible energy (DE), metabolizable energy (ME), net energy pair maintenance (NEm) and gain (NEg). There was a higher concentration of GL in the pie cotton UC and UD treatments, linking them with the high levels of EE present in the cotton pie. The cake of cotton from the oil extraction undergoes variations in its nutritional quality when subjected to different stages during the process of obtaining by mechanical pressing.

Key words: evaluation of food, *Gossypium hirsutum*, gossypol, granulometry, lint

1.1 INTRODUÇÃO

O conjunto das análises realizadas em alimentos tem como objetivo principal o conhecimento da composição química (SILVA & QUEIROZ, 2006), além de permitir a estimação dos teores de substâncias nutritivas específicas, contribuir para a obtenção da digestibilidade e inferir acerca dos valores biológicos destes. As pesquisas objetivam relacionar o conteúdo de nutrientes dos alimentos com seu aproveitamento digestivo e metabólico (SNIFFEN et al., 1992). Para isso, faz-se necessário uma criteriosa caracterização e avaliação nutricional dos alimentos, assim como o conhecimento de sua origem e processo de obtenção, fatores estes que darão suporte aos nutricionistas na formulação de rações, com quantidades adequadas dos ingredientes para atendimento das exigências nutricionais, e melhor utilização em eventuais sistemas de alimentação, no sentido de otimizar o desempenho animal.

O algodão (*Gossypium hirsutum),* uma das culturas oleaginosas mais cultivadas no setor da agricultura brasileira, sendo responsável, principalmente, pela produção de fibra destinada à indústria têxtil e extração de óleo (ANDRIGUETTO et al., 1981), após o beneficiamento gera os co-produtos caroço, tortas e farelos. Estes podem ser utilizados na alimentação de ruminantes como alimentos de alto valor nutritivo (GONÇALVES & BORGES, 1997), sendo equiparado com outros ingredientes tradicionais de custo consideravelmente mais elevado como a soja e seus co-produtos.

O algodoeiro é cultivado em três macrorregiões no Brasil, Norte-Nordeste, Centro-Oeste e Sul-Sudeste, sendo cada região caracterizada por um sistema de produção próprio, desde pequenas áreas praticadas pela agricultura familiar, até grandes áreas caracterizadas pelo alto nível tecnológico (MOREIRA, 2008), ficando o Mato Grosso e a Bahia como os dois maiores produtores do País (CONAB, 2011).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2011), o primeiro levantamento de intenção para o plantio da safra 2011/12 projeta uma área média a ser cultivada com algodão no País de 1,5 milhões de hectares (ha), variando desde uma redução de 2,9% a um acréscimo de 6,1% em relação à safra anterior, onde serão incorporados cerca de 22,4 mil ha na safra que ora se inicia. Estas projeções estimam que a produção nacional de caroço de algodão deverá passar de 3,3 milhões de toneladas, na safra 2010/11, para 3,9 milhões de toneladas na safra 2011/12.

O setor agropecuário é uma das molas propulsoras da economia brasileira, respondendo por quase um terço do PIB (Produto Interno Bruto) nacional. Somente nos primeiros três meses de 2011, a agricultura foi responsável pelo aumento de 1,3% do PIB e o algodão foi uma das culturas que mais contribuiu para esta ampliação (CONAB, 2011). O Estado da Bahia apresenta perfil econômico predominantemente agrícola e com uma matriz produtiva bastante diversificada. As projeções de áreas plantadas para o estado da Bahia apresentaram uma elevação de 2,0%, passando dos 405,3 mil hectares, cultivados na safra passada, para 413,4 mil hectares, um incremento de 8,1 mil hectares. Na região Oeste do estado, o algodão está sendo cultivado em larga escala, onde a produção de caroço de algodão nas safras 2010/11 chegou a 978 mil toneladas, com projeções para a safra 2011/12 de 1,07 milhão de toneladas, mantendo a posição de segundo maior produtor, representando aproximadamente 31,0% da produção nacional nas safras de 2010/11 e 2011/12, superando o estado do Mato Grosso, maior produtor nacional, aproximadamente 6,8% em produtividade (CONAB, 2011).

A Bahia contribui com uma grande porção deste produto em suas variadas regiões por possuir grandes áreas cultivadas, indústrias e usinas de beneficiamento da pluma para produção têxtil, gerando uma grande quantidade de caroço de algodão, o qual constitui matéria prima para produção de torta após extração do óleo. A torta de algodão tem sido utilizada como suplemento proteico em rações para ruminantes. No entanto, pesquisas com fontes proteicas alternativas devem ser realizadas, principalmente, quanto à composição químico-bromatológica e formas de obtenção destas na produção animal.

A despeito da ampla disseminação do seu uso nos sistemas de produção de ruminantes no país, os valores nutricionais das tortas de algodão apresentam elevada heterogeneidade, variando basicamente em função da espécie, do grau de desintegração da semente e das quantidades, e dos produtos efetivamente extraídos no processamento (PIERCE, 1970).

Neste contexto, o valor nutritivo da torta de algodão pode ser alterado pelo processamento quanto às características proteicas (LICITRA et al., 1996; NOFTSGER et al., 2000), constituintes da parede celular e tamanho de partículas, bem como ao rendimento da moagem (ZANOTTO, 1996), dos teores de gossipol livre, composto fenólico tóxico de cor amarelada presente no grão na forma livre ou ligado às proteínas

(PEREIRA et al., 2008), e conteúdo de extrato etéreo, influenciado diretamente pelo processo de prensagem.

O método de extração mecânica do óleo do caroço de algodão atualmente utilizado inicia-se com a pré-limpeza do caroço por máquinas, utilizando um sistema de peneira pneumática. Em seguida, o caroço passa por um processo de deslintamento e desintegração, formando uma massa densa com coloração característica própria do caroço integral, que é sequencialmente bombeada por uma rosca sem fim, acionada através de um sistema de transmissão e motor para um cozinhador ou "chaleira", submetendo-a ao cozimento por um sistema de pressão a vapor d'água. Esta é transmitida por uma tubulação diretamente de uma caldeira aquecida, ocorrendo então a prensagem para separação final do óleo, originando a torta de algodão.

Modificações nas etapas de produção durante o processo de obtenção da torta de algodão, como realização do deslintamento, tipo de moinho utilizado e temperaturas no processo de cozimento do caroço, tem sido propostas pelas indústrias a fim de se adequar a um controle de qualidade do produto, de acordo com exigências dos produtores, originando um produto com variada composição física e químico-bromatológica, frações dos compostos nitrogenados e energéticos, e teores de gossipol, resultando em um produto desuniforme e variável sob o ponto de vista de composição para comercialização no mercado.

Com uma elevada produção nacional e a necessidade de beneficiar o algodão para produção têxtil e de óleo, o incremento na disponibilidade da torta de algodão torna-se uma crescente alternativa alimentar na produção de ruminantes. Neste contexto, verificando-se a carência de informações sobre o resultado final na qualidade nutricional do produto resultante das variações no processo de obtenção deste ingrediente, objetivou-se, com a realização do presente estudo, associar as etapas de produção de diferentes indústrias em relação às características nutricionais da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento estabelecidas em quatro agroindústrias no Estado da Bahia.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, *Campus* de Itapetinga – BA, localizada a 15º 09’ de latitude Sul, 40º 15’ de longitude Oeste, precipitação média anual de 800 mm, temperatura media anual de 27ºC e com altitude média de 268 m, e no Laboratório de Nutrição Animal, *Campus* de Vitória da Conquista – BA, localizado na região sudoeste da Bahia, a 14°51’ de latitude Sul, 40°50’ de longitude Oeste, altitude média de 874,8 m e precipitação média anual de 733,9 mm. As médias das temperaturas máxima e mínima foram, respectivamente, de 25,3 e 16,1°C.

As amostras de caroço e torta de algodão foram adquiridas entre os meses de julho e dezembro de 2010, em quatro indústrias produtoras de torta e óleo de algodão, pelo método de prensagem mecânica realizada sob diferentes processos de produção, localizadas nas regiões Sudoeste e Oeste do estado da Bahia. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com quatro tratamentos, representado por cada indústria e uma coleta mensal durante seis meses, totalizando seis repetições.

Realizou-se duas amostragens diária, às 8:00 e 14:00 horas, do caroço desintegrado antes da prensagem, e da torta de algodão no final da linha de produção de cada prensa, em seguida, as amostras foram homogeneizada formando uma alíquota composta com 2 kg e armazenadas em embalagens plásticas seladas e identificadas para posteriores análises.

Todas as etapas de produção foram observadas e notificadas no início do experimento e a cada período de coleta para posteriores descrições dos tratamentos, caracterizando o processo de obtenção da torta de algodão de cada indústria quanto ao deslintamento mecânico e tipo de moinho utilizado na desintegração do caroço de algodão.

Posteriormente, determinou-se os tratamentos como: Indústria **A**, caroço submetido ao processo de deslintamento mecânico e desintegrado em moinho tipo martelo **(IA – caroço deslintado + moinho martelo);** Indústria **B**, caroço submetido ao processo de deslintamento mecânico e desintegrado em moinho de lâminas **(IB – caroço deslintado + moinho de lâmina);** Indústria **C**, caroço não deslintado e desintegrado em moinho tipo martelo **(IC – caroço não deslintado + moinho martelo)**

e Indústria **D,** caroço não deslintado e desintegrado em moinho de lâminas **(ID – caroço não deslintado + moinho de lâmina)**. A indústria **IB** apresentou um maior grau de deslintamento quando comparado ao da **IA,** retirando-se um teor médio de 3,0 e 1,8% de línter, respectivamente.

Durante os períodos de cada amostragem, foram registradas as pressões do vapor de água (kg/cm^3) transmitida por uma tubulação de aço inox acoplada ao cozinhador ou chaleira. As temperaturas (°C) da massa formada a partir do caroço desintegrado e cozido por intermédio do vapor administrado dentro do cozinhador ou chaleira, e da torta de algodão ao final da prensagem, foram aferidas com a utilização de um termômetro infravermelho com mira laser, em triplicata, a cada amostragem, para posteriores interpretações dos resultados.

Ao término das amostragens, o caroço e torta de algodão foram processados em triturador tipo martelo, dotado de peneira de 5 mm, e acondicionada em estufa de pré-secagem a 60°C, durante 72 horas. Posteriormente, foram trituradas em moinho tipo *Willey* com peneira de malha de 1mm para posteriores análises, onde foram avaliados os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), nitrogênio total (NT), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose e hemicelulose, segundo procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2006), e a fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp) foi segundo Hall (2003).

Para a estimação dos teores de matéria seca (MSi), fibra em detergente neutro (FDNi) e fibra em detergente ácido (FDAi) indigestíveis, amostras de caroço e torta de algodão foram incubadas por 240 horas para MSi e FDNi, e 264 horas para FDAi (CASALI et al., 2008), em duplicata (20 mgMS/cm^2), em sacos de tecido-não-tecido (TNT – 100 g/m^2), no rúmen de duas vacas mestiças H x Z, suplementadas com 1 kg de torta de algodão por dia, em um período de 15 dias, sendo os quatro primeiros de adaptação à microbiota ruminal, e os 11 últimos durante o período de permanência das amostras incubadas. Sequencialmente, os sacos foram retirados, lavados em água corrente, e o material remanescente da incubação foi levado à estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas. Após esta etapa, foram retirados da estufa, acondicionados

em dessecador e pesado, sendo o resíduo obtido considerado como MSi. Posteriormente, os sacos foram submetidos à lavagem com solução de detergente neutro em equipamento analisador de fibra Ankon®, lavados com água quente e acetona, secos e pesados, conforme procedimento anterior, para quantificação da FDNi. Para a FDAi, adotou-se o mesmo procedimento com solução de detergente ácido, seguindo procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2006).

As frações dos carboidratos foram estimadas conforme Sniffen et al. (1992), seguindo as equações: CT (%) = 100 – (%PB + %EE + %MM), em que CT representa carboidratos totais; PB a proteína bruta; EE o extrato etéreo e MM a matéria mineral. Os carboidratos não-fibrosos (CNF) (Fração $A+B_1$) a partir da equação: CNF (%) = CT – FDNcp, em que FDNcp corresponde à fração FDN livre de proteína e matéria mineral (HALL, 2003). A fração "C" foi obtida pelo produto entre a porcentagem (%) de lignina e o fator 2,4, conforme a equação: Fração "C" = % de lignina x 2,4. A fração "B_2" foi obtida a partir da subtração entre a fração de FDNcp e a fração "C", em que "B_2" = FDNcp (%) – Fração "C"(%).

As frações de compostos nitrogenados foram obtidas conforme procedimento descrito por Licitra et al. (1996). A Fração "A" foi determinada pela diferença entre o nitrogênio total (NT) e o nitrogênio insolúvel em ácido tricloroacético – TCA (NR), conforme a equação: Fração "A" (%) = % NT – NR (%). A fração "B_3" foi determinada pela diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA): Fração "B_3" (%) = %NIDN – %NIDA. A fração "C" foi considerada como o NIDA e a fração "B_1+B_2", obtida pela diferença entre o nitrogênio total e as frações "A", "B_3" e "C".

Para a estimativa dos teores dos nutrientes digestíveis totais (NDT), foram utilizadas as equações sugeridas pelo NRC (2001) e Detmann et al. (2008), a partir das fórmulas:

NDT_{NRC} (%) = CNFdv + PBdv + (AGdv x 2,25) + FDNdv – 7. Sendo CNFdv = 0,98 x {100 – [(FDN – PIDN) + PB + EE + Cinzas]}; PBdv = PB x exp[– 1,2 x (PIDA/PB)]; AGdv = AG; FDNdv = 0,75 x {[(FDN – PIDN) – L] x [1 – (L/FDNn) 0,667]}. Em que: CNFdv = carboidratos não-fibrosos verdadeiramente digestíveis; PBdv = proteína bruta verdadeiramente digestível; AGdv = ácidos graxos verdadeiramente digestíveis e FDNdv = fibra em detergente neutro verdadeiramente digestível; FDN = fibra em detergente neutro; PIDN = proteína insolúvel em detergente

neutro; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; AG = ácidos graxos, nos quais AG = EE – 1 ; FDNn = FDN corrigido para a proteína; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; L = lignina; o fator 7 refere-se ao NDT recuperado nas fezes.

$NDT_{Detmann}$ (%) = PBad + CNFad + FDNd + 2,25 x EEad. Sendo PBad = 0,7845 x PB – 1,61 (DETMANN et al., 2006c); CNFad = 0,9507 x CNF – 5,11 (DETMANN et al., 2006a); FDNd = 0,835 (FDNcp – L) x [1 – $(L/FDNcp)^{0,85}$], em que L = lignin (DETMANN et al., 2007) e EEad = 0,8596 x EE – 0,18 (DETMANN et al., 2006b). Os teores dos $NDT_{Detmann}$ foram estimados a partir das equações sugeridas para animais em crescimento e terminação em consumo voluntário, por Detmann et al. (2006a, 2006b, 2006c, 2007), que estimam os teores aparentemente digestíveis das frações da proteína bruta (PBad), carboidratos não-fibrosos (CNFad), extrato etéreo (EEad), além dos teores digestíveis da fração da fibra em detergente neutro digestível livre de cinzas e proteínas (FDNd).

Os teores dos nutrientes digestíveis totais estimados através da relação com a fibra em detergente neutro (NDT_{FDN}) foram determinados segundo Cappelle et al. (2001), a partir da equação **NDT_{FDN}** = (99,39 – 0,7641* FDN).

As estimativas do conteúdo energético em Mcal/kg MS, energia digestível (ED = (CNFdv/100) x 4,2 + (FDNdv/100) x 4,2 + (PBdv/100) x 5,6 + (AG/100)x 9,4 – 0,3), energia metabolizável (EM = 1,01 x (ED) – 0,45] + 0,0046), energia líquida de mantença (ELm = 1,37 EM – $0,138EM^2$ + $0,0105EM^3$ – 1,12), energia líquida de ganho (ELg = 1,42EM – $0,174EM^2$ + 0,0122 EM^3 – 1,65) e energia líquida de lactação (ELl = 0,0245 * NDT% – 0,12) foram obtidas por intermédio das equações sugeridas pelo NRC (2001).

Para a determinação da granulometria, foi realizado o deslintamento químico das amostras (n=3) de 300g de caroço desintegrado e 300g de torta de algodão farelada com uma solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 72%, e posteriormente, lavadas com água corrente para retirada do excesso de ácido, permanecendo ao ar livre até que estas se apresentassem totalmente secas. Em seguida, a granulometria dos alimentos foi realizada de acordo com metodologia proposta por Zanotto et al. (1996), e consistiu no peneiramento de uma amostra de ingrediente, por meio de um equipamento vibrador de peneiras e conjunto de peneiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), onde foram colocados 100 g de amostra de caroço ou torta de algodão, deixando vibrar, ou seja, realizar o peneiramento com uma capacidade vibratória de 80% por 20 minutos,

repetindo o procedimento em triplicata (n=3). As peneiras eram pesadas antes e após o peneiramento. Para calcular a porcentagem do ingrediente retido em cada peneira, foi utilizada a seguinte equação: %R = (PRi x 100)/P, onde: %R = porcentagem retida em cada peneira (proporção relativa de partículas grossas, médias e finas, que são definidas como: maior que 4,7 mm; entre 4,75 e 2,0 mm; e menor que 2,0 mm, respectivamente); PRi = peso retido na peneira; P = peso da amostra (100 g).

A quantificação dos teores de Gossipol Livre (GL) do caroço e torta de algodão foram realizados no Laboratório de Alta Tecnologia – LABTEC®, em Campinas – SP, segundo procedimentos descritos por Cai et al. (2004), através de cromatografia líquida de alta performance, em amostras compostas por tratamento, com valores duplicamente confirmados, em cromatógrafo líquido da marca *Shimadzu* 10 AVP HPLC, modelo 10 AT, equipado com auto-injetor *Shimadzu* (modelo SIL – 10 ADVP). Foi utilizada uma coluna capilar de sílica fundida 4,6 mm x 25 cm, 5 µm Zorbax SB-C18 (*Hewlett – Packard*, CA, USA). A fase móvel foi composta por acetonitrila 0,2% e ácido trifluoracético (80:20). Na extração do gossipol, foi utilizada acetonitrila, sendo que a identificação e taxa de recuperação do gossipol foi feita por comparação com um padrão conhecido de gossipol, com 99% de pureza (*Sigma-Aldrich*, Roole, UK). A partir das leituras obtidas, foram calculados os teores de gossipol livre, em mg/kg e porcentagem.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância adotando-se α = 0,05 e as médias comparadas pelo teste Tukey, utilizando o programa SAEG versão 9.1 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). Os dados da quantificação de gossipol livre e da granulometria do caroço e torta de algodão foram analisados por meio de análise descritiva e comparação entre médias.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito significativo (P<0,05) para as temperaturas (°C) da massa formada pelo caroço de algodão, após processo de cozimento, e da torta de algodão durante o processo de prensagem e extração do óleo (Tabela 1.1). Para o tratamento IC, representado pela indústria "C", foi observada temperatura de 67,2°C da massa, valor este, inferior às demais indústrias (P<0,05).

A temperatura da massa está diretamente relacionada com a pressão de vapor d'água recebido pelo cozinhador ou chaleira, este, que é controlado por um manômetro interligado por uma tubulação de aço inox, entre uma caldeira aquecida por um sistema de fornalha e o cozinhador. O controle da pressão indicada pelo manômetro dependerá do aquecimento da fornalha, aumentando ou diminuindo a temperatura da água da caldeira.

Os valores da pressão registrados durante os períodos de amostragem para a indústria "IC" foram de 3,0 kg/cm^3, valor este inferior aos demais tratamentos que registraram uma pressão de 5,0 kg/cm^3, justificando então, as temperaturas de 88,6; 87,1 e 82,7°C mais elevadas para os tratamentos IA, IB e ID, respectivamente (Tabela 1.1).

A temperatura da massa pode ter efeito direto na temperatura da torta de algodão, entretanto, fatores como a granulometria e o teor de línter do caroço, dentre outros ligadas à da prensa propriamente dita, podem contribuir com as diferentes temperaturas do produto final torta de algodão.

De acordo com Zanotto et al. (1996), o tamanho de partículas de ingredientes destinados à fabricação de ração animal influencia no rendimento da moagem, na qual, quanto maior a granulometria, ou seja, o tamanho de partículas do alimento, menor o rendimento, reduzindo, assim, a eficiência do processo de prensagem do caroço para obtenção da torta. Como consequência, aumenta o atrito entre a massa e a prensa durante o processo de extração do óleo, elevando a temperatura desta e, consequentemente, da torta de algodão.

Observou-se um efeito significativo (P<0,05) entre os tratamentos com temperaturas variando entre 107,2 e 116,7°C (Tabela 1.1) para as tortas de algodão. Schroeder et al. (1996), avaliando a torta de girassol processada em condições de temperaturas semelhantes às encontradas no presente estudo, observaram que temperaturas acima de 100°C influenciaram na composição e valor nutricional do

produto final, podendo, então, ser justificado os diferentes resultados encontrados na composição químico-bromatológica das tortas de algodão do presente trabalho (Tabela 1.4). Segundo Moreira et al. (1994), a qualidade nutricional do alimento dependerá, entre outros fatores, do tempo e temperatura de aquecimento durante o processamento.

Tabela 1.1 Temperaturas da massa (caroço de algodão cozido) e da torta de algodão, no momento de prensagem e extração do óleo, sob diferentes condições de processamento

Item	**Indústria**[1]				EPM[2]
	IA	**IB**	**IC**	**ID**	
	Massa (caroço de algodão)				
Temperatura (°C)	88,6a	87,1a	67,2b	82,7a	0,798
	Torta de algodão				
Temperatura (°C)	109,0ab	107,5b	110,0ab	116,7a	1,063

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas;
Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente a 5% pelo teste Tukey; [2/]EPM – Erro padrão médio.

A menor temperatura da torta de algodão encontrada no tratamento IB, em comparação aos demais, que se apresentaram estatisticamente iguais (P>0,05), pode estar relacionada com a menor participação de línter e tamanho de partículas superior a 4,75mm do caroço desintegrado (Tabela 1.2). Estes resultados sugerem que a menor concentração de línter e menor tamanho de partículas do caroço de algodão resultam em um menor atrito da massa na prensa, fazendo com que a temperatura da torta seja reduzida. A maior concentração de línter e granulometria do caroço de algodão influenciam na temperatura da torta de algodão durante procedimento de extração do óleo, este fator influenciará no valor nutricional deste alimento, particularmente, nas frações nitrogenadas indigestível (NIDA). Uma menor concentração de línter no caroço de algodão integral acarretará em maior atrito deste com as lâminas do moinho, fazendo com que haja uma maior desintegração, reduzindo então o tamanho de partículas e, consequentemente, melhorando a eficiência da moagem e extração do óleo.

Na avaliação da granulometria do caroço e torta de algodão, foi observada variação no índice de uniformidade no tamanho de partículas destes alimentos. O

processo de deslintamento nas indústrias IA e IB contribuiu para maior desintegração do caroço, independente do tipo de moinho utilizado, apresentando um maior percentual de partículas inferiores a 2,0mm, 49,4 e 62,2%, respectivamente, de torta de algodão retidas na peneira de fundo. A torta de algodão, proveniente da indústria IC, apresentou maior percentual de partículas superiores a 4,75 mm (8,4%), comparando-se com as indústrias IA, IB e ID, que apresentaram valores de 7,4; 2,8 e 7,0%, respectivamente (Tabela 1.2). O não deslintamento do caroço e a utilização de moinho martelo diminuem a eficiência na desintegração do caroço, contribuindo com um maior percentual destes, inteiros, no processo de prensagem.

Tabela 1.2 Teores médios descritivos (n=3), expressos em percentual relativo de partículas retidas em peneiras grossas, médias e finas, com 4,75 mm; entre 4,75 e 2,0 mm; e menor que 2,0 mm, respectivamente, do caroço e torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Item	**Indústria**				Média (%)
	IA	**IB**	**IC**	**ID**	
	Caroço de algodão				
Granulometria, %					
> 4,75 mm	13,8	9,8	50,7	13,1	21,8
4,75 e 2,0 mm	55,0	60,5	35,4	62,2	53,2
< 2,0 mm	32,1	30,4	14,1	25,3	25,5
	Torta de algodão				
Granulometria, %					
> 4,75 mm	7,4	2,8	8,4	7,0	6,4
4,75 e 2,0 mm	44,7	31,2	43,3	45,9	41,3
< 2,0 mm	49,4	62,2	48,7	47,4	51,9

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas.

O tratamento ID apresentou-se com um maior percentual de partículas entre 4,75 e 2,00mm, estes valores indicam que o moinho de lâminas, quando em boas condições

de uso, é mais eficiente na desintegração do caroço destinado à extração do óleo quando comparado com o moinho tipo martelo. Este fato pode ser explicado devido à maior exposição da parte interna do grão, a amêndoa, facilitando a extração do óleo. Para que haja um controle na qualidade do produto final, faz-se necessário uma padronização no processo de obtenção da torta de algodão. A adequação da moagem de grãos é geralmente feita com baixos investimentos, e a redução do gasto de energia elétrica e maior rendimento do moinho podem ser decisivos economicamente, além disso, de acordo com Amerah et al. (2007), a redução de tamanho de partículas do alimento pode contribuir com uma maior digestão dos nutrientes deste alimento, quando utilizados em um eventual sistema de alimentação animal.

Observou-se efeito significativo entre os tratamentos ($P<0,05$) para os teores de PB, FDN, FDA, EE, celulose e lignina do caroço de algodão desintegrado (Tabela 1.3). O processo de deslintamento não interferiu nos teores de PB, EE e lignina do caroço, entretanto, o maior grau de deslintamento, realizado no tratamento IB, contribuiu com a redução dos constituintes da parede celular, FDN, FDA e celulose.

O caroço do algodão integral com línter é um alimento com elevado teor de proteína e com alta densidade energética, em função dos níveis elevados de extrato etéreo em sua composição (NRC, 2007), além disso, o línter pode representar 10% do caroço integral (ROGÉRIO et al., 2003). O caroço de algodão apresenta em sua composição teores médios de 900 g/kg de matéria seca (MS), 222 g/kg de proteína bruta (PB), 197 g/kg de extrato etéreo (EE) e 450 g/kg de fibra em detergente neutro (FDN) (EL-MEMARI NETO et al., 2003; VALADARES FILHO et al., 2006; MELO et al., 2007) e teores de gossipol entre 6,0 a 20,0 g/kg (BENBOUZA et al., 2002). A composição químico-bromatológica do caroço de algodão está relacionada, entre outros fatores, com os genótipos das plantas, podendo haver variações em sua composição.

O valor nutricional da torta de algodão, proveniente da extração do óleo do caroço, depende, basicamente, do método de extração (PIERCE, 1970), no entanto, estes resultados encontrados para a composição do caroço de algodão apresentam influência direta no valor nutricional da torta de algodão.

Foi observado efeito significativo para os teores de MS e umidade da torta de algodão das diferentes indústrias ($P<0,05$) (Tabela 1.4). O teor de umidade da torta de algodão está relacionado, entre outros fatores, com o local e tempo de armazenamento. A umidade do caroço utilizado como matéria prima também pode ter influência direta

nos teores de MS e umidade do produto final, entretanto, não foi observado efeito (P>0,05) entre as indústrias para os teores de MS e umidade do caroço de algodão (Tabela 1.3).

Tabela 1.3 Composição químico-bromatológica do caroço de algodão utilizado na obtenção da torta de algodão sob diferentes condições de processamento

Item	Indústria[1]				EPM[4]
	IA	**IB**	**IC**	**ID**	
Matéria seca (g/kgMN)	886	899	894	906	3,110
Umidade (g/kgMS)	113	100	105	93	3,125
Matéria seca indisgestível[2]	250	296	294	255	6,761
Matéria orgânica[2]	847	858	854	866	2,971
Proteína bruta[2]	227b	266a	219b	217b	4,646
NIDN/NT[3]	111b	101a	116b	113b	1,283
NIDA/NT[3]	90	84	94	90	1,133
PIDN[2]	22	21	23	22	1,186
PIDA[2]	16	16	18	16	0,276
Extrato etéreo[2]	151b	190a	141b	160b	3,571
Fibra em detergente neutro[2]	610a	572b	635a	619a	8,578
FDNcp[2]	555ab	518b	585a	572ab	6,828
FDNi[2]	191	196	214	190	5,449
Fibra em detergente ácido[2]	461a	413b	484a	475a	3,929
FDAi[2]	177ab	162b	184a	174ab	2,063
Celulose[2]	342a	268b	351a	353a	4,694
Hemicelulose[2]	130	145	138	124	2,603
Lignina[2]	138b	160a	152ab	141ab	2,564
Cinza[2]	38	41	40	40	0,373
CIDN[2]	11	11	13	15	0,533

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; [2/]Valores em g/kg da MS; [3/]Valores em g/kg do nitrogênio total; NIDN – Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA – Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; PIDN – Proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA – Proteína insolúvel em detergente ácido; FDN - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; FDNc - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza; FDNp - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para proteína; FDNi - Fibra insolúvel em

detergente neutro indigestível; FDAi - Fibra insolúvel em detergente ácido indigestível; CIDN – Cinza insolúvel em detergente neutro;
Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si adotando-se α = 0,05 pelo teste Tukey; [4/]EPM – Erro padrão médio.

De acordo com a metodologia descrita para a amostragem da torta de algodão, as amostras utilizadas no presente estudo foram adquiridas após o processo de prensagem e extração do óleo, e armazenadas em condições de temperatura e umidade semelhante para todos os tratamentos.

O teor de umidade dos subprodutos do algodão apresenta uma relação positiva com os teores de línter, fator este explicado pela alta capacidade higroscópica deste componente. A menor participação do línter e teor de umidade na torta de algodão da indústria IB (P<0,05) corroboram com os resultados encontrados por Queiroga et al. (1993) que, avaliando o teor de umidade do caroço de algodão submetido ao processo de deslintamento à flama, concluíram que quanto maior o grau de deslintamento, menor o teor de umidade do caroço. Segundo Luchesi (1994), o teor de umidade da torta de algodão não deve ser superior a 120 g/kgMS. A manutenção de baixos teores de umidade se constitui em fator preponderante na preservação da qualidade dos alimentos concentrados durante o armazenamento, e para a obtenção de um produto de melhor qualidade após o processamento (BERBET & STENNING, 1999).

Foi observado efeito significativo (P<0,05) para os teores de PB da torta de algodão (Tabela 1.4). Os resultados obtidos podem ser explicados pela variação na PB do caroço (Tabela 1.3) e dos diferentes processos de obtenção da torta de algodão.

Para os teores de PB do caroço, não foi observada diferença entre as indústrias IA, IC e ID, com valores de 227; 219 e 217 g/kgMS, respectivamente, inferiores à indústria IB, 266 g/kgMS. Para a torta, entretanto, observou-se uma redução nos valores de PB nas indústrias IC e ID, quando comparados às IA e IB. As indústrias IA e IB apresentaram seus teores de PB à semelhança dos encontrados em todos os caroços, dos quais originaram-se, onde especialmente a indústria IB, que destacou-se dos demais, foi superior a todas as indústrias (Tabela 1.4).

De acordo com a FAO (1992), a casca normalmente é separada antes do esmagamento do caroço, mas o caroço integral é prensado com casca para a obtenção do óleo. Segundo Moreira (2008), o farelo de algodão, frequentemente utilizado na alimentação de ruminantes, pode ser feito apenas de torta, ou quando misturado às

cascas de algodão, dará origem ao farelo de algodão com casca. A mistura de diferentes proporções de casca origina farelos com diferentes teores de PB (VALADARES FILHO et al., 2006). Neste contexto, quanto maior a proporção de casca, menor o teor de PB e maior o teor de fibra. A maior participação de línter no caroço proveniente das indústrias IC e ID pode ter contribuído com a redução dos teores de PB da torta, devido à maior concentração proporcional dos constituintes da parede celular na matéria prima caroço e, consequentemente, no produto final, torta de algodão.

Foi observado efeito significativo ($P<0,05$) entre as indústrias nos teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e ácido (NIDA) em g/kg do nitrogênio total (g/kgNT) da torta de algodão (Tabela 1.4).

Observou-se uma mesma tendência nos teores do NIDN da torta de algodão das indústrias IC e ID, nas quais os resultados apontam que, as maiores temperaturas observadas para estes tratamentos (Tabela 1.1), durante o processo de extração do óleo, não influenciaram os valores desta fração no produto final, no qual apenas a indústria IA (134 g/kgNT) diferiu da IC (117 g/kgNT). Estes resultados indicam que o NIDN pode estar relacionado tanto com o nitrogênio insolúvel, associado à parede celular (FDN) (VAN SOEST, 1994), como para as temperaturas de processamento e uma possível interação entre estes (Tabelas 1.3 e 1.4). Pois as indústrias IC e ID apresentaram maiores teores de FDN e FDA em comparação às IA e IB, e a indústria ID, mesmo com maior temperatura que o IB, não atribuiu diferença significativa ($P>0,05$) no NIDN nestas duas indústrias.

Não houve efeito ($P>0,05$) para os teores do NIDA do caroço (g/kg do NT), entretanto, a variação de temperatura na prensa entre os tratamentos diferenciaram as concentrações do NIDA na torta de algodão. As temperaturas observadas, 109 e 107°C, no momento de prensagem nas indústrias IA e IB, respectivamente, contribuiu com os menores teores de NIDA (g/kgNT) da torta de algodão (Tabela 1.4). O efeito da temperatura entre os tratamentos sobre o NIDA foi bastante acentuado, principalmente a partir de 110°C.

Os teores de NIDA podem ser indicativos da magnitude do efeito térmico, aumentando o nitrogênio lignificado a partir dos produtos de *Maillard*, não sofrendo efeito pelos microrganismos ruminais, mesmo disponíveis para degradação. De acordo com Van Soest (1965) e Licitra et al. (1996), o aumento observado nestas frações indica a ocorrência de reações de *Maillard*, que conduzem à formação de lignina artificial

devido uma complexa série de reações entre açúcares redutores com o grupo amínico das proteínas, que levam a formação de redutonas, hidroximetilfurfural e degradação de Strecker (degradação de açúcares com aminoácidos).

As frações proteicas do caroço do algodão estão diretamente relacionadas com o genótipo da planta, entretanto, as temperaturas utilizadas durante as etapas de processamento formam um conjunto de reações termoquímicas, alterando a composição do produto final. Estes resultados indicam a necessidade de padronização no processo de obtenção da torta de algodão.

O caroço proveniente das indústrias IA, IC e ID apresentaram-se com teor de extrato etéreo (EE) iguais entre si, e inferior ao IB (190 g/kgMS). Entretanto, o menor tamanho de partícula do caroço desintegrado, oriundo da indústria IB (Tabela 1.2), aumentou a eficiência da extração do óleo, reduzindo o teor de EE deste, em comparação às demais indústrias. Em contrapartida, as indústrias IC e ID apresentaram-se com um menor percentual de partículas inferior a 2,0 mm (14,1 e 25,3%). Possivelmente, pelo não deslintamento e utilização dos moinhos tipo martelo e de lâmina, respectivamente, apresentaram uma redução do atrito no processo de desintegração do caroço, contribuindo com a elevação dos teores de EE, 97 e 96 g/kgMS, ($P<0,05$) da torta de algodão em relação ao IB.

Os teores de EE da torta de algodão foram influenciados pelos diferentes processamentos, observando-se efeito significativo ($P<0,05$) entre as indústrias (Tabela 1.4). O processo de deslintamento nas indústrias IA e IB contribuiu para maior desintegração do caroço, independente do tipo de moinho utilizado, apresentando maior percentual de partículas inferiores a 2,0 mm (32,1 e 30,4%, respectivamente), retidas na peneira de fundo, contribuindo com a redução do teor de EE da torta de algodão, 83 e 72 g/kgMS, respectivamente. A diferença observada nos teores de EE da torta de algodão das indústrias IB, IC e ID (Tabela 1.4) podem ser explicados pelo grau de deslintamento do caroço, no qual a indústria IB apresentou-se com um menor teor de línter residual no caroço. O grau de deslintamento está diretamente relacionado com a eficiência no beneficiamento do algodão em caroço e do tipo e marca do deslintador utilizado pela indústria.

Estes resultados indicam que quanto menor a granulometria e concentração de línter no caroço de algodão, no processo de prensagem, maior a eficiência na extração do óleo, contribuindo com a redução dos teores de gordura na torta de algodão.

Tabela 1.4 Composição químico-bromatológica da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Item	Indústria[1]				EPM[4]
	IA	**IB**	**IC**	**ID**	
Matéria seca (g/kgMN)	910ab	916a	903b	911a	0,929
Umidade (g/kgMS)	89ab	83b	96a	88ab	1,072
Matéria seca indisgestível[2]	215	201	218	228	3,695
Matéria orgânica[2]	862	866	859	866	0,881
Proteína bruta[2]	286ab	310a	259c	273bc	3,281
NIDN/NT[3]	134a	120ab	117b	123ab	1,739
NIDA/NT[3]	78b	73b	97a	82a	2,391
PIDN[2]	35	31	22	31	0,492
PIDA[2]	11	13	11	12	0,420
Extrato etéreo[2]	83ab	72b	96a	96a	2,036
Fibra em detergente neutro[2]	547a	503b	558a	551a	3,636
FDNcp[2]	513a	469b	533a	421a	3,754
FDNi[2]	173	155	166	173	2,553
Fibra em detergente ácido[2]	446a	390b	457a	446a	3,106
FDAi[2]	157a	137b	159a	162a	2,134
Celulose[2]	341a	289b	352a	338a	2,829
Hemicelulose[2]	111	134	113	120	3,659
Lignina[2]	118	109	118	113	1,449
Cinza[2]	47ab	50a	44b	45b	0,541
CIDN[2]	11	13	11	12	0,461

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; [2/]Valores em g/kg da MS; [3/]Valores em g/kg do nitrogênio total; NIDN – Nitrogênio indolúvel em detergente neutro; NIDA – Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; PIDN – Proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA – Proteína insolúvel em detergente ácido; FDNcp - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; FDNc - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza; FDNp - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para proteína; FDNi - Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível; FDAi - Fibra insolúvel em detergente ácido indigestível; CIDN – Cinza insolúvel em detergente neutro;

*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si adotando-se $\alpha = 0,05$ pelo teste Tukey; [4.]EPM – Erro padrão médio.

Observou-se efeito significativo para os teores de FDN, FDNcp, e FDA da torta de algodão, superiores (P<0,05) para as indústrias IC e ID, onde o caroço não sofreu o processo de deslintamento parcial (Tabela 1.4). A torta de algodão, proveniente da indústria IB, apresentou os menores (P<0,05) teores destes componentes (496; 518 e 413 g/kgMS para FDN, FDNcp e FDA, respectivamente) devido à maior extração do línter do caroço no seu processo de obtenção. O menor grau de deslintamento na indústria IA, em comparação com a IB, e o não deslintamento do caroço nas IC e ID contribuiu com o aumento (P<0,05) dos teores de FDA e celulose.

Não houve efeito significativo (P>0,05) para os teores de hemicelulose (111, 134, 113 e 120 g/kgMS) e lignina (118, 109, 118 3 113 g/kgMS) da torta de algodão entre as indústrias IA, IB, IC e ID, respectivamente. O processo de deslintamento do caroço de algodão, antes da etapa de desintegração e cozimento, contribui positivamente com a melhoria dos constituintes da parede celular da torta de algodão proveniente da extração do óleo.

Não foi observado efeito entre os tratamentos para os teores de MSi e FDNi (P>0,05) da torta de algodão, no entanto, a FDAi seguiu a mesma tendência da FDA apresentando um teor inferior, 137g/kgMS, para torta da indústria IB (Tabela 1.4). O caroço e torta de algodão são subprodutos com elevados teores em FDN, entretanto, a FDN não derivada de forragem apresenta menor tamanho de partícula e maior gravidade específica, além de representar fibra de alta efetividade (ALLEN & GRANT, 2000) e digestibilidade, o que pode ser comprovado no presente estudo, no qual a maior participação de línter nas indústrias IC e ID (Tabela 1.4) não interferiu nas frações estimadas da FDNi.

Diversos trabalhos têm demonstrado que os co-produtos do algodão apresentam boa capacidade em manter a atividade mastigatória, o que resultaria em uma boa fonte de fibra efetiva (ALLEN & GRANT, 2000; SLATER et al., 2000; NRC, 2001; HARVATINE et al., 2002; MELO et al., 2007). Harvetine et al (2002) demonstraram que o FDN do caroço de algodão não representa limitações quanto à capacidade em estimular a atividade mastigatória e, portanto, é capaz de manter o funcionamento adequado do ambiente ruminal.

Tomlinson et al. (1991) ressaltaram que a digestibilidade do alimento está mais relacionada com a FDA do que com a fibra em detergente neutro, pois a fração da fibra indigestível, a lignina, representa maior proporção da FDA. O menor teor de FDAi,

encontrado na indústria IB (P<0,05), pode ser atribuído ao maior grau de deslintamento do caroço nesta indústria que, consequentemente reduziu os teores de FDA na torta de algodão, pois não foi observado efeito entre as indústrias (P>0,05) para os teores de lignina da torta de algodão (Tabela 1.4).

Apesar da concentração de lignina ser o principal fator a interferir na digestibilidade, outros devem ser considerados, tais como grau de cristalinização da celulose, teor de sílica, distribuição da lignina sobre a parede celular (VAN SOEST, 1994), parâmetros não avaliados no presente estudo. Também, embora exista forte correlação entre quantidade de lignina e digestibilidade, é bem possível que o tipo e composição química da lignina seja um fator mais importante do que sua concentração na determinação da digestibilidade (FUKUSHIMA & DEHORITY, 1995).

Estudos envolvendo a avaliação da FDN e FDA indigestível têm sido realizados com a finalidade de estimar a digestibilidade dos nutrientes dos alimentos por sua relativa facilidade e eficácia nos resultados (BERCHIELLI et al., 2000).

Atualmente, os sistemas de avaliação de alimentos para ruminantes, os quais fornecem suporte às formulações de rações, exigem que os nutrientes sejam fracionados no sentido de melhor caracterizá-los (SNIFFEN et al., 1992). Com o advento do sistema detergente proposto por Van Soest (1991), tornou-se possível fracionar a fibra para melhor entender sua constituição e correlacioná-la a possíveis implicações à nutrição animal, bem como uma divisão dos Carboidratos Totais (CT) e Carboidratos Não Fibrosos (CNF).

Assim, foi verificado que não houve diferença (P>0,05) para teores de CT, CNF e da fração indigestível, fração C (g/kg da MS), entre as tortas de algodão avaliadas, as quais apresentaram teor médio de 583; 74 e 275 g/kgMS, respectivamente (Tabela 1.5). Entretanto, observou-se uma variação (P<0,05) nos teores de carboidratos fibrosos (CF) e na fração B_2 (g/kg da MS), representada pela fração potencialmente degradável, da torta de algodão, apresentando teores de 513 e 230, 469 e 206, 533 e 248, e, 521 e 247 g/kgMS, para os tratamentos IA, IB, IC e ID, respectivamente (Tabela 1.5).

As maiores frações de CF, observados para os tratamentos IA, IC e ID, ocorreram em função do maior teor de FDN e FDNcp observado nas tortas de algodão em relação ao tratamento IB (Tabela 1.4), já que essa fração é representada pela fibra em detergente neutro corrigido para os teores de cinzas e proteína (HALL, 2003). Essa tendência também pode ser observada nas frações de CF do caroço, justificando que, o

maior grau de deslintamento ocorrido no tratamento IB favoreceu na redução nos teores de CF da torta de algodão.

Tabela 1.5 Teores médios de carboidratos totais (CT), carboidratos fibrosos (CF), carboidrato não fibroso (A+B1), componentes disponíveis correspondentes à fração potencialmente degradável (B_2), e fração indigestível da parede celular (C) do caroço e torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Item	**Indústria**[1]				EPM[3]
	IA	**IB**	**IC**	**ID**	
		Caroço de algodão			
CT[2]	590a	507b	599a	581a	6,158
CF (FDNcp)[2]	540a	451b	573a	554a	5,945
CNF (A+B1)[2]	49a	55a	26b	27b	1,843
B_2[2]	207a	106b	208a	213a	9,477
C[2]	333b	384a	364ab	340ab	6,164
		Torta de algodão			
CT[2]	583	566	599	584	3,927
CF (FDNcp)[2]	513a	469b	533a	521a	4,468
CNF (A+B1)[2]	70	97	66	63	4,939
B_2[2]	230a	206b	248a	247a	2,613
C[2]	283	262	285	273	3,377

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; [2/]g/kg de matéria seca;
Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si adotando-se $\alpha = 0,05$ pelo teste Tukey; [3/]EPM – Erro padrão médio.

No tocante ao teor da fração B_2 (g/kgMS), Malafaia et al. (1998) destacaram que o valor desta fração dos alimentos está relacionado ao teor de FDN, pois, em estudos realizado por esses autores com diversos alimentos, ficou evidenciado que os maiores valores da fração B_2, decorreram de seus mais altos teores de FDN. Assim, os resultados obtidos no presente estudo, para as frações B_2 dos tratamentos IA, IC e ID (Tabela 1.5)

estão diretamente relacionados com os teores mais elevados de FDN da torta de algodão em comparação ao IB (Tabela 1.4).

Com relação à fração C dos carboidratos, não foi verificado diferença (P>0,05) entre as indústrias (Tabela 1.5). Consequentemente, a semelhança nos teores da lignina nas tortas de algodão estudadas (Tabela 1.4) justifica a similaridade da fração C entre os tratamentos. A não variação nos resultados encontrados para essa fração presume grande importância na qualidade deste alimento, pois a fração C reflete efeito de incremento na repleção ruminal, acarretando menor disponibilidade energética, em virtude de sua característica de indigestibilidade, promovendo menor consumo potencial por unidade de tempo, acarretando baixa taxa de passagem. Segundo Van Soest (1994), o efeito de repleção ruminal é o tempo de renovação das frações que compõem determinado alimento, sendo logicamente aplicado aos constituintes da parede celular.

Houve diferença (P<0,05) entre as frações nitrogenadas A, B_1+B_2, B_3 e C entre as tortas de algodão estudadas (Tabela 1.6). As proporções de nitrogênio, na forma de fração A, que corresponde ao nitrogênio não proteico (NNP) das tortas de algodão estudadas, apresentaram valores de 152; 147 e 156 g/kgMS para os tratamentos IA, IC e ID, respectivamente, significando haver suprimento de compostos nitrogenados não proteicos para microrganismos que fermentam carboidratos estruturais, com exceção para o tratamento IB, que apresentou valor aproximadamente de 50% inferior aos demais, 74 g/kgMS. Ribeiro et al. (2001) afirmaram que quanto mais elevados os teores das frações proteicas A e B_1, maior a necessidade de suprimento de carboidratos de rápida degradação para adequado sincronismo de fermentação de proteína e carboidratos no rúmen.

As frações B_1 e B_2 neste estudo foram consideradas fração única (B_1+B_2) e se referem às proteínas solúveis e insolúveis verdadeiras (PIRES et al., 2009). A torta de algodão proveniente da indústria e tratamento IB apresentou o maior teor nas frações nitrogenadas de degradação rápida e intermediária (B_1+B_2), enquanto que nas frações de lenta degradação (B_3) foi observada similaridade entre os tratamentos IA e IB. Com base nestes resultados, a torta de algodão pode ser recomendada para atender às exigências de peptídeos dos microrganismos ruminais, que utilizam os carboidratos não estruturais, isto porque, de acordo com Russell et al. (1992), a biomassa desses microrganismos no rúmen pode ser aumentada em até 18,7%, quando ocorre adequada disponibilidade da fração B_1 no interior do rúmen. Em contrapartida, as tortas de

algodão estudadas no presente trabalho, com teor médio de 755 g/kgNT do seu conteúdo proteico constituído pelas frações B_1+B_2, também podem ser indicadas para propiciar maior aporte energético de nitrogênio nos intestinos.

Segundo Valadares Filho (2000), em relação à avaliação proteica dos alimentos para ruminantes, nem todo fracionamento proteico feito pelo CNCPS (2002) deveria ser adotado no Brasil. Porém, dependendo da finalidade da pesquisa, o fracionamento, conforme descrito por estes, torna-se necessário, principalmente, quando se pretende calcular o escape ruminal de proteína oriundo de cada uma dessas frações. Os resultados encontrados no presente estudo destaca a torta de algodão proveniente da indústria IB com maior porção de proteína verdadeira, fração (B_1+B_2), 804 g/kgNT), disponível para a microbiota ruminal em relação às demais tortas estudadas.

A fração B_3 (g/kgNT) foi menor ($P<0,05$) nas tortas oriundas das indústrias IC e ID. Essa fração proteica (B_3), apesar de digerível, possui taxa de degradação ruminal de 0,02 a 1,0% h^{-1} (SNIFFEN et al., 1992). A relação NIDN/NT, proteína insolúvel em detergente neutro, aumenta de acordo com a proporção dos constituintes da parece celular, diminuindo a porção desta fração (B_3) desses alimentos (MARCONDES et al., 2009). A maior participação de línter pode ter contribuído com a redução da fração B_3 nas tortas de algodão provenientes das indústrias IC e ID.

Já a fração considerada indigestível (C, %NT), mensurada pela quantificação do teor de NIDA das tortas, apresentou efeito significativo ($P<0,05$) com os maiores valores observados nas indústrias IC e ID. Esta fração proteica corresponde às proteínas associadas à lignina, e produtos oriundos da reação de *Maillard*, altamente resistentes às enzimas microbianas e indigestíveis ao longo do trato gastrintestinal (LICITRA et al., 1996), complexando proteínas e carboidratos, diminuindo seu valor nutritivo (BRANCO et al., 2006). Os maiores teores de NIDA, observados nestes tratamentos, advêm, provavelmente, das temperaturas mais elevadas na torta durante o processamento na obtenção destes co-produtos (Tabela 1.1).

A quantificação e a estimativa das taxas de degradação das frações nitrogenadas são responsáveis pelo maior ou menor escape de nitrogênio ruminal e pelo atendimento das exigências de nitrogênio dos microrganismos ruminais. Dessa forma, fica implícito que alimentos com teores de proteína bruta semelhantes, mas com diferenças nestas frações, resultarão em predições incorretas sobre o desempenho animal se na

formulação das rações não for considerada a dinâmica destas frações no rúmen e nos intestinos.

Tabela 1.6 Teores percentuais médios de nitrogênio total (NT), fração constituída de nitrogênio não-proteico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B_1+B_2), fração de lenta degradação (B_3) e fração indigestível (C) do caroço e torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Item	**Indústria**[1]				EPM[2]
	IA	**IB**	**IC**	**ID**	
		Caroço de algodão			
NT (g/kgMS)	36b	42a	35b	34b	0,074
A (g/kgNT)	233	221	230	198	1,566
B_1+B_2 (g/kgNT)	680	700	684	707	1,616
B_3 (g/kgNT)	23	27	23	27	0,070
C (g/kgNT)	72ab	62b	68b	76a	0,194
		Torta de algodão			
NT (g/kgMS)	45ab	49a	41c	43bc	0,052
A (g/kgNT)	152a	74b	147a	156a	0,154
B_1+B_2 (g/kgNT)	725b	804a	741b	723b	4,567
B_3 (g/kgNT)	60a	62a	34c	54b	0,286
C (g/kgNT)	66b	61b	82a	75ab	0,168

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas;
Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si adotando-se α= 0,05 pelo teste Tukey;
[2/]EPM – Erro padrão médio.

Análises das frações nitrogenadas e de carboidratos deveriam fazer parte da rotina laboratorial, por serem simples, não onerosas, e permitirem avaliação mais correta dos alimentos (MALAFAIA et al., 1998), pois os dados resultantes permitem estimar o desempenho animal, por proporcionarem o melhor atendimento do sincronismo da fermentação de carboidratos e compostos nitrogenados no rúmen. Assim, o conhecimento da extensão com que a proteína é degradada no rúmen constitui

parâmetro importante para determinação do fornecimento de nitrogênio aos microrganismos e da quantidade de aminoácidos que pode ser absorvida no intestino.

Tabela 1.7 Teores médios de nutrientes digestíveis totais (NDT em g/kgMS), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia líquida de mantença (ELm), energia líquida de ganho (ELg) e energia líquida de lactação (ELl) em Mcal/Kg de MS do caroço e torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Item	**Indústria**[1]				EPM[6]
	IA	**IB**	**IC**	**ID**	
		Caroço de algodão			
NDT_{NRC}[2,3]	662ab	702a	621b	663ab	6,486
NDT_{FDN}[2,4]	543ab	574a	518b	527b	4,854
$NDT_{Detmann}$[2,5]	689b	748a	649b	687b	6,085
ED	3,0ab	3,2a	2,8b	3,0ab	0,029
EM	2,6ab	2,8a	2,4b	2,6ab	0,030
ELm	9,5ab	11,0a	8,3b	9,4ab	0,211
ELg	1,1ab	1,2a	0,9b	1,1ab	0,023
ELl	1,5ab	1,6a	1,4b	1,5ab	0,016
		Torta de algodão			
NDT_{NRC}[2,3]	601	614	610	624	4,249
NDT_{FDN}[2,4]	565b	601a	559b	562b	2,275
$NDT_{Detmann}$[2,5]	625	618	635	643	3,988
ED	2,8	2,9	2,8	2,9	0,018
EM	2,4	2,5	2,4	2,5	0,019
ELm	8,3	8,9	8,3	8,9	0,023
ELg	0,9	1,0	0,9	1,0	0,014
ELl	1,3	1,3	1,3	1,4	0,010

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; [2/]Valores em g/kg da MS, [3/]NDT_{NRC} – Nutrientes digestíveis totais estimados (NRC, 2001); [4/]NDT_{FDN} – Nutrientes digestíveis totais estimado (Cappelle et al., 2001); [5/]$NDT_{Detmann}$ - Nutrientes digestíveis totais estimado (Detmann et al., 2008);
Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si adotando-se α=0,05 pelo teste Tukey; [6/]EPM – Erro padrão médio.

Não foi observada diferença (P>0,05) para os teores de NDT_{NRC} estimado (NRC, 2001) das tortas de algodão estudadas (Tabela 1.7), em contrapartida, observou-se efeito (P<0,05) nos valores de NDT_{FDN} estimado pela relação com o FDN. A menor proporção da FDN da torta de algodão proveniente da indústria IB (Tabela 1.4), provavelmente, contribuiu com o aumento do valor de NDT_{FDN} estimado da torta oriunda da indústria IB em comparação aos demais.

O valor superior de NDT_{NRC} e $NDT_{Detmann,}$ no caroço de algodão proveniente da indústria IB, pode ser devido à maior concentração de extrato etéreo (190g/kgMS) e proteína bruta (266g/kgMS) nesse alimento (Tabela 1.3). De acordo com Weiss (1998), o extrato etéreo e os constituintes proteicos têm sido positivamente correlacionados ao NDT. Entretanto, a maior eficiência no processo de extração do óleo na indústria IB, devido à menor participação de línter e tamanho de partículas do caroço desintegrado (Tabela 1.2), fizeram com que o produto resultante, torta de algodão, se apresentasse com teor de EE inferior às demais indústrias (Tabela 1.4), fazendo com que não houvesse diferença nos teores de NDT_{NRC} e $NDT_{Detmann}$ entre as indústrias.

Visualmente, as diferenças entre os modelos propostos pelo NRC (2001) e Detmann et al. (2008), para estimativa dos teores de NDT, são poucos perceptíveis (Tabela 1.7). Entretanto, Silva et al. (2007) e Azevêdo et al. (2011) observaram que o modelo do NRC (2001) tende a subestimar a predição de algumas frações, como o EE aparentemente digestível (EEad), utilizadas na estimativa do NDT para alimentos em condições tropicais.

Considerando que o modelo proposto por Detmann et al. (2208) para estimativa dos teores de NDT foi desenvolvido exclusivamente com bases em informações de alimentos produzidos em condições brasileiras. Rocha Júnior et al. (2003), Detmann et al. (2004), Pina et al. (2006), Oliveira et al. (2007) e Azevêdo et al. (2011) sugerem que esse modelo seja mais adequado para estimar os teores dos NDT de co-produtos agroindustriais.

O conteúdo de NDT é importante, uma vez que a energia é frequentemente um dos fatores mais limitantes na nutrição de ruminantes (OLIVEIRA et al., 2010). Segundo Cappelle et al. (2001), o teor de NDT estimado pelo método de equações a partir dos teores de fibra em detergente neutro, reduz com a elevação deste constituinte, dados que podem ser comprovados com os resultados dos teores de NDT_{FDN} encontrados no presente estudo. De acordo com o NRC (2001), o conteúdo de energia

dos alimentos é negativamente correlacionado ao teor de FDN, devido à menor digestibilidade desta fração.

Não houve efeito (P<0,05) para as variáveis: energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia líquida par mantença (ELm) e para ganho (ELg) entre as tortas de algodão avaliadas (Tabela 1.7). As diferentes etapas no processo de obtenção da torta de algodão, observadas entre as indústrias estudadas, seguiu a mesma tendência dos teores de NDT_{NRC} e $NDT_{Detmann}$, influenciando nos valores das variáveis supracitadas.

O NDT e os valores de energia podem viabilizar a descrição dos efeitos ingestivos e a disponibilidade digestiva dos nutrientes e da ração como um todo (NRC, 2001). De acordo com o NRC (2001), o sistema de EL fornece valores de disponibilidade de energia muito mais precisos que o NDT, mas este sistema ainda permanece porque os valores de EL são difíceis de serem obtidos e também porque há grande quantidade de informações disponíveis sobre o NDT. Assim, quando o NDT ou a ED são conhecidos, todas as outras expressões de energia podem ser calculadas, usando-se equações apropriadas, o que vem destacar a importância de equações que estimam essas variáveis.

A maior concentração de gossipol livre, encontrada na torta de algodão proveniente das indústrias IC e ID, pode está relacionada com os elevados teores de EE presentes na torta de algodão, 97 e 96 g/kgMS, quando comparados com os valores de 83 e 72 g/kgMS nas indústrias IA e IB, respectivamente (Tabela 1.4). Os valores encontrados para gossipol livre, nas tortas de algodão das indústrias IA e IB, foram semelhantes ao preconizado pela ANFAL (Brasil, 2005) para o farelo de algodão, que deve ser de 0,12%.

De acordo com Luginbuhl et al. (2000), quase todo o gossipol presente no caroço de algodão integral cru está sob a forma livre. Robinson et al. (2001) avaliaram a influência do armazenamento sobre a qualidade nutricional de quatro variedades de caroço de algodão e não encontraram diferenças significativas nos níveis de gossipol livre, apresentando valores médios de 1,09%, valores estes, inferiores aos observados no presente estudo. No entanto, este valor numericamente próximo aos encontrados nos caroços das indústrias IA e IC, provavelmente, os cultivares de algodão utilizados neste estudo e as condições de cultivo, já que não existe um controle das variedades do caroço

de algodão adquiridos pelas indústrias, contribuíram para os altos teores de gossipol livre encontrados nos caroços das indústrias IB e ID.

Tabela 1.8 Teores médios descritivos (n=2) de gossipol livre do caroço e torta de algodão provenientes da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Item	**Indústria**[1]				Média (%)
	IA	**IB**	**IC**	**ID**	
	Caroço de algodão				
Gossipol livre (mg/kg)	1618,0	2461,0	1793,0	2185,0	2014,2
Gossipol livre (%)	1,60	2,50	1,80	2,20	2,00
	Torta de algodão				
Gossipol livre (mg/kg)	9,0	12,0	64,0	71,0	39,0
Gossipol livre (%)	0,09	0,12	0,64	0,71	0,39

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas.

O processo de deslintamento favorece maior desintegração do caroço, reduzindo o seu tamanho de partículas (menor granulometria), melhorando a eficiência no momento da extração do óleo e reduzindo os teores de gordura (EE) da torta de algodão, na qual se encontra a maior concentração de gossipol. Portanto, levando em consideração que as concentrações de gossipol livre no caroço foram descritivamente próximas, quanto maior o teor de EE na torta, possivelmente, maior será a sua concentração em gossipol livre.

1.4 CONCLUSÕES

A torta de algodão sofre variações em seu valor nutricional em função do processo de obtenção.

O processo de deslintamento e a utilização de moinho de lâminas contribuem com a redução dos constituintes da parede celular da torta de algodão, melhoram a eficiência da extração do óleo, reduzindo os teores de EE e gossipol livre. Além disso, proporcionam teores de PB superiores à torta de algodão proveniente do caroço não deslintado e desintegrado em moinho tipo martelo.

A torta de algodão, obtida a partir do caroço não deslintado, apresenta elevadas temperaturas no momento da prensagem, aumentando as frações nitrogenadas indigestíveis.

Havendo opção de escolha na aquisição destes co-produtos disponíveis no mercado, aconselha-se optar pela torta de algodão que apresente características semelhantes às da indústria “B”, por apresentar maior valor nutricional.

1.5 REFERÊNCIAS

ALLEN, D.M., GRANT, R.J. Interactions between forage and wet corn gluten feed as sources of fiber in diets for lactating dairy cattle. **Journal Dairy Scienci**, n.83, p.322-331, 2000.

AMERAH A.M.; RAVINDRAN V.; LENTLE, R.G. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. **World's Poultry Science Journal** v.63, p.439-449, 2007.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLEY, L. MINARDI, I et al. **Nutrição Animal. As bases e os fundamentos da nutrição animal**. Os alimentos. Vol. 1. 4ª edição. Nobel, 1981. 396p.

AZEVÊDO, J.A.G.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Predição de frações digestpiveis e valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.2, p.391-402, 2011.

BENBOUZA, H. Developmente of a visual method to quantify the gossypol content in cotton seeds. **Crop Science**, v.42, p.1937-1942, 2002.

BERBERT, P.A.; STENNING, B.C. Redução da influencia da massa específica na determinação do teor de unidade de semente de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.34, n.4, p.641-650, 1999.

BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C.L. Avaliação de indicadores interno em ensaios de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.830-833, 2000.

BRANCO, A.F.; CONEGLIAN, S.M.; MAIA, F.J. et al. Digestibilidade intestinal verdadeira da proteína de alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.35, n.4, p.1788-1795, 2006 (supl1.).

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. Associação Nacional dos Fabricantes de Rações. 2005. **Compêndio brasileiro de nutrição animal**. São Paulo: ANFAR/CBNA/SDR.

CAI, Y.F.; ZHANG, H.; ZENG, Y. et al. An optimized gossypol high-performance liquid chromatography assay and its application in evaluation of different gland genotypes of cotton. **Journal of Biosciences**. v.29, p.67-71, 2004.

CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Influência do tempo de incubação e do tratamento de partículas sobre os teores de compostos

indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimento *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v,37, n.2, p.335-342, 2008.

CNCPS. **Cornell Net Carbohydrate and Protein System.** Ithaca: Cornell University, 2002. Software, version 5.0.18.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira de grãos. **Primeiro Levantamento de avaliação da safra 2011/12. Conab 2011.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_10_11_14_19_05_boletim_outubro-2011.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2011.

DETMANN, E.; PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Estimação da fração digestível da proteína bruta em dietas para bovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n.5, p.2101-2109, 2006c.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. et al. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1479-1486, 2006a.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. et al. Reparametrização do modelo baseado na lei de superfície para predição da fração digestível da fibra em detergente neutro em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.155-164, 2007.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. et al. Estimação da digestibilidade do extrato etéreo em ruminantes a partir dos teores dietéticos: desenvolvimento de um modelo para condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1469-1478, 2006b.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. et al. Prediction of the energy value of cattle diets based on the chemical composition of the feeds under tropical conditions. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.127-147, 2008.

DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S. et al. Validação de equações preditivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1866-1875, 2004.

EL-MEMARI NETO, A.C., ZEOULA, L.N., CECATO, U. et al. Suplementação de novilhos Nelores em pastagem de Brachiaria brizantha com diferentes níveis e fontes de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.32, n.6, p.1945-1955, 2003. (Supl.2).

FAO - Food Agriculture Organization United Nations. **Tropical feeds**. 3.0. Oxford Computer Journal, 1992. Disponível em: <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/TFEED8/iNDEX/HTM> Acesso em: 23 out. 2011.

FUKUSHIMA, R.S.; DEHORITY, B.A. Modificação do método colorimétrico “lignina solúvel em brometo de acetila” na estimativa quantitativa da lignina. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.24, p.192-203, 1995.

GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. Farelo e caroço de algodão. **In**: Alimentos e alimentação de gado de leite. Belo Horizonte, UFMG, p.21-22, 1997.

HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3226-3232, 2003.

HAVERTINE, D.I., WINKLER, J.E., DEVANT-GUILLE, M. et al. Whole linted cottonseed as a forage substitute: fiber effectiveness and digestion kinetics. **Journal Dairy Science**. n.85, p.1988-1999, 2002.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

LUCHESI, J. B. **Manejo de frango**. In: CONTROLE DE QUALDIADE NA PRODUÇÃO DE RAÇÕES. Coleção Facta, Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. p.119-123, 1994.

LUGINBUHL, J.M.; POORE, M.H.; CONRAD, A.P. Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility, and performace of growing male goats fed hay-based diets. **Journal of animal Science**. v.78, p.1677-1683, 2000.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M. et al. Determinação das frações que constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.790-796, 1998.

MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Degradação ruminal e intestinal da proteína bruta de alimentos para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.11, p.2247-2257, 2009.

MELO, A.A.S., FERREIRA, M.A., VÉRAS, A.S.C. et al. Caroço de algodão em dietas à base de palma forrageira para vacas leiteiras: síntese de proteína microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n.4, p.912-920, 2007.

MOREIRA, F.B. Subprodutos do algodão na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, Autores convidados, v.2, n.36, Art.356, 2008.

MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H.S.; COELHO, D.T. et al. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processados a calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n.6, p.916-929, 1994.

NOFTSGER, S.M.; HOPKINS, B.A.; DIAZ, D.E. et al. Effect of whole and expanded-expelled cottonseed on milk yield and blood gossypol. **Journal of Dairy Sience**, v.83, n.11, p.2539-2547, 2000.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. Washington : National Academy of Sciences (Nutrient requirements of domestic animals.), 1989. 169p.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.rev.ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2001. 381p.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1172-1182, 2007.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. et al. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo Sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.61-67, 2010.

PEREIRA, L.G.R.; MORAES, S.A.M de; GUIMARÃES JÚNIOR, R. et al. Uso de co-produtos da agroenergia na alimentação animal. V.2, p.159-171. **In**: Muniz, E.N. et al. Alternativas Alimentares para Ruminantes II. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. 267p.

PIERCE, RM. Sunflower processing techniques. **Journal of American Oil Chemists´Society**, v.47, n.7, p.248-269, 1970.

PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Efeitos de indicadores e dias de coleta na digestibilidade dos nutrientes e nas estimativas do valor energético de alimentos para vacas alimentadas com diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2461-2468, 2006.

PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R. et al. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.3, p.422-427, 2009.

QUEIROGA, V.P.; BEZERRA, J.E.S.; CORREIRA, L.J. Deslintamento à flama da semente de algodão (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**. v.15, n.1, p.7-12, 1993.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análise Estatística no SAEG** – Viçosa, UFV, 2001, 301p.

RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos, e respectivas taxas de digestão, do feno de capim-tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.30, n.2, p.589-595, 2001.

ROBINSON, P.H.; GETACHEW, G.; PETERS, E.J.; CALHOUN, M.C. Influence of variety and storage for up to 22 days on nutrient composition and gossypol level of Pima cottonseed (*Gossypium* spp.). **Animal Feed Science and Technology**, v. 91, p. 149-156, 2001.

ROCHA JR., V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das equações propostas pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.480-490, 2003.

ROGÉRIO, M.C.P.; BORGES, L.; SANTIAGO, G.S. et al. Uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes. **Arquivo de Ciência Veterinária e Zoologia**. v.6, n.1, p.85-90, 2003.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al**.** A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation**. Journal of Animal Science,** Madison, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.

SCHROEDER, G.E.; ERASMUS, L.J.; MEISSNER, H.H. Chemical and protein quality parameters of heat processed sunflower oilcake for dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 58, p.249-265, 1996.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 235p.

SILVA, P.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Valor energético do capim-elefante em diferentes idades de rebrota e estimativa da digestibilidade in vivo da fibra em detergente neutro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.711-718, 2007.

SLATER, A.L., EASTRIDGE, M.L., FIRKINS, J.L. et al. Effects of starch source and level of forage neutral detergent fiber on performance by dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.83, p.313-321, 2000.

SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.S. et. al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein avaliability, **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

TOMLINSON, D.J.; JAMES, R.E.; McGILLIARD, M.L. Effect of varying levels of neutral detergent fiber and total digestible nutrients on intake and growth of holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.2, p.537-545, 1991.

VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37. 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.267.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: Editora UFV, ed. 2, 2006, p.251.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell Univ. Press, 1994.

VAN SOEST, P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. III. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin in forages. **Journal of the Association Official of analytical Chemists**. v.48, n.5, p.785-790, 1965.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polyssacarides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WEISS, W.P. Estimating the available energy content of feeds for dairy cattle. In: Symposium: energy availability**. Journal Dairy Science**, v.81, p.830-839, 1998.

ZANOTTO, D.L.; BELLAVER, C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. **EMBRAPA-CNPSA**, Dezembro, 1996, p. 1-5, Comunicado Técnico, n° 215.

CAPÍTULO 2

Consumo e digestibilidade dos nutrientes da torta de algodão obtida sob diferentes condições de processamento em ovinos alimentados com dietas contendo feno de capim Tifton cv. 85

Resumo: A caracterização nutricional dos alimentos é o primeiro passo para a sua avaliação, viabilizando o conhecimento da concentração e digestibilidade dos nutrientes para adotar práticas de alimentação eficazes. Objetivou-se, com a realização do presente trabalho, avaliar o consumo e a digestibilidade dos nutrientes da torta de algodão, obtida sob diferentes condições de processamento em ovinos alimentados com dietas contendo feno de capim Tifton cv. 85. O experimento foi conduzido no Centro de Estudos Bioclimáticos – CEBIO, *Campus* de Itapetinga – BA, e no Laboratório de Nutrição Animal, *Campus* Vitória da Conquista – BA, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Utilizaram-se 10 ovinos da raça Santa Inês, machos inteiros, distribuídos em dois quadrados latinos 5x5, com 5 períodos de 12 dias (7 dias de adaptação e 5 dias para coleta de dados). Os animais foram alimentados com dietas contendo torta de algodão oriunda de quatro usinas com diferentes etapas e condições de processamento, tratamentos **IA, IB, IC** e **ID** e feno de capim Tifton cv. 85, e um tratamento controle (dieta basal), composto exclusivamente de feno. A inclusão da torta de algodão, proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento, nas dietas não influenciaram no consumo de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e carboidratos totais (CT). A variação nos teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), gossipol livre (GL) e carboidratos não-fibrosos (CNF), entre as tortas de algodão, influenciaram no consumo destes nutrientes nas dietas. Não foi observada diferença na digestibilidade aparente da MS, MO, PB, EE, FDN, e FDA entre as diferentes tortas. Houve efeito entre os coeficientes de digestibilidade aparente da PB e EE nas dietas com as diferentes tortas. A digestibilidade aparente dos CT e CNF foram influenciadas pela variação na composição químico-bromatológica das tortas, apresentando influência direta na digestibilidade das dietas. A torta de algodão, proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento e valores nutricionais, influencia no consumo e digestibilidade dos nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo feno de capim Tifton cv. 85.

Palavras-chave: co-produto, *Gossypium hirsutum,* gossipol, ruminante

Intake and nutrient digestibility of cottonseed cake obtained under different processing conditions in sheep fed diets containing Tifton hay cv. 85

Abstract: The nutritional characteristic of food is the first step in its evaluation, enabling the knowledge of concentration and digestibility of nutrients to adopt effective feeding practices. The objective of the present work to evaluate the intake and nutrient digestibility of cottonseed meal obtained under different processing conditions in sheep fed diets containing Tifton cv. 85. The experiment was conducted at the Center for Studies bioclimatic - CEBIO, *Campus* Itapetinga - BA and Animal Nutrition Laboratory, *Campus* Vitória da Conquista- BA, State University of Southwest Bahia - UESB. We used 10 Santa Inês sheep, bulls, divided into two 5 x 5 Latin square design with five periods of 12 days (7 days for adaptation and 5 days for data collection). The animals were fed diets containing cottonseed meal coming from four plants with different processing steps and conditions, treatments **IA, IB, IC** and **ID** and Tifton hay cv. 85, and a control (basal diet) composed exclusively of hay. The inclusion of cottonseed meal, from oil extraction under different processing conditions in the diets did not influence the consumption of dry matter (DM), organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and total carbohydrates (TC). The variation in crude protein (CP), ether extract (EE), free gossypol (FG) and non-fibrous carbohydrates (NFC) between the twisted cotton influenced the consumption of these nutrients in the diets. There was no difference in apparent digestibility of DM, OM, CP, EE, NDF, and ADF between different pies. No effect was observed between the apparent digestibility of DM, OM, NDF and ADF of diets. The apparent digestibility of CT and NSC were influenced by variation in chemical composition of pies, with direct influence on the digestibility of diets. The cottonseed meal from the oil extraction under different processing conditions and values influence nutritional intake and nutrient digestibility in sheep fed diets containing Tifton cv. 85th.

Key words: co-product, *Gossypium hirsutum*, gossypol, ruminant

2.1 INTRODUÇÃO

A utilização de alimentos alternativos na produção animal permite a possibilidade de redução de custos nos sistemas de produção animal e agregação de valor econômico aos subprodutos nas agroindustriais. Dessa forma, considerando-se as particularidades de cada região, deve-se buscar, por opções de alimentos de menor custo, fácil aquisição e regularidade de oferta, que não apresentam fatores antinutricionais que comprometam o desempenho animal.

Portanto, a avaliação destes alimentos tem importância sob o aspecto nutricional, econômico e social, uma vez que cria perspectiva de otimizar o desempenho animal, minimizando os custos de produção.

O consumo é o componente que exerce papel de maior importância na nutrição animal, uma vez que determinará a quantidade de nutrientes ingeridos e, consequentemente, o desempenho animal (BERCHIELLI et al., 2011). Isso justifica a necessidade de estudar a viabilidade de incluir fontes alimentares alternativas e quantificar a resposta animal em termos produtivos e econômicos.

Uma das opções alimentares são os co-produtos da agroindústria, porém, estes ainda não foram suficientemente estudados quanto à sua composição e níveis adequados de utilização econômica e biológica na produção animal, especialmente em caprinos e ovinos.

A caracterização nutricional dos alimentos é, sem dúvida, o primeiro passo para a sua avaliação. Sistemas de alimentação modernos e eficientes precisam ser fundamentados em mecanismos que determinam a resposta dos animais aos nutrientes, lidando com aspectos quantitativos da digestão e do metabolismo do ruminante (MERTENS, 2005).

É consenso que, para a descrição quantitativa apropriada dos processos digestivos e metabólicos, são necessários dados biológicos que podem ser obtidos, dentre outros, através da digestibilidade *in vivo* (MOULD et al., 2005), pois o coeficiente de digestibilidade é um parâmetro de grande importância para a determinação do valor nutritivo de um alimento, o qual pode ser influenciado por vários fatores, como a qualidade do alimento destinado ao animal, nível de consumo, distúrbios digestivos, entre outros (CHURCH & POND, 1977).

Os co-produtos provenientes de plantas oleaginosas são as fontes de lipídios mais usadas na dieta de ruminantes, por proporcionarem alta densidade energética em substituição aos carboidratos rapidamente fermentáveis, favorecendo a fermentação ruminal e a digestão da fibra (ROGÉRIO et al., 2004; TEIXEIRA & BORGES, 2005). A torta de algodão, devido a sua larga utilização, já é considerada co-produto, pois já possui poder de venda no mercado e passa por um processamento considerado padronizado nas agroindústrias (EZEQUIEL & GONÇALVES, 2008).

Entretanto, no tocante ao seu valor nutricional, os nutricionistas tem se deparado com dados de composição químico-bromatológica relativamente variados, influenciando estes na eficiência em formulação de rações para ruminantes e, consequentemente, no desempenho animal.

A elevada disponibilidade deste co-produto proveniente da indústria de óleo em conjunto com seu alto valor nutricional são os principais fatores que explicam a crescente utilização da torta de algodão na alimentação animal, embora informações acerca do uso desta na dieta de pequenos ruminantes ainda sejam escassas.

Neste contexto, este trabalho foi realizado objetivando-se avaliar o consumo e a digestibilidade dos nutrientes da torta de algodão obtida sob diferentes condições de processamento em ovinos alimentados com dietas contendo feno de capim Tifton cv. 85.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Estudos Bioclimáticos – CEBIO, *Campus* de Itapetinga – BA, localizada a 15º 09’ de latitude Sul, 40º 15’ de longitude Oeste, precipitação média anual de 800 mm, temperatura media anual de 27ºC e com altitude média de 268 m, e no Laboratório de Nutrição Animal, *Campus* Vitória da Conquista – BA, localizado na região sudoeste da Bahia, a 14°51’ de latitude Sul, 40°50’ de longitude Oeste, altitude média de 874,8 m e precipitação média anual é de 733,9 mm, com as médias das temperaturas máxima e mínima são, respectivamente, de 25,3 e 16,1°C, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB.

Foram utilizados 10 ovinos da raça Santa Inês, machos inteiros, com peso corporal médio de 27,7 kg e seis meses de idade, pesados no início e final de cada período experimental, distribuídos em dois quadrados latinos (QL) 5 x 5 balanceados. Após realização das medidas sanitárias contra endo e ectoparasitas, os animais foram alojados em gaiolas metabólicas (0,80 x 1,20 m). As gaiolas dispunham de bebedouro de polietileno, higienizados diariamente, e cocho em aço inoxidável para fornecimento das dietas, e sal mineral fornecido *ad libtum*, separadamente.

O experimento teve duração de 67 dias, sendo os primeiros sete para a adaptação dos animais às gaiolas metabólicas e manejo. Foram utilizados cinco períodos de 12 dias, dos quais, sete dias para adaptação à mudança das dietas e cinco dias para coleta de dados. Os animais foram alimentados com dietas contendo torta de algodão (400 g/kg da matéria seca – MS da dieta), oriunda de quatro usinas com diferentes etapas e condições de processamento, e feno de capim Tifton cv. 85 (600 g/kg da MS da dieta), constituindo assim os tratamentos **IA, IB, IC** e **ID**: Indústria **A**, caroço submetido ao processo de deslintamento mecânico e desintegrado em moinho tipo martelo **(IA – caroço deslintado + moinho martelo);** Indústria **B**, caroço submetido ao processo de deslintamento mecânico e desintegrado em moinho de lâminas **(IB – caroço deslintado + moinho de lâmina);** Indústria **C**, caroço não deslintado e desintegrado em moinho tipo martelo **(IC – caroço não deslintado + moinho martelo)** e Indústria **D,** caroço não deslintado e desintegrado em moinho de lâminas **(ID – caroço não deslintado + moinho de lâmina)**. A indústria **IB** apresentou um maior grau de deslintamento, quando comparado ao da **IA,** retirando-se um teor médio de 3,0 e 1,8% de línter,

respectivamente. O tratamento controle (dieta basal) foi composto exclusivamente de feno.

As dietas foram fornecidas *ad libitum*, duas vezes ao dia, às 07:00 e às 15:00, sendo ajustadas de forma a manter as sobras em torno de 10 a 15% do fornecido. Nos períodos de coleta, do 8° ao 12° dia de cada período experimental, amostras do fornecido (feno e tortas de algodão) e das sobras de cada animal foram coletadas diariamente, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a -10°C para posteriores análises. Para efeito de quantificação e avaliação do consumo voluntário, foram considerados os alimentos fornecidos entre o 8° e 12° dia de cada período experimental, sendo as sobras computadas entre o 9° e 13° dia.

Para a estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente, foram realizadas coletas totais de fezes dos animais do 9° ao 13° dia de cada período experimental. As coletas de fezes foram realizadas com auxílio de uma tela de polietileno, instalada na parte inferior de cada gaiola, livres de quaisquer contaminações. As amostras de fezes foram pesadas pela manhã, e retirados, aproximadamente, 10% do total, congeladas em freezer a -10°C para posteriores análises. A partir das coletas diárias, foi elaborada uma amostra composta referente aos cinco dias de coletas.

As amostras do fornecido, sobras e fezes, foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 60ºC, durante 72 horas. Em seguida, moídas em moinho tipo *Willey*, utilizando-se peneira com crivos de 1 mm, nas quais foram analisados os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina (H_2SO_4 72% p/p), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cinzas insolúvel em detergente neutro (CIDN), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), obtidos segundo os procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2006), e a fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína (FDNcp), de acordo com equação proposta por Hall (2003). A composição química das dietas e tortas de algodão, bem como o feno de capim Tifton cv. 85 pode ser verificada nas Tabelas 2.1 e 2.2.

Para a estimativa dos teores de carboidratos totais (CT) dos alimentos fornecidos, sobras e fezes, foi utilizada a metodologia proposta por Sniffen et al. (1992), seguindo as equações: CT (%) = 100 – (%PB + %EE + %MM), em que CT representa carboidratos totais; PB a proteína bruta; EE o extrato etéreo e MM a matéria mineral. Os carboidratos não-fibrosos (CNF), a partir da equação: CNF (%) = CT – FDNcp, em que

FDNcp corresponde à fração FDN livre de proteína e matéria mineral (HALL, 2003), sendo este considerado como carboidratos fibrosos (CF).

Tabela 2.1 Composição nutricional dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item	Tratamento/Indústria[1]				
	Feno	IA	IB	IC	ID
Matéria seca (g/kg MN)	840,9	865,3	867,8	863,6	866,0
Matéria orgânica[2]	766,8	826,7	825,8	828,5	829,7
Proteína bruta[2]	72,0	266,3	312,8	252,7	251,6
NIDN/NT[3]	453,5	141,0	125,0	122,0	130,0
NIDA/NT[3]	214,7	85,0	80,0	104,0	89,0
Extrato etéreo[2]	14,8	81,1	80,3	96,9	90,2
Fibra em detergente neutro[2]	774,4	615,6	542,0	595,5	621,1
FDNcp[2]	718,6	555,3	459,3	507,6	518,5
Fibra em detergente ácido[2]	416,4	440,1	376,4	431,1	441,2
Celulose[2]	117,7	341,7	289,2	352,4	338,2
Hemicelulose[2]	358,0	111,8	134,9	113,3	120,9
Lignina[2]	60,3	125,4	117,7	129,9	127,2
Cinza[2]	74,1	38,5	41,9	35,0	36,2
CIDN[2]	23,2	31,2	55,4	52,0	62,5
Carboidratos totais[2]	838,1	617,0	564,6	615,3	616,9
Carboidratos não fibrosos[2]	119,6	79,7	101,4	107,7	103,4
NDT_{NRC}[2,4]	507,2	577,8	604,3	605,3	592,2
Gossipol livre (mg/kg MS)[5]	-	35,0	25,3	23,2	25,4
Gossipol livre (% MS)[5]	-	0,0035	0,0025	0,0023	0,0025

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; Feno – Tratamento exclusivamente de feno de capim Tifton cv. 85; [2/]Valores em g/kg da MS; [3/]Valores em g/kg do nitrogênio total; [4/]Nutrientes digestíveis totais estimado (NRC, 2001); [5/]Dados descritivos (n=2); MN – matéria natural; NIDN – Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA – Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; FDNcp - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; CIDN – Cinza insolúvel em detergente neutro.

Tabela 2.2 Participação dos ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais

Item	Tratamento/Indústria[1]				
	Feno	IA	IB	IC	ID
Ingrediente (g/kg de MS)					
Feno capim Tifton cv. 85	1000	600	600	600	600
Torta de algodão	-	400	400	400	400
Composição					
Matéria seca (g/kg MN)	840,9	852,0	854,9	854,5	854,9
Matéria orgânica[2]	766,8	791,0	790,6	791,8	792,2
Proteína bruta[2]	72,0	149,6	168,4	144,4	144,0
NIDN/NT[3]	453,5	328,2	321,8	320,6	323,8
NIDA/NT[3]	214,7	162,4	160,4	170,0	164,0
Extrato etéreo[2]	14,8	41,3	40,9	47,7	44,9
Fibra em detergente neutro[2]	774,4	710,8	684,0	702,4	712,8
FDNcp[2]	718,6	653,4	615,0	634,6	639,0
Fibra em detergente ácido[2]	416,4	425,6	400,0	422,0	426,0
Celulose[2]	117,7	344,6	323,8	349,0	343,4
Hemicelulose[2]	358,0	259,2	268,4	260,0	262,8
Lignina[2]	60,3	86,0	82,8	87,6	86,8
Cinza[2]	74,1	60,0	61,2	58,4	58,8
Carboidratos totais[2]	838,1	749,6	728,8	748,8	749,6
Carboidratos não fibrosos[2]	119,6	102,2	110,6	113,4	111,4
NDT_{NRC} [2,4]	507,2	535,4	545,8	546,2	541,0
Gossipol livre (mg/kg MS)	-	14,2	10,3	9,4	10,3
Gossipol livre (% MS)	-	0,0014	0,0010	0,0094	0,0010
Mistura mineral[6,7]	-	-	-	-	-

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; Feno – Tratamento exclusivamente de feno de capim Tifton vc. 85; [2/]Valores em g/kg de MS; [3/]Valores em g/kg do nitrogênio total; [4/]Nutrientes digestíveis totais estimado (NRC, 2001); [6/] Quantidade por kg do produto: Ca - 175 g; P - 60 g; Na - 107 g; Mg - 5 g; S - 12 g; Co - 70 mg; Cu - 1200 mg; I - 70 mg; Mn - 1000 mg; Ni - 30 mg; Se - 18 mg; Zn - 4.000 mg; Fe - 14.000 mg; [7/]Consumo *ad libtum*; MN – Matéria natural; NIDN – Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA – Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; FDNcp - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza e proteína.

Os teores dos nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo Weiss (1999), utilizando a FDN corrigidos para cinza e proteína, pela equação: NDT = [PB_D + (2,25 x EE_D) + $FDNcp_D$ + CNF_D], em que: PB_D = proteína bruta digestível; EE_D = extrato etéreo digestível; $FDNcp_D$ = fibra em detergente neutro (corrigida para cinzas e proteína) digestível e CNF_D = carboidratos não-fibrosos digestíveis.

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes da torta de algodão foram calculados segundo equação proposta por Crampton & Harris (1969), através da seguinte fórmula: Ss = {[100 x (T – B)] / s} + B, em que: Ss = Digestibilidade do alimento teste (torta de algodão); T = Digestibilidade da dieta total; B = Digestibilidade do alimento basal (feno de Capim Tifton cv. 85) e s = Nível de inclusão do alimento teste na dieta total (400 g/kg na MS).

A quantificação dos teores de Gossipol Livre (GL) das tortas de algodão foram realizados no Laboratório de Alta Tecnologia – LABTEC®, em Campinas – SP, segundo procedimentos descritos por Cai et al. (2004), através de cromatografia líquida de alto eficiência, com valores duplicamente confirmados (n=2), em cromatógrafo marca *Shimadzu* 10 AVP HPLC, modelo 10 AT, equipado com auto-injetor *Shimadzu* (modelo SIL – 10 ADVP). Foi utilizada uma coluna capilar de sílica fundida 4,6mm x 25cm, 5µm Zorbax SB-C18 (*Hewlett – Packard*, CA, USA). A fase móvel foi composta por acetonitrila 0,2% e ácido trifluoracético (80:20). Na extração do gossipol foi utilizada acetonitrila, sendo que a identificação e taxa de recuperação do gossipol foi feita por comparação com um padrão conhecido de gossipol, com 99% de pureza (*Sigma-Aldrich*, Roole, UK). A partir das leituras obtidas, foram calculados os teores de gossipol livre, em mg/kg na matéria seca (MS) e porcentagem.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância, adotando-se α = 0,05 e as médias comparadas pelo teste Tukey, utilizando o programa SAEG versão 9.1 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido para os teores de cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos totais (CT) e nutrientes digestíveis totais estimado (NDT_{NRC}), expressos em g/dia, g/kg de peso corporal (PC) e g/kg de peso metabólico^{0,75}, não foram afetados (P>0,05) pela inclusão da torta de algodão, provenientes da extração do óleo sob diferentes condições de processamento, na proporção de 400g/kg de MS nas dietas experimentais (Tabelas 2.3 e 2.4).

A variação nos teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), gossipol livre (GL) e carboidratos não-fibrosos (CNF) das tortas de algodão utilizadas nas dietas do presente trabalho influenciaram (P<0,05) no consumo destes nutrientes, apesar de não terem sido observada diferenças no consumo de MS entre os tratamentos compostos por torta de algodão (Tabelas 2.3 e 2.4).

Foi observando menor consumo de MS (P<0,05) no tratamento composto exclusivamente de feno de capim-tifton cv. 85 (g/dia, g/kg de PC ou g de MS/kg^{0,75}). Os consumos de MS entre os tratamentos IA, IB, IC e ID com torta de algodão foram semelhantes ao indicado pelo National Research Council (NRC, 2007) de 53,19 g de MS/kg^{0,75}, para ovinos adultos em mantença, com exceção do tratamento feno, que foi de 37,8 g de MS/kg^{0,75} (Tabela 2.3). Porém, o consumo de MS em g/dia para todos os tratamentos foi abaixo do recomendado para animais de 20 kg de PC em crescimento, que é de 1000 g de MS/dia (NRC, 2007).

Rogério et al. (2002), Teixeira et al. (2005) e Cunha et al. (2008), ao trabalharem com níveis de até 490 g/kg de MS de caroço de algodão integral (CAI) na dieta de ovinos, observaram que os consumos de MS e MO apresentaram comportamento semelhante ao do presente estudo, não sendo afetados pela inclusão de CAI.

Independente da origem ou processamento da torta de algodão utilizada, na qual estas se apresentaram com diferentes teores de EE (Tabela 2.1), não foi observado efeito negativo deste constituinte no consumo diário de MS, por apresentar nas dietas IA, IB, IC e ID níveis de 41,3; 40,9; 47,7 e 44,9 g de EE/kg de MS, respectivamente (Tabela 2.2), valores estes, abaixo do nível máximo recomendado de 60,0 g/kg de MS/dia de lipídios na dieta total de ruminantes. Palmquist (1988) destaca que os efeitos negativos dos lipídios se acentuam a partir deste nível.

Van Soest (1994) afirmou que forragens com altos níveis de fibra (713,0 g/kg de MS de FDN e 524,0 g/kg de MS de FDA) permanecem por mais tempo no trato gastrintestinal, gerando menor consumo voluntário, valores estes próximos ao encontrado na dieta exclusiva de feno do presente trabalho. Vários estudos têm comprovado correlação negativa entre o consumo de MS e o teor de FDN da dieta. Segundo relatos de Menezes et al. (2004), essa correlação negativa tem sido associada à menor taxa de passagem da FDN em relação aos outros constituintes dietéticos que, por sua vez, promove o enchimento do rúmen-retículo, elevando a permanência da digesta nestes compartimentos.

O maior consumo de PB foi verificado na dieta composta pela torta de algodão proveniente da indústria IB ($P<0,05$), a qual apresentou valores de 131,2 g/dia, 4,7 g/kg de PC e 10,8 g de PB/kg^{0,75}, em contrapartida, o consumo de PB entre as dietas constituídas com as tortas das indústrias IA, IC e ID (g/dia, g/kg de PC e g de PB/kg^{0,75}) não diferiram ($P>0,05$) entre si. Os consumos de PB das dietas com torta de algodão foram superiores ($P<0,05$) à dieta composta exclusivamente de feno. O consumo de PB mostrou-se inferior, em todas as dietas, às recomendadas pelo NRC (2007), de 167 a 191 gPB/dia, respectivamente, para cordeiros de 20 e 30 kg de PC (Tabela 2.3).

Diferenças no consumo de PB são esperadas em decorrência das variações no consumo de MS. Assim, não havendo diferença entre o consumo de MS, fato este observado nas dietas contendo torta de algodão do presente estudo, o maior consumo de PB na dieta IB pode ser explicado pelo maior teor deste constituinte na torta de algodão que lhe deu origem (Tabela 2.1), uma vez que as dietas não foram preliminarmente ajustadas de acordo com as suas respectivas composições químico-bromatológicas.

O consumo de EE seguiu a mesma tendência do consumo da PB. Não foi observada diferença do consumo de EE em g/dia entre as dietas com torta de algodão ($P>0,05$), independente da sua composição lipídica (Tabela 2.3). Já o consumo de EE em g/kg de PC e g/kg^{0,75} foi maior ($P<0,05$) nas dietas IC e ID. O consumo de EE em g/kg de PC e g/kg^{0,75} na dieta ID, entretanto, foi semelhante às dietas IA e IB ($P>0,05$). O maior consumo de EE observado na dieta IC, independentemente da forma de expressão, pode ser explicado pelo maior teor de EE na torta de algodão proveniente da indústria “C”, 96,9 g/kg de MS.

Obedecendo aos níveis recomendados de lipídios na dieta total, já mencionados anteriormente, a torta de algodão com teores mais elevados de EE pode contribuir com

o aumento de energia na dieta, quando da utilização desta em eventuais sistemas de alimentação de ruminantes. Como o EE é a fração que fornece 2,25 vezes mais energia que os carboidratos, o nível de consumo desse nutriente tem relação positiva com o consumo de energia da dieta (CUNHA et al., 2008). Isso também foi relatado por Haddad & Younis (2004), ao alimentarem cordeiros Awassi com dietas contendo níveis crescentes com até 50 g/kg de MS de gordura protegida na ração. Alves et al. (2010), ao trabalharem com vacas leiteiras em produção, observaram um maior consumo de EE, quando fornecidas as dietas com 261,0 g/kg e 348,0 g/kg de MS de farelo de algodão de alta energia no concentrado, no qual os autores relacionam o fato à maior quantidade de EE neste.

Foi observada diferença (P<0,05) no consumo de gossipol livre (GL) entre as dietas com as tortas de algodão estudadas (Tabela 2.3). O maior consumo de GL observado foi para o tratamento IA, em g/dia, g/kg de PC e g/kg^{0,75}, fato relacionado à maior concentração deste composto fenólico, tanto na torta de algodão proveniente da indústria "A", quanto na dieta composta por esta. O consumo de GL em g/kg de PC e g/kg^{0,75} na dieta IB, entretanto, foi semelhante à dieta ID (P>0,05), sendo esses dois últimos superiores (P<0,05) à dieta IC (Tabela 2.3).

Não houve diferença (P>0,05) no consumo de GL em g/dia entre as dietas IB e ID, observando mesmo comportamento entre IC e ID, com valores de 0,82 e 0,78 g/dia, e, 0,68 e 0,78 g/dia, respectivamente. Os teores de GL encontrados, 35,0; 25,3; 23,2 e 25,4 mg/kg de MS nas tortas de algodão estudadas, IA, IB, IC e ID, respectivamente, foram numericamente inferiores aos encontrados por Viana et al. (2011) de 43,0 mg/kg MN.

Em trabalho com diferentes níveis de gossipol livre e total, Mena et al. (2004) avaliaram diferentes níveis de ingestão de farelo de algodão associado ao caroço de algodão. Os autores observaram que o fornecimento de 135 g/kg de MS de caroço de algodão e 70,0 g/kg de MS de farelo de algodão na dieta total de vacas leiteiras não induziram sinais clínicos de intoxicações. Ademais, estes alimentos foram capazes de favorecer a produção de leite. Em função destes resultados, os autores concluíram que o fornecimento de até 64,0 mg de gossipol total/kg de PC não prejudica o desempenho de vacas de leite. Valores estes, superiores ao encontrados na composição das dietas do presente trabalho, que avaliou a concentração de GL que, efetivamente induz aos efeitos deletérios desse composto (Tabela 2.2).

Tabela 2.3 Consumo de nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo torta de algodão, obtida sob diferentes condições de processamento, e feno de capim Tifton cv. 85

Item	Tratamento/Indústria[1]					Valor P	EPM[2]
	Feno	IA	IB	IC	ID		
			Matéria seca				
g/dia	459,6b	646.6a	695,9a	639,2a	664,9a	**	8,874
g/kg PC	16,5b	23,5a	25,0a	23,3a	23,8a	**	0,027
$g/kg^{0,75}$	37,8b	53,7a	57,4a	53,3a	54,7a	**	0,647
			Matéria orgânica				
g/dia	351,0b	541,5a	574,9a	526,6a	551,4a	***	7,776
g/kg PC	12,6b	19,7a	20,6a	19,2a	19,7a	***	0,025
$g/kg^{0,75}$	28,8b	45,0a	47,3a	43,9a	45,3a	***	0,583
			Proteína bruta				
g/dia	34,4c	108,5b	131,2a	102,5b	106,7b	***	1,832
g/kg PC	1,2c	3,9b	4,7a	3,7b	3,8b	***	0,005
$g/kg^{0,75}$	2,8c	9,0b	10,8a	8,5b	8,8b	***	0,116
			Extrato etéreo				
g/dia	8,6b	29,4a	32,6a	34,3a	33,5a	***	0,623
g/kg PC	0,3c	1,1b	1,1b	1,3a	1,2ab	***	0,002
$g/kg^{0,75}$	0,7c	2,4b	2,7b	2,9a	2,8ab	***	0,042
			Gossipol livre				
g/dia	-	1,04a	0,82b	0,68c	0,78bc	***	0,012
g/kg PC	-	0,044a	0,033b	0,029c	0,033b	***	0,0003
$g/kg^{0,75}$	-	0,019a	0,014b	0,012c	0,014b	***	0,0001

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; Feno – Tratamento exclusivamente de feno de capim Tifton vc. 85; PC – Peso corporal (g/kg); $g/kg^{0,75}$ – Relação peso metabólico;
*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente adotando-se $\alpha = 0,05$ pelo teste Tukey; *P<0,01; **P<0,001; ***P<0,0001; [2/]EPM – Erro padrão médio.

Durante a realização do presente estudo não foram verificadas evidências clínicas de intoxicação nos animais por um período de 67 dias. Em trabalho realizado

por Viana et al. (2011), avaliando a utilização de caroço, farelo e torta de algodão, na proporção de 400 g/kg de MS do concentrado na dieta de ovinos, por um período de 90 dias, também não foram observados sinais de intoxicações. Já Risco et al. (1992) observaram alterações nos parâmetros sanguíneos de bezerros alimentados com teores crescentes de gossipol livre (10, 20, 40 e 80 mg/kgMS) somente após 90 dias de experimento, identificando leve alteração a partir de níveis diários de 40 mg/kgMS.

Não houve diferença (P>0,05) entre os tratamentos quanto ao consumo de FDN, FDNcp, FDA e carboidratos totais (CT) em g/dia, g/kg de PC e g/kg^{0,75} (Tabela 2.4). De acordo com Mertens (1987), a maximização do consumo de MS ocorre quando a ingestão de FDN é de 12 ± 1,0 g/kg de PC. Acima deste valor, o que foi observado no presente estudo, a repleção ruminal limitaria o consumo, apresentando baixos níveis de ingestão de MS. Este fato pode ser aplicado às dietas avaliadas, pois os consumos de FDN observados variaram entre 25,3 a 25,8 g/kg de PC.

O processo de deslintamento, assim como a menor granulometria (tamanho de partículas entre 4,75 e 2,0 mm) do caroço de algodão desintegrado, etapas que antecedem a extração do óleo, contribuiu com a redução dos teores de FDN e FDA do produto final, torta de algodão (Tabela 2.1). Por outro lado, a composição das dietas com a inclusão das tortas provenientes das indústrias “C” e “D” ao feno, das quais ambas são obtidas em processo que não realizam o deslintamento do caroço, o que incrementa os teores de FDN e FDA, que também não promoveram alterações significativas no consumo destes nutrientes.

A torta de algodão é um co-produto com elevados teores de FDN não derivado de forragem, que apresenta menor tamanho de partícula e maior gravidade específica, além de representar uma fibra de alta efetividade (ALLEN e GRANT, 2000). Em geral, a FDN oriunda de forragens apresenta maior repleção ruminal do que aquela oriunda de fontes não-forragens (OLIVEIRA et al., 2011), o que pode explicar o menor consumo de MS no tratamento exclusivo de feno.

Van Soest (1994) sugere que o consumo de FDN seja entre 8,0 e 12,0g/kg de PC, enfatizando que esse limite pode ser ultrapassado quando a densidade energética da dieta é baixa. O consumo médio de FDN dos ovinos avaliados no presente trabalho correspondeu a 25,4g/kg de PC, estando de acordo com relatos de Mertens (1994), que considera a FDN um dos principais controladores do consumo de MS pelos ruminantes.

Cunha et al. (2008) observaram que, quanto maior o nível de inclusão de caroço de algodão integral na dieta de ovinos, maiores eram os consumos de FDN e FDA. Estes resultados diferem dos obtidos por Rogério et al. (2004), que verificaram decréscimos no consumo destas frações, quando se elevaram os níveis de caroço de algodão na dieta. As observações contrastantes relatadas por Rogério et al. (2004) e Cunha et al. (2008), provavelmente, estejam relacionadas às características físicas e taxa de fermentação ruminal dos demais ingredientes das dietas utilizadas, havendo um possível efeito aditivo na primeira situação e substitutivo no segundo evento.

Embora o percentual de FDN das dietas tenha se diferenciado em função do teor deste nutriente na torta, outros fatores, provavelmente relacionados às características do feno, influenciaram o consumo de MS e, consequentemente, dos constituintes da parede celular, uma vez que a distensão física do rúmen-retículo é considerada um dos principais fatores limitantes do consumo em muitas forragens. Diversos fatores atuam no controle ou na inibição do consumo de MS, que pode ser limitado pelo alimento, destacando-se a quantidade e o tamanho da partícula (FORBES, 1996; MERTENS, 1997). Allen (2000) relatou que o teor de FDN é o melhor componente na avaliação da ingestão de MS pelos ruminantes e que a proporção de fibra indigestível da dieta pode alterar o consumo de matéria seca.

Os consumos de carboidratos totais apresentaram comportamentos semelhantes, não se observando diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos, com a inclusão das diferentes tortas de algodão às dietas. Por outro lado, o consumo de CNF em g/dia, g/kg de PC e g/kg^{0,75} foi estatisticamente maior ($P<0,05$), quando fornecida a dieta com torta de algodão proveniente da indústria “B”, e comparado com o encontrado na dieta exclusiva de feno e na IA. Entretanto, não foi observada diferença ($P>0,05$) no consumo de CNF entre os tratamentos IB, IC e ID.

Foi observado menor ($P<0,05$) consumo de CNF em g/kg de PC na dieta IA, resposta relacionada às baixas concentrações desses nutrientes na torta e dieta experimental. Em contrapartida, não houve efeito ($P>0,05$) para o consumo em g/dia e g/kg^{0,75} entre este último (IA) e as dietas IC e ID (Tabela 2.4). A semelhança nos consumos de CNF ($P>0,05$), entre as dietas IB, IC e ID (Tabela 2.4), podem ser justificados pelo maior conteúdo de CNF nas tortas de algodão utilizadas na composição das dietas destes tratamentos (Tabelas 2.1 e 2.2), já que não foi observado diferença ($P>0,05$) para os consumos de MS (Tabela 2.3).

Tabela 2.4 Consumo de nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo torta de algodão, obtida sob diferentes condições de processamento, e feno de capim Tifton cv. 85

Item	Tratamento/Indústria[1]					Valor P	EPM[2]
	Feno	IA	IB	IC	ID		
			Fibra em detergente neutro				
g/dia	358,1b	695,7a	718,4a	679,5a	714,5a	***	9,670
g/kg PC	12,8b	25,3a	25,8a	24,9a	25,6a	***	0,028
$g/kg^{0,75}$	29,5b	57,8a	59,2a	56,8a	58,7a	***	0,667
			FDNcp[3]				
g/dia	332,5b	405,0a	405,9a	389,5a	407,7a	***	5,134
g/kg PC	11,6b	14,7a	14,6a	14,2a	14,6a	*	0,017
$g/kg^{0,75}$	26,5b	33,7a	33,5a	32,5a	33,5a	*	0,398
			Fibra em detergente ácido				
g/dia	198,6b	286,1a	288,2a	281,2a	294,5a	***	3,776
g/kg PC	7,1b	10,4a	10,4a	10,3a	10,6a	***	0,012
$g/kg^{0,75}$	16,8b	23,8a	23,8a	23,5a	24,2a	***	0,275
			Carboidratos totais				
g/dia	382,2b	470,5a	488,7a	465,6a	484,1a	***	6,157
g/kg PC	13,7b	17,1a	17,6a	17,0a	17,3a	**	0,020
$g/kg^{0,75}$	31,4b	39,1a	40,3a	38,9a	39,8a	**	0,472
			Carboidratos não-fibrosos				
g/dia	59,7c	70,5b	81,3a	76,1ab	77,9ab	***	1,106
g/kg PC	2,1c	2,5b	2,9a	2,8a	2,8a	***	0,003
$g/kg^{0,75}$	4,9c	5,8b	6,7a	6,4ab	6,4ab	***	0,084
			NDT_{NRC}[4]				
g/dia	240,2b	354,3a	392,1a	359,8a	370,5a	***	5,099
g/kg PC	8,6b	12,9a	14,1a	13,1a	13,3a	***	0,015
$g/kg^{0,75}$	19,7b	29,4a	32,3a	30,0a	30,5a	***	0,365

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; Feno – Tratamento exclusivamente de feno de capim Tifton vc. 85; PC – Peso corporal (g/kg); $g/kg^{0,75}$ – Relação peso metabólico; Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente adotando-se $\alpha = 0,05$ pelo teste Tukey; *P<0,01; **P<0,001; ***P<0,0001; [2/]EPM – Erro padrão médio.

As dietas contendo torta de algodão provenientes das diferentes indústrias proporcionaram maiores consumos de NDT_{NRC}, quando confrontados com o consumo da dieta constituída exclusivamente de feno, não observando diferença entre as mesmas (P>0,05), independente da unidade como foram expressas (Tabela 2.4). Esse resultado pode ser explicado pelo maior consumo de EE e CNF, frações de alta digestibilidade e elevado valor energético, que refletiram no incremento destes valores calculados.

Segundo Oliveira et al. (2010), dietas com altos teores de EE e CNF contribuem com o aumento do consumo de nutrientes digestíveis totais, quando não há diferença (P>0,05) entre os consumos de FDN. Considerando-se que não houve efeito (P>0,05) nos consumos de EE em g/dia entre os tratamentos com torta de algodão e que, o consumo de CNF entre os tratamentos IB, IC e ID foram estatisticamente iguais em g/dia, g/kg de PC e $g/kg^{0,75}$ (P>0,05), os resultados obtidos no presente estudo encontram-se de acordo com estes autores, uma vez que não foi verificado efeito no consumo de FDN entre os tratamentos IA, IB, IC e ID (Tabela 2.4).

Mesmo havendo diferenças no processo de industrialização e na composição física e químico-bromatológica, não foram observadas diferenças (P>0,05) na digestibilidade aparente da MS, MO, PB, EE, FDN, FDNcp e FDA entre as tortas de algodão, provenientes da extração do óleo sob diferentes condições de processamento avaliadas (Tabela 2.5). O mesmo foi observado (P>0,05) para os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, FDN, FDNcp e FDA das dietas avaliadas com a inclusão de 400 g/kg na MS das tortas de algodão testadas, podendo-se observar menor coeficiente de digestibilidade da FDN apenas na dieta composta exclusivamente de feno (Tabela 2.6).

Os coeficientes médios da digestibilidade da MS, observados entre as diferentes tortas de algodão estudadas (0,423 kg/kg), estão abaixo dos citados por Valadares Filho et al. (2010) na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para Bovinos (0,598 kg/kg) (Tabela 2.5). As médias dos coeficientes de digestibilidade da MS das dietas avaliadas situaram-se igualmente abaixo das obtidas por Pina et al. (2006) para as dietas com farelo de algodão com 380 g de PB/kg de MS (0,618 kg/kg) e 280 g de PB/kg de MS (0,596 kg/kg), assim como os valores de digestibilidade da MS encontrados por Alves et al. (2010) em dietas com farelo de algodão de alta energia (0,623 kg/kg) para vacas leiteiras.

O teor médio encontrado neste estudo para os coeficientes de digestibilidade da MO das tortas (0,738 kg/kg) são superiores aos citados por Valadares Filho et al. (2010) de 0,555 kg/kg, seguindo uma mesma tendência no comportamento das dietas (0,716 kg/kg), as quais foram superiores aos encontrados por Cunha et al. (2008), (0,699 kg/kg) em dietas com níveis crescentes de inclusão de CAI na dieta total de ovinos, e Pina et al. (2006), (0,634 e 0,610 kg/kg), para dietas com farelo de algodão com 380 e 280 g de PB/kg de MS, respectivamente (Tabela 2.6). O que pode ser inferido nos trabalhos realizados por Pina et al. (2006), Cunha et al. (2008), Alves et al. (2010) e no presente estudo é que, quanto menor a densidade energética nas dietas, e maior o conteúdo da parede celular, menor a digestibilidade da MS.

As diferenças nos resultados apresentados acima estão, entre outros fatores, relacionadas ao valor nutricional dos co-produtos do algodão estudados. A torta de algodão, proveniente da extração do óleo do caroço integral ou deslintado por prensagem mecânica, apresenta em sua composição um maior conteúdo de gordura, elevando consequentemente sua densidade energética. Por outro lado, os farelos de algodão com 280 e 380 g de PB/kg de MS são oriundos da prensagem mecânica da amêndoa do caroço com ou sem adição de cascas, seguida da extração por solvente, originando um co-produto com menor densidade energética, devido à maior eficiência na extração do óleo, associado a baixas frações de FDN e FDA, por ser isento ou apresentar-se com menor proporção de cascas.

As semelhanças entre os valores obtidos no presente trabalho para as digestibilidades da MS e MO entre o feno e as tortas de algodão estão relacionadas, em sua maior parte, ao valor nutricional destas, visto que esse co-produto apresenta elevados teores de lignina e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), que interferem diretamente na digestibilidade dos nutrientes. Segundo Van Soest (1994), a fração lignina exerce maior efeito sobre a digestibilidade do que sobre o consumo, fração considerada relativamente alta na torta de algodão (Tabela 2.1).

Não houve efeito (P>0,05) entre os coeficientes de digestibilidade da PB (CDPB) das tortas de algodão (Tabela 2.5), observando um coeficiente médio de 0,716 kg/kg, próximo ao CDPB médio citado por Valadares Filho et al. (2010) de 0,777 kg/kg). Em avaliação da digestibilidade da PB dos farelos de algodão 280, 380 e 460 g de PB/kg de MS pela técnica de três estágios, Marcondes et al. (2009) obtiveram CDPB de 0,893; 0,909 e 0,954 kg/kg, respectivamente, para os farelos estudados. As variações

nas concentrações de PB dos co-produtos do algodão supracitados estão relacionadas ao processo de obtenção, pois o aumento nos teores de PB é consequência da menor participação de cascas do caroço (VIANA et al., 2009).

Neste contexto, a menor digestibilidade da PB da torta de algodão em comparação aos demais co-produtos desta oleaginosa, citados anteriormente, pode ser justificada devido a torta ser originada da extração do óleo do caroço integral ou parcialmente deslintado. Tal fato é comprovado pela maior participação das frações fibrosas indigestíveis do caroço de algodão no produto final, pois, segundo Campos et al. (2007), existe uma correlação negativa entre a digestibilidade da PB e a FDA, devido à associação da proteína com a fibra indigestível.

O coeficiente da digestibilidade da PB diferiu (P<0,05) entre as dietas estudadas, comprovando que a digestibilidade aparente da PB, em dietas exclusivas com feno de capim-tifton cv. 85,,é influenciada pelos diferentes teores de PB das tortas de algodão obtidas sob diferentes condições de processamento. Não houve diferença (P>0,05) na digestibilidade da PB entre as dietas IA, IB e ID, assim como para as dietas IA, IC e ID (Tabela 2.6). Os resultados encontrados neste estudo comprovam que a variação nos teores de PB na torta de algodão influenciam positivamente no consumo e digestibilidade desse nutriente na dieta.

Observou-se menor valor (P<0,05) no CDPB no tratamento IC, na qual a torta de algodão utilizada na constituição desta dieta apresentou o menor teor de PB, enquanto que a torta proveniente da indústria “B” atribuiu maior digestibilidade à dieta IB (Tabela 2.6). Rogério et al. (2002), trabalhando com níveis crescente de CAI (120, 240, 350 e 490 g/kg de MS) e feno de braquiária (*Brachiaria decumbens*) em ovinos, verificaram aumento na digestibilidade da PB da dieta, sem afetar o consumo de MS.

Os diferentes resultados encontrados na literatura sobre a avaliação da digestibilidade em alimentos proteicos relatam que a digestibilidade ruminal, intestinal e total da PB estão diretamente relacionados à falta de padronização no processo de obtenção e comercialização de subprodutos no mercado, influenciando significamente os resultados de pesquisas (LONDOÑO HERNÁNDEZ et al., 2002; BRANCO et al., 2006; BERAN et al., 2007; CAMPOS et al., 2007; MARCONDES et al., 2009; VALADARES FILHO et al., 2010).

As diferentes etapas que antecedem o processo de extração do óleo do caroço de algodão estudados no presente trabalho refletiram nos teores de EE das tortas de

algodão avaliadas (Tabela 2.1). Entretanto, essa variação no conteúdo de EE das tortas não influenciou (P>0,05) na digestibilidade deste componente entre as tortas e dietas IA, IB, IC e ID (Tabela 2.6).

Tabela 2.5 Coeficientes de digestibilidade aparente e nutrientes digestíveis totais da torta de algodão, obtida sob diferentes condições de processamento, e do feno de capim Tifton cv. 85

Item (kg/kg)	Tratamento/Indústria[1]					Valor P	EPM[9]
	Feno	IA	IB	IC	ID		
Matéria seca	0,381	0,452	0,412	0,390	0,439	0,2997	1,371
Matéria orgânica	0,707	0,779	0,737	0,707	0,730	0,0658	1,168
Proteína bruta	0,289b	0,709a	0,738a	0,688a	0,730a	***	0,946
Extrato etéreo	0,565b	0,863a	0,869a	0,916a	0,914a	***	1,389
FDN[2]	0,421b	0,724a	0,723a	0,772a	0,758a	***	0,971
FDA[3]	0,359	0,414	0,388	0,367	0,403	0,9504	1,216
FDNcp[4]	0,461	0,491	0,471	0,502	0,511	0,2314	1,481
CT[5]	0,514b	0,753a	0,582ab	0,586ab	0,536b	0,0403	1,581
CNF[6]	0,266d	0,630a	0,512ab	0,424bc	0,378cd	***	1,375
NDT_{NRC}[7]	0,507c	0,577b	0,604a	0,605a	0592ab	***	0,245
NDT (g/kgMS)[8]	402,6b	663,7a	658,2a	674,1a	674,3a	***	0,947

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; Feno – Tratamento exclusivamente de feno de capim Tifton cv. 85; [2/]FDN – Fibra em detergente neutro; [3/]FDA – Fibra em detergente ácido; [4/]FDNcp – Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; [5]Carboidratos totais; [6/]CNF – Carboidratos não-fibrosos; [7/]NDT_{NRC} – Nutrientes digestíveis totais estimado nos ingredientes (NRC, 2001); [8/]NDT – Nutrientes digestíveis totais (Weiss, 1999)
Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente adotando-se α = 0,05 pelo teste Tukey; *P<0,01; **P<0,001; ***P<0,0001; [9/]EPM – Erro padrão médio.

Em estudos com torta de dendê em substituição à silagem de capim-elefante *(Pennisetum purpureum* Schum), em até 800 g/kg de MS na dieta de ovinos, Bringel et al. (2011) observaram uma queda na digestibilidade da MS das dietas. De acordo com os autores, as respostas obtidas podem ter relação direta com elevados níveis de EE nas dietas, pois, a partir do nível de inclusão de 400 g/kgMS de torta de dendê, os teores máximos recomendados (50,0 g/kg de MS) foram atingidos, o que certamente comprometeu o aproveitamento do alimento.

Entre as dietas avaliadas com torta de algodão, os maiores teores de EE foram observados nos tratamentos IC e ID, 47,7 e 44,9 g/kg de MS, respectivamente (Tabela 2.2), valores estes abaixo dos níveis máximos relatados por Palmquist (1988) e Bringel et al. (2011), 60 e 50 g/kg de MS, respectivamente, como limitantes na digestibilidade da MS, o que não foi observado no presente estudo.

Fazendo-se referência às diferentes etapas que antecedem o processo de extração do óleo em caroço de algodão, verificou-se que a realização do deslintamento e o tipo de moinho utilizado na desintegração desta oleaginosa influenciam diretamente a granulometria do produto final. O caroço deslintado e a sua desintegração em moinho tipo lâmina (Indústria "B") proporcionam uma torta de algodão com teores mais baixos de FDN, FDA, celulose, hemicelulose e menor tamanho de partículas. Apesar das tortas de algodão serem originadas de diferentes indústrias, produzidas sob diferentes condições de processamento e apresentarem variação em sua composição nutricional, não foi observado influência (P>0,05) de tais fatores na digestibilidade das frações fibrosas (FDN, FDNcp e FDA) deste co-produto (Tabela 2.5).

Esta avaliação da digestibilidade dos nutrientes *in vivo* comprovaram que as diferentes proporções das frações fibrosas e granulometria nas tortas utilizadas também não influenciaram (P>0,05) na digestibilidade da FDN, FDNcp e FDA das dietas experimentais contendo torta de algodão (Tabela 2.6). O valor médio observado entre os coeficientes de digestibilidade das correspondentes dietas foi de 0,577 kg/kg, valor este superior à dieta exclusiva de feno, que foi 0,421 kg/kg (Tabela 2.6).

Van Soest (1994) relata que, entre os fatores que podem afetar a digestibilidade, o consumo do alimento tem grande importância e pode ser afetado pelo grau de moagem, em decorrência da maior velocidade de passagem da digesta pelo trato digestivo. Oliveira et al. (2011) explicam que fontes com o mesmo teor de FDN podem apresentar respostas diferentes, da mesma forma que fontes com maior teor de FDN não necessariamente implicam em respostas negativas sobre o consumo e digestão, fato que pode ser observado na digestibilidade aparente deste parâmetro nas tortas.

Os resultados deste estudo mostram que, apesar do feno apresentar maior teor de FDN em relação às tortas de algodão (Tabela 2.1), este apresentou menor coeficiente de digestibilidade (0,421 kg/kg) (P>0,05), quando comparado às tortas, que variaram de 0,723 à 0,772 kg/kg (Tabela 2.5). Assim, a digestibilidade das dietas contendo as tortas de diferentes origens foi menor do que as das tortas separadamente e refletiram a média

ponderada da inclusão destas e do feno nas dietas experimentais, variando de 0,583 à 0,587 kg/kg (Tabela 2.6).

Fatores como a composição química da FDN e tipo de lignina e sua interação com os demais componentes, dentre outros fatores, afetam diretamente os parâmetros de degradação e trânsito pelo trato digestório, os quais modulam os efeitos da FDN sobre o consumo e digestão dos nutrientes (PAULINO et al., 2006; LUND et al., 2007).

Tabela 2.6 Coeficientes de digestibilidade aparente e nutrientes digestíveis totais em ovinos alimentados com dietas contendo torta de algodão, obtida sob diferentes condições de processamento, e feno de capim Tifton cv. 85

Item (kg/kg)	Tratamento/Indústria[1]					Valor P	EPM[8]
	Feno	IA	IB	IC	ID		
Matéria seca	0,381	0,407	0,391	0,382	0,402	0,1537	0,570
Matéria orgânica	0,707	0,728	0,720	0,708	0,718	*	0,395
Proteína bruta	0,289c	0,572ab	0,618a	0,549b	0,579ab	***	0,634
Extrato etéreo	0,565b	0,776a	0,786a	0,828a	0,822a	***	1,047
FDN[2]	0,421b	0,566a	0,573a	0,583a	0,587a	***	0,602
FDA[3]	0,359	0,378	0,369	0,359	0,382	0,0844	0,789
FDNcp[4]	0,461	0,463	0,471	0,464	0,470	***	0,393
CT[5]	0,514b	0,569a	0,526b	0,532ab	0,511b	***	0,420
CNF[6]	0,266c	0,761a	0,533b	0,457b	0,425b	***	1,486
NDT (g/kgMS)[7]	402,6b	537,2a	516,7a	515,2a	513,9a	***	0,330

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; Feno – Tratamento exclusivamente de feno de capim Tifton cv. 85; [2/]FDN – Fibra em detergente neutro; [3/]FDA – Fibra em detergente ácido; [4/]FDNcp – Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; [5]Carboidratos totais; [6/]CNF – Carboidratos não-fibrosos; [7/]NDT – Nutrientes digestíveis totais (Weiss, 1999)
Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente adotando-se $\alpha = 0,05$ pelo teste Tukey; *P<0,01; **P<0,001; ***P<0,0001; [8/]EPM – Erro padrão médio.

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos CT e CNF foram influenciados significativamente (P<0,05) pela variação na composição químico-bromatológica das tortas (Tabela 2.5), que influenciaram positivamente (P<0,05) a digestibilidade das dietas com a adição do co-produto em sua formulação (Tabela 2.6). Esperava-se que, em razão da inclusão das tortas nas dietas IA e IB, devido a sua menor concentração de

FDN e FDA, estas apresentassem maior digestibilidade para os CNF, uma vez que sofreram o processo de deslintamento parcial. No entanto, somente a torta IA foi superior às demais, que não diferiram entre si (P>0,05) (Tabela 2.5).

Segundo Detmann et al. (2006), diferenças na estimativa da digestibilidade aparente dos CNF são decorrentes de variações de consumo total de CNF inerentes a cada animal, o que resulta em variações na porção metabólica fecal.

Comportamento semelhante (P>0,05) foi observado na digestibilidade dos CT nas dietas estudadas, quando os coeficientes de digestibilidade dos CNF nas dietas IA e IB não diferiram entre si. Não houve efeito nos coeficientes para este parâmetro nos CNF encontrados entre as dietas IC e ID, observando-se semelhança entre este último e a dieta exclusiva de feno (Tabela 2.6).

O que pode ter desencadeado esta resposta foi a substituição dos carboidratos facilmente fermentáveis, presentes na fração CT, por outros de menor digestibilidade, como os presentes na fibra da casca e do línter do farelo de algodão, e a possível interação com o feno. A despeito disto, Cunha et al. (2008), Alves (2010) e Santos et al. (2009) não observaram efeitos significativos sobre a digestibilidade dos carboidratos totais das dietas experimentais com fenos (capim-tifton vc. 85 e *Brachiaria decumbens*) e a inclusão de níveis crescente de caroço de algodão integral.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) representam uma das medidas avaliativas mais comuns para expressar o conteúdo energético, dada sua praticidade em procedimentos de análise de alimentos e cálculo de dietas para ruminantes. Os teores dos NDT, observados em g/kg de MS, não sofreram influência do tipo de processamento das tortas de algodão, apresentando similaridade (P>0,05) entre si (Tabela 2.5), refletindo-se igualmente nas dietas compostas com a utilização das respectivas tortas (Tabela 2.6).

Do ponto de vista nutricional, o processamento influenciou positivamente algumas variáveis que compõem a série de análises químico-bromatológicas, tais como os componentes fibrosos (FDN e FDA) e, consequentemente, o conteúdo energético das tortas de algodão e dietas estudadas. Rocha Júnior et al. (2003) validaram as equações propostas pelo NRC (2001) para avaliação energética dos alimentos, comparando valores preditos pelas equações e observados em experimentos com ovinos a uma ampla base de dados, obtidos na literatura nacional a partir de experimentos "*in vivo*".

Em oposição aos relatos de Rocha Júnior et al. (2003) e o NRC (2001), o que pode ser observado nos resultados encontrados no presente estudo é que, os valores médios dos coeficientes dos nutrientes digestíveis totais estimados (NDT_{NRC}), 594,4g/kgMS foram subestimados, quando comparados aos nutrientes digestíveis totais observados (NDT), 667,6g/kgMS, através do ensaio de digestibilidade *in vivo*.

As diferentes etapas integrantes do processo de obtenção da torta de algodão conferem distinção no valor nutricional deste ingrediente. Dessa forma, a maior concentração de proteína bruta no produto, oriundo da indústria que realiza o deslintamento do caroço e a desintegração em moinho tipo lâminas, aumenta o consumo e digestibilidade deste elemento nutricional no co-produto. Assim, esta particularidade maximiza sua utilização em sistemas de alimentação animal, já que o mesmo é utilizado como ingrediente proteico nas formulações de concentrados.

2.4 CONCLUSÃO

A inclusão de 400g/kg de MS de torta de algodão, proveniente de diferentes condições de processamento, em dietas para ovinos contendo feno de capim Tifton cv. 85 não alteram o consumo e digestibilidade da MS, EE, FDN e FDA. Em contrapartida, o maior teor de PB neste co-produto influencia positivamente o consumo e digestibilidade deste parâmetro.

Portanto, havendo opção de escolha na aquisição destes co-produtos disponíveis no mercado, aconselha-se optar pela torta de algodão que apresente características semelhantes a da indústria "B", caracterizada por realizar o deslintamento e desintegração do caroço em moinho de lâminas, que proporcionará um maior consumo e digestibilidade em dietas contendo feno de capim Tifton cv. 85 para ovinos.

2.5 REFERÊNCIAS

ALLEN, D.M., GRANT, R.J. Interactions between forage and wet corn gluten feed as sources of fiber in diets for lactating dairy cattle. **Journal Dairy Scienci**, n.83, p.322-331, 2000.

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal Dairy Scienci,** v.83, p.1598-1624, 2000.

ALVES, A.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; HATAMOTO-ZERVOUDAKIS, L.K. et al. Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta energia em dietas para vacas leiteiras em produção: consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e produção leiteira. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.3, p.532-540, 2010.

BERAN, F.H.B.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A. et al. Avaliação da digestibilidade de nutrientes, em bovinos, de alguns alimentos concentrados pela técnica de três estádios. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n.1, p.130-137, 2007.

BERCHIELLI, T.T.; VEJA-GARCIA, A.; OLIVEIRA, S.G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, A.G. (Eds). **Nutrição de Ruminantes**. 2ed., p.565-600, 2011.

BRANCO, A.F.; CONEGLIAN, S.M.; MAIA, F.J. et al. Digestibilidade intestinal verdadeira da proteína de alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.35, n.4, p.1788-1795, 2006. (Suplemento).

BRINGEL, L.M.L.; NEIVA, J.N.M.; ARAÚJO, V.L. et al. Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio em borregos alimentados com torta de dendê em substituição à silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.40, n.9, p.1975-1983, 2011.

CAI, Y.F.; ZHANG, H.; ZENG, Y. et al. An optimized gossypol high-performance liquid chromatography assay and its application in evaluation of different gland genotypes of cotton. **Journal of Biosciences**. v.29, p.67-71, 2004.

CAMPOS, W.E.; BORGES, A.L.C.C.; SATURNINO, H.M. et al. Digestibilidade da proteína de alimentos utilizados na alimentação de ruminantes pelo método de três etapas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.8, n.4, p.295-302, 2007.

CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

CHURCH, D.C.; POND, W.G. **Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos**. Zaragoza: Acribia, 1977. 462p.

CRAMPTON, E.W; HARRIS, L.E. **Applied Animal Nutrition**. W. H. Freeman and Company, San Fracisco, 1969. 753 p.

CUNHA, M.G.G.; CARVALHO, F.F.R.; VÉRAS, A.S.C. et al. Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.37, n.6, p.1103-1111, 2008.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. et al. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1479-1486, 2006.

EZEQUIEL, J.M.B.; GONÇALVES, J.S. 2008. Princípios e conceitos na alimentação animal. In: Muniz. E. N. (Org.). **Alternativas alimentares para ruminantes II**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 267p.

FORBES, J.M. Integration of regulatory signal controlling forage intake in ruminants. **Journal of Animal Science,** v.74, p.3029-3053, 1996.

HADDAD, S.G.; YOUNIS, H.M. The effect of adding ruminally protected fat in fatting diets of nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.113, p.61-69, 2004.

HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3226-3232, 2003.

LONDOÑO HERNÁNDEZ, F.I..; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P. et al. Avaliação de dois métodos in vitro para determinar a cinética ruminal e a digestibilidade intestinal da proteína bruta de vários alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.1, p.256-266, 2002.

LUND, P.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. Digestible NDF is selectively retained in the rumen of dairy compared to indigestible NDF. **Animal Feed Science and Technology**, v.134, p.1-17, 2007.

MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta de alimentos para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2247-2257, 2009.

MENA, H., SANTOS, J.E.P., HUBER, J.T. et al. The effects of varying gossypol intake from whole cottonseed and cottonseed meal on lactation and blood parameters in lactating dairy cows. **Journal Dairy Science,** v.87, p.2506-2518, 2004.

MENEZES, M.P.C.; RIBEIRO, M.N.; COSTA, R.G. et al. Substituição do milho pela casca de mandioca (*Manihot esculenta* Crants) em rações completas para caprinos: consumo, digestibilidade de nutrientes e ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.729-737, 2004.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal Dairy Science,** v.80, p.1463-1481, 1997.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science,** v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.

MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J. M.; FRANCE, J. (Ed.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. 2 ed. Cambridge: CABI Publishing, 2005. p.13-48.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

MOULD, F.L.; KLIEM, K.E.; MORGAN, R.; MAURICIO, R.M. *In vitro* microbial inoculum: a review of its function and properties. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.123/124, n.1, p.31-50, 2005.

NRC. National Research Council. **Nutrient Requirements of Small Ruminants**: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. National Academies Press, 2007.

NRC. National Research Council. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.rev.ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2001. 381p.

OLIVEIRA, A.S.; DETMANN, E.; CAMPOS, J.M.S. et al. Meta-análise do impacto da fibra em detergente neutro sobre o consumo, a digestibilidade e o desempenho de vacas leiteiras em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1587-1595, 2011.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. et al. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo Sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.61-67, 2010.

PALMQUIST, D.L. The feeding values of fat. In: TRIBE, E.; ØRSKOV, R. (Eds.) **World animal science (Feedstuffs)**. The Netherlands: Elsevier Science Publishers, 1988. p.239-311.

PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Suplementação animal em pasto: energética ou protéica?. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: DZO-UFV, 2006. p.359-392.

PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1543-1551, 2006.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análise Estatística no SAEG** – Viçosa, UFV, 2001, 301p.

RISCO, C.A.; HOLMBERG, C.A.; KUTCHES, A. Effect of graded concentrations of gossypol on calf performance: toxicological and pathological considerations. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.10, p.2787-2798, 1992.

ROCHA JR., V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das equações propostas pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.480-490, 2003.

ROGERIO, M.C.P.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Efeito da inclusão do caroço de algodão sobre o consumo, digestibilidade e balanço da energia em dietas para ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.5, p.478-484, 2002.

ROGERIO, M.C.P.; TEIXEIRA, D.A.B.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Efeito do nível de caroço de algodão sobre a digestibilidade da fibra dietética do feno de Tifton 85 (*Cynodon* spp.) em ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.5, p.665-670, 2004.

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

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 235p.

SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.S. et. al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein avaliability, **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

TEIXEIRA, D.B.; BORGES, I. Efeito do nível de caroço de algodão sobre o consumo e digestibilidade da fração fibrosa do feno de braquiária (*Brachiaria decumbes)* em ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.2, p.229-233, 2005.

VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.** CQBAL 3.0. Viçosa: UFV, 2010. 3.ed., 502p.

VAN SOEST, P.J. ***Nutritional Ecology of the Ruminant.*** 2. ed. Ithaca. Cornell University, 476 p. 1994.

VIANA, P.G.; LOUVANDINI, H.; BRANDAO, E.G. Avaliação da intoxicação de ovinos alimentados com caroço de algodão e seus co-produtos através da avaliação de parâmetros sanguíneos. In: 48ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, v.48, 2011, Belém - PA. **Anais**... Belém: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2011.

VIANA, P.T.; SANTANA JÚNIOR, H.A. de; ALVES, E.M. et al. Composição e utilização dos co-produtos do algodão na alimentação de bovinos. **PUBVET**, Londrina, V.3 , N. 29, Ed. 90, Art. 645, 2009.

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds, IN: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANIFACTURERS, 61, 1999, Ithaca. **Proceedings**…Ithaca: Cornell University, 1999, p.176-185.

CAPÍTULO 3

Degradabilidade e cinética da fermentação ruminal *in vitro* da torta de algodão provenientes da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Resumo: Estudos envolvendo a avaliação da torta de algodão são poucos e incompletos, verificando-se carência de informações sobre a influência do processamento de obtenção na cinética da degradação ruminal. Objetivou-se, com a realização deste estudo, estimar a degradabilidade e a cinética da fermentação ruminal *in vitro* da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento. O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, *Campus* Vitória da Conquista – BA. As tortas de algodão utilizadas foram adquiridas em quatro indústrias, tratamentos **IA, IB, IC e ID,** produtoras de torta e óleo de algodão, pelo método de prensagem mecânica. Observou-se diferença na composição química das diferentes tortas de algodão avaliadas. Não houve diferença na produção cumulativa de gases (PCG) nos períodos de 6 e 12 horas (h). A maior PCG ocorreu no tratamento IB nos tempos 24, 48 e 96 h. As tortas de algodão apresentaram uma PCG média de 61,8mL.g^{-1} às 96 h de avaliação *in vitro*. O Tratamento IB apresentou maior degradabilidade aparente (DMS) e verdadeira (DVMS) da matéria seca, nos períodos de 24, 48 e 96 h, exceção feita às 96 h, quando não houve diferença na DVMS entre os tratamentos IB, IC e ID, sendo esses dois últimos estatisticamente semelhantes ao tratamento IA. Não houve diferença significativa no volume máximo de produção de gases (Vf1), na taxa de digestão (Kd1) das frações de carboidratos não fibrosos (CNF) e na taxa de digestão (Kd2) dos carboidratos fibrosos (CF). O volume máximo de produção de gases (Vf2) das frações dos CF foi observado no tratamento IB. Não houve diferença no Vf2 nas frações dos CF entre os tratamentos IA e ID. O fator de partição da matéria seca diminuiu com o aumento no tempo de incubação, sendo que não houve diferença entre os tratamentos no período de 6 e 12 h. Não foi encontrada diferença para os valores de biomassa microbiana às 24 e 48 h. Dentre as tortas de algodão estudadas, destaca-se a torta proveniente da indústria B por apresentar melhor resultado na degradabilidade da matéria seca e cinética de produção de gases, influenciado pelo processo de extração do óleo.

Palavras-chave: co-produto, *Gossypium hirsutum*, produção de gases, ruminantes

Degradability and kinetics of *in vitro* ruminal fermentation of cottonseed meal from oil extraction under different processing conditions

Abstract: Studies involving the evaluation of cottonseed meal are scarce and incomplete and there is a lack of information about the influence of processing to obtain the kinetics of ruminal degradation. The objective of this study to estimate the degradability and kinetics of in vitro ruminal fermentation of cottonseed meal from the oil extraction under different processing conditions. The experiment was conducted at the Laboratory of Animal Nutrition, State University of Southwest Bahia - UESB *Campus* Vitória da Conquista – BA. Pies cotton used were acquired in four industries, treatments IA, IB, IC and ID, producing oil cake and cotton by mechanical pressing method. Difference was observed in the chemical composition of the various pies cotton evaluated. There was no difference in the cumulative gas production (CGP) in periods of 6 and 12 hours (h). Most CGP occurred in treatment in IB 24, 48 and 96 h. Pies cotton showed a mean PCG of 61.8 $mL.g^{-1}$ at 96 h *in vitro* evaluation. The IB treatment had a higher apparent degradability (DMD) and true (DVMS) of dry matter for 24, 48 and 96 h, 96 h ace except where there was no difference between treatments in the DVMS IB, IC and ID, and the latter two statistically similar to the processing IA. There was no significant difference in the maximum volume of gas production (Vf1), the rate of digestion (KD1) of the fractions of non-fiber carbohydrates (NFC) and the rate of digestion (kd2) of fiber (CF). The maximum volume of gas production (VF2) CF fractions was observed in the treatment IB. There was no difference in the fractions of VF2 between treatments CF IA and ID. The factor partition of dry matter decreased with increasing incubation time, and there was no difference between treatments in the period from 6 and 12 h. There was no difference in the values of microbial biomass at 48 h. Among the studied cotton pies, pie stands out from industry B by presenting better results in dry matter degradability and kinetics of gas production, influenced by the process of oil extraction.

Key words: co-product, gas production, *Gossypium hirsutum*, ruminants

3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta grande diversidade de plantas oleaginosas para produção de óleos vegetais devido a sua variabilidade climática e de ecossistemas. As principais oleaginosas cultiváveis no Brasil para produção de óleos são a soja (*Glycine max*), o girassol (*Helianthus annuus*), a mamona (*Ricinus communis*), o dendê (*Elaeis guineensis*) e o algodão (*Gossypium spp. L.*) (ABDALLA et al., 2008). Entre estas culturas, o algodão tem se destacado entre as plantas oleaginosas mais produzidas na atualidade, devido a sua grande importância na produção de fibra destinada à indústria têxtil e extração de óleo (ANDRIGUETTO et al., 1981), originando, após o beneficiamento deste, a torta de algodão com elevado valor nutricional, principalmente no que diz respeito aos teores de compostos nitrogenados, gorduras e fibra de alta digestibilidade.

O valor nutricional da torta de algodão como produto final da extração do óleo é função da composição do material que lhe deu origem, que, no caso do caroço de algodão originário de diferentes cultivares do algodoeiro, sofre variações, principalmente, quanto aos teores de proteína bruta e lipídios, como também da natureza do seu processo de obtenção.

Normalmente, o balanceamento de dietas é feito considerando a composição química média dos alimentos concentrados encontrado nas tabelas de composição nutricional dos alimentos (CABRAL et al., 2002). No caso da torta de algodão, em razão das diversidades genotípicas e de processamento industrial, que resultam em maior variabilidade dos componentes nutricionais nela presentes, esta estratégia pode conduzir a resultados de desempenho inadequados, uma vez que o percentual de proteína bruta, extrato etéreo e fibra em detergente neutro, não são semelhantes entre as tortas disponíveis no mercado.

Ademais, não só a composição química, mas o processo fermentativo destas tortas no rúmen influencia também o desempenho de ruminantes.

A quantificação do volume de gases produzidos durante a fermentação de substratos, através da técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases, permite avaliar a cinética de fermentação de alimentos utilizados na nutrição de ruminantes (THEODOROU et al., 1994), possibilitando diferenciar a contribuição das frações com

solubilidades ruminais distintas, assim como determinar a degradabilidade deste material no período de estudo.

A técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases (MAURÍCIO et al., 1999) utiliza um transdutor digital de pressão para mensuração dos gases produzidos em frascos de fermentação com ambiente anaeróbico, acrescidos do substrato a ser testado, meio de cultura e inóculo microbiano ruminal. Essa técnica possibilita a avaliação de grandes números de amostras, tem custo relativamente baixo e alta repetibilidade (MAURÍCIO et al., 2003). Dessa forma, pode ser utilizada como metodologia para estudos da avaliação nutricional de alimentos, juntamente com a determinação da taxa e da extensão de fermentação no rúmen, constituindo parâmetros importantes nos estudos do valor nutritivo destes.

Através da simulação do ambiente ruminal e da digestão microbiana, a técnica semiautomática de produção de gases permite a descrição da cinética de fermentação ruminal, fornecendo informações sobre a taxa e extensão da degradação dos alimentos (MAURÍCIO et al., 2003), podendo ser útil nas estimativas de consumo (BLÜMMEL e ØRSKOV, 1993). A produção de gases apresenta elevada correlação com a degradabilidade aparente e verdadeira *in vitro*, e degradabilidade ruminal *in vivo* (BLÜMMEL et al., 1997).

De acordo com Van Soest (1994), os sistemas de exigências nutricionais, CNCPS e NRC, necessitam de estimativas acuradas e precisas das taxas de degradação dos alimentos, pois fornecem subsídios para balancear adequadamente dietas ou formular rações para ruminantes. Além disso, a cinética de degradação ruminal das frações de carboidratos não-fibrosos e fibrosos proporciona diferenças significativas na produção de ácidos graxos voláteis e no crescimento microbiano, influenciando o suprimento de proteína microbiana no intestino delgado e, consequentemente, o desempenho animal.

Estudos com inclusão de lipídios na dieta para avaliação da digestibilidade dos nutrientes demonstram variações nos resultados, atribuídas à fonte lipídica utilizada ou ao nível de inclusão nas dietas (MAIA et al., 2006). Nesse contexto, os parâmetros fermentativos do rúmen podem ser afetados pela adição de fontes de óleo à dieta, contudo, a extensão dessa interferência depende tanto da fonte de óleo como do nível em que é adicionada à ração.

Segundo Valadares Filho et al. (2006), a fermentação ruminal dos carboidratos estruturais é reduzida pela adição de lipídeos às dietas e o grau de redução depende das fontes de fibra e de lipídeos, características estas presentes nos co-produtos do algodão.

A determinação das características de fermentação ruminal da torta de algodão, co-produto proveniente da extração do óleo do caroço de algodão, é de fundamental importância, pois essas podem gerar informações relativas ao seu valor nutritivo e direcionar os melhores níveis de inclusão na dieta de ruminantes. Por meio desses estudos, é possível avaliar a quantidade de nutrientes que estará disponível para os microrganismos do rúmen e a quantidade de nutrientes que chega ao intestino, parâmetros importantes na avaliação nutricional de alimentos para ruminantes (NRC, 2001).

Estudos envolvendo o uso da torta de algodão em nutrição de ruminantes são poucos e incompletos, verificando-se carência de informações sobre a cinética da degradação ruminal, a qual estima mais precisamente a quantidade e composição dos nutrientes digeridos e a subsequente eficiência de utilização pelos animais. Nesse contexto, objetivou-se com a realização deste estudo estimar a degradabilidade e a cinética da fermentação ruminal *in vitro* da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Campo Agropecuário e Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, *Campus* de Vitória da Conquista – BA, localizado na região sudoeste da Bahia, a 14°51' de latitude Sul, 40°50' de longitude Oeste, altitude média de 874,8m e precipitação média anual é de 733,9mm. As médias das temperaturas máxima e mínima foram, respectivamente, de 25,3 e 16,1°C.

As amostras de torta de algodão foram adquiridas entre os meses de julho e dezembro de 2010, em quatro indústrias produtoras de torta e óleo de algodão, pelo método de prensagem mecânica, realizada sob diferentes etapas de processamento, localizadas nas regiões Sudoeste e Oeste do estado da Bahia. Realizou-se duas amostragens diária, às 8:00 e 14:00 horas, da torta de algodão no final da linha de produção de cada prensa, em seguida, as amostras foram homogeneizada, formando uma alíquota composta por coleta, com 2 kg, e armazenadas em embalagens plásticas seladas e identificadas para posteriores análises. Foram observadas e notificadas, no início do experimento e a cada período de coleta, todas as etapas de produção para posteriores descrições dos tratamentos, caracterizando o processo de obtenção da torta de algodão de cada indústria quanto ao deslintamento mecânico e tipo de moinho utilizado na desintegração do caroço de algodão.

Posteriormente, determinou-se os tratamentos como: Indústria **A**, caroço submetido ao processo de deslintamento mecânico e desintegrado em moinho tipo martelo **(Tratamento IA – caroço deslintado + moinho martelo);** Indústria **B**, caroço submetido ao processo de deslintamento mecânico e desintegrado em moinho de lâminas **(IB – caroço deslintado + moinho de lâmina);** Indústria **C**, caroço não deslintado e desintegrado em moinho tipo martelo **(IC – caroço não deslintado + moinho martelo)** e Indústria **D,** caroço não deslintado e desintegrado em moinho de lâminas **(ID – caroço não deslintado + moinho de lâmina)**. A indústria **IB** apresentou um maior grau de deslintamento da **IA,** retirando-se um teor médio de 3,0 e 1,8% de línter, respectivamente.

Ao término das amostragens, a torta de algodão foi processada em triturador tipo martelo, dotado de peneira de 5mm, e acondicionada em estufa de pré-secagem durante 72 horas a 60°C. Posteriormente, foram trituradas em moinho tipo *Willey* com peneira

de malha de 1mm, em seguida, homogeneizadas formando uma alíquota composta por tratamento para posteriores análises dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), nitrogênio total (NT), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose e hemicelulose, segundo procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2006), e a fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp) foi segundo Hall (2003). Os teores de carboidratos foram estimados conforme Sniffen et al. (1992), seguindo as equações: CT (%) = 100 – (%PB + %EE + %MM), em que CT representa carboidratos totais; PB a proteína bruta; EE o extrato etéreo e MM a matéria mineral. Os carboidratos não-fibrosos (CNF), a partir da equação: CNF (%) = CT – FDNcp.

A técnica de produção de gases *in vitro* foi conduzida de acordo com o descrito por Maurício et al. (1999). Em frascos de 160 mL foi adicionado CO_2 e 1g das amostras (1mm), com uma réplica para cada tratamento (torta de algodão oriunda de quatro diferentes indústrias), além destes foram incluídos mais dois frascos contendo apenas fluido ruminal e meio de cultura (saliva artificial – ANEXO 7), servindo como controle. A produção de gases destes últimos foi descontada das obtidas nos frascos que continham amostras. A cada frasco foi adicionado 90 mL de meio de cultura contendo minerais e tamponantes, posteriormente vedados com rolhas de borracha (THEODOROU et al., 1994). As soluções foram preparadas na noite anterior à incubação e mantidas em estufa a 39ºC.

A inoculação (10,0 mL/frasco) foi feita usando líquido ruminal de três vacas mestiças (HxZ), fistuladas no rúmen e mantidas a pasto, suplementadas diariamente com 1kg de torta de algodão, sendo esta formada por uma mistura das tortas provenientes dos quatro tratamentos, em um período de 14 dias de adaptação, anterior às coletas, sendo cada animal considerado um bloco e uma mistura homogênia desses três inóculos, originando um quarto bloco (fluido).

As leituras de pressão dos gases produzidos durante as fermentações foram realizadas às 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas, após o início das incubações. As leituras de pressão dos gases (psi, pressão por polegada quadrada) foram realizadas de forma semiautomática por intermédio de um transdutor de pressão (tipo T443A, Bailey e Mackey, Inglaterra), com uma agulha acoplada a sua extremidade. As

medidas de pressão obtidas foram ajustadas para o volume de gases, conforme a equação proposta por Figueiredo et al. (2003), para a altitude local (Vitória da Conquista - BA), segundo a fórmula: $V = -0{,}02 + 4{,}30*p + 0{,}07*p^2$, em que "V" é o volume dos gases (mL) e "p" é a pressão dos gases dentro dos frascos de fermentação (psi). De cada leitura de pressão, foi subtraído o total produzido pelos frascos sem substrato (branco), referentes a cada amostra.

Nos tempos de fermentação 6, 12, 24, 48 e 96 horas, dois frascos por tratamento foram retirados, procedendo-se a filtração do primeiro para a determinação da degradabilidade aparente da matéria seca. No segundo, foi realizada a digestão em detergente neutro do incubado remanescente da fermentação (GOERING & VAN SOEST, 1970), obtendo-se a degradabilidade verdadeira. A biomassa microbiana ($mg.g^{-1}$ de MS digestível) foi mensurada a partir da diferença entre o substrato aparentemente degradado e o verdadeiramente degradado (BLÜMMEL et al., 1997).

O modelo bicompartimental proposto por Schofield et al. (1994) foi utilizado para descrever a cinética do processo de fermentação por meio da produção cumulativa de gases na fase rápida Vf1 ($mL.g^{-1}$), correspondendo à fermentação dos carboidratos não fibrosos (frações A + B_1), taxa específica de degradação da fração rápida Kd1 (h^{-1}), tempo de colonização L (h^{-1}), produção cumulativa de gases da fração lenta Vf2 ($mL.g^{-1}$), específica para os carboidratos fibrosos (frações B_2 e C) e taxa específica de degradação da fração lenta Kd2 (h^{-1}), conforme a equação: $V(t) = (Vf1/(1+ \exp(2-4*Kd1*(T-L)))+(Vf2/(1+\exp(2-4*Kd2*(T-L)))$, em que V(t) é o volume acumulado no tempo t; Vf1 = volume de gás oriundo da fração de rápida digestão (CNF); Kd1(h^{-1}) = taxa de degradação da fração de rápida digestão (CNF); L = latência ou tempo de colonização em horas; T = tempo (h); Vf2 = volume de gás da fração de lenta degradação (B2) e Kd2 (h^{-1}) = taxa de degradação da fração B2.

Determinou-se o fator de partição (FP), obtido pela divisão dos valores do substrato verdadeiramente degradado ($mg.g^{-1}$) pela produção de gases (mL), em cada tempo de degradação (BLÜMMEL et al., 1997; BLÜMMEL et al., 1999), para comparar as quatro tortas em relação as suas eficiências de degradação e produção de gases.

O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente ao acaso, em parcelas subdivididas para a comparação dos parâmetros nas horas de incubação, adotando-se para formação de blocos as fontes dos inóculos (animais). As parcelas foram

constituídas pelas diferentes tortas de algodão (IA, IB, IC e ID) e as subparcelas pelos tempos de incubação. Para comparação das médias das dietas, nos tempos de fermentação, utilizou-se o teste Tukey, adotando-se $\alpha = 0,05$. Foi realizada a análise de regressão entre a produção de gases, resultados de degradabilidade, para os tempos de incubação e a regressão entre a produção de gases, e resultados de degradabilidade verdadeira com o auxílio do programa Statistical Analyses System - SAS (SAS, 2002).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição químico-bromatológica e os teores de carboidratos totais (CT) e não-fibrosos (CNF) da torta de algodão, proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento, oriundas das quatro indústrias estudadas, utilizadas no ensaio *in vitro*, encontram-se na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Composição químico-bromatológica da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Item	**Indústria[1]**				EPM[6]
	IA	**IB**	**IC**	**ID**	
Matéria seca (g/kg na MN)	910ab	916a	903b	911a	0,929
Umidade (g/kg na MN)	89ab	83b	96a	88ab	1,072
Matéria orgânica[2]	862	866	859	866	0,881
Proteína bruta[2]	286ab	310a	259c	273bc	3,281
NIDN/NT[3]	134a	120ab	117b	123ab	1,739
NIDA/NT[3]	78b	73b	97a	82a	2,391
Extrato etéreo[2]	83ab	72b	96a	96a	2,036
Fibra em detergente neutro[2]	547a	503b	558a	551a	3,636
FDNcp[2]	513a	469b	533a	421a	3,754
Fibra em detergente ácido[2]	446a	390b	457a	446a	3,106
Celulose[2]	341a	289b	352a	338a	2,829
Hemicelulose[2]	111	134	113	120	3,659
Carboidratos totais[2]	583	566	599	584	3,927
CNF[2,4]	70	97	66	63	4,939
NDT_{NRC}[2,5]	662ab	702a	621b	663ab	4,249
Lignina[2]	118	109	118	113	1,449
Cinza[2]	47ab	50a	44b	45b	0,541

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; [2/]Valores em g/kg da MS; [3/]Valores em g/kg do nitrogênio total; [4/]CNF – Carboidratos não-fibrosos; [5/]NDT_{NRC} – Nutrientes digestíveis totais estimado (NRC, 2001); NIDN – Nitrogênio indolúvel em detergente neutro; NIDA – Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; FDNcp - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; MN – Matéria natural;

*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente a 0,05 pelo teste Tukey; [6/]EPM – Erro padrão médio.

Observou-se diferença (P<0,05) na degradabilidade aparente e verdadeira da MS, e na cinética de fermentação ruminal entre as tortas de algodão provenientes da extração do óleo sob diferentes condições de processamento, avaliadas no presente estudo (Tabela 3.2).

Com relação às produções cumulativas de gases, no período de 12 horas não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos IA, IB, IC e ID (P>0,05). Do período de 24 até 96 h, a torta de algodão proveniente da indústria IB se destaca, apresentando as maiores produções cumulativas de gases (P<0,05), quando comparada às tortas de algodão oriundas das indústrias IA, IC e ID, que, por sua vez, foram semelhantes (P>0,05) às 24 h. Foi observado o mesmo comportamento entre os tratamentos nos períodos de 48 e 96 h, não havendo diferença (P>0,05) entre os tratamentos IA e ID, e entre os tratamentos IC e ID.

As produções cumulativas de gases apresentadas no período de 96 h de incubação foram de 61,4; 79,7; 50,7 e 55,5 $mL.g^{-1}$, observando uma média de 61,8 $mL.g^{-1}$ na produção de gases *in vitro* em 96 h da torta de algodão proveniente da extração óleo. As comparações entre as tortas de algodão nos diferentes períodos de fermentação indicam que, a partir de 24 h, a torta oriunda do tratamento IB foi a que apresentou maior fermentação. O mesmo pode ser observado na Figura 3.1, em que é ilustrada esta superioridade da curva obtida para a torta IB, quando comparado às curvas dos tratamentos IA, IC e ID.

A maior produção cumulativa de gases, reflexo do processo fermentativo do substrato, que ocorreu no tratamento IB nos tempos 24, 48 e 96 h, em relação aos demais, evidencia uma maior disponibilidade de nutrientes para os microrganismos ruminais (WASCHECK et al., 2010). Estes resultados podem ser atribuídos à menor participação de carboidratos fibrosos na torta advinda da indústria IB, representado pelo FDNcp (HALL, 2003), em comparação às demais tortas estudadas (Tabela 3.1). A menor concentração deste constituinte na torta de algodão da indústria IB, assim como os teores de FDN e FDA, deve-se ao efeito do deslintamento do caroço de algodão, etapa que antecede o processo de extração do óleo realizado pela indústria “B”.

Também, a maior concentração de EE neste co-produto nos tratamentos IC e ID, como indica a Tabela 3.1, pode explicar a menor produção de gases destes alimentos, visto que os gases são produzidos basicamente pela fermentação de carboidratos.

Estes resultados foram inferiores aos encontrados por Santos et al. (2003) que, avaliando a produção de gases do farelo de trigo e fubá de milho, encontraram 48,7% a mais de gases após 72 h de fermentação. Quando comparado com os valores médios de produção cumulativa de gases das tortas no mesmo período, dentre os alimentos avaliados por estes autores, o caroço e farelo de algodão apresentaram as menores PCG.

De acordo com Khazaal et al. (1995), a incubação de substratos ricos em proteína resultaria na formação de bicarbonato de amônio, a partir de CO_2 e amônia, reduzindo, assim, a contribuição de CO_2 para a produção total de gás.

Wascheck et al. (2010), avaliando a produção de gases *in vitro* de fontes energéticas na alimentação de ruminantes, atribuíram a menor produção de gases ao farelo de arroz integral e parbolizado ao alto teor de EE destes ingredientes, 168,0 e 241,0 g/kg de MS, respectivamente. De acordo com Cenkvàri et al. (2005), altos níveis de lipídios em ingredientes utilizados na fabricação de rações para ruminantes podem influenciar no desempenho, devido a possíveis alterações nos padrões de fermentação ruminal. Segundo Silva et al. (2007), os principais mecanismos envolvidos neste processo incluem o recobrimento físico da fibra e aos efeitos tensoativos sobre as membranas microbianas, podendo influenciar o ambiente ruminal, limitando o crescimento microbiano e, consequentemente, a digestibilidade dos carboidratos e produção de gases.

A torta de algodão proveniente da indústria “B” destacou-se por apresentar um maior teor de PB em sua composição. Entretanto, este fato parece que não prevaleceu na diminuição da PCG neste co-produto, uma vez que às 96 h de incubação esta foi superior ($79,7 mL.g^{-1}$) às demais ($P<0,05$). Provavelmente, os menores teores de carboidratos fibrosos (FDNcp) e EE compensaram os maiores teores de PB desta torta, resultando em valores significativamente mais altos de produção cumulativa de gases a partir das 24 h de incubação.

Quanto à degradabilidade aparente da MS (DMS), no período de 6 e 12 horas, não observou diferença ($P<0,05$) entre os tratamentos, o que também pode ser observado nos períodos de 24, 48 e 96 h para os tratamentos IA, IC e ID. A torta originada da indústria “B” apresentou maior DMS nos períodos de 24, 48 e 96 h, quando comparada com as tortas provenientes das demais indústrias ($P>0,05$), indicando uma disponibilização de nutrientes no ambiente ruminal em menor tempo, quando comparada com as outras tortas testadas. Não obstante, os resultados

encontrados ao final do período de fermentação foram semelhantes à torta oriunda da indústria "A", no período de 96 h (P>0,05) (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 Produção cumulativa de gases (PCG), degradabilidade aparente da matéria seca (DMS) e degradabilidade verdadeira da matéria seca (DVMS) da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Tratamento/Indústria[1]	**Períodos de fermentação (horas)**				
	6	**12**	**24**	**48**	**96**
			PCG (mL.g^{-1})[2]		
Torta IA	6,2	15,0	37,7b	54,0b	61,5b
Torta IB	5,2	16,7	45,7a	67,0a	79,7a
Torta IC	4,7	14,2	35,5b	47,0c	50,7c
Torta ID	5,0	14,5	38,0b	51,7bc	55,5bc
			DMS (mg.g^{-1})[3]		
Torta IA	248,3	292,7	298,1b	365,8b	418,2ab
Torta IB	233,6	305,2	346,2a	417,6a	457,0a
Torta IC	243,9	288,1	292,1b	335,7b	392,7b
Torta ID	253,5	293,2	309,2b	365,3b	388,5b
			DVMS (mg.g^{-1})[4]		
Torta IA	508,6	516,5b	531,5b	542,8b	559,9b
Torta IB	566,2	569,2a	581,3a	610,8a	624,2a
Torta IC	502,5	513,7b	522,6b	545,7b	585,1ab
Torta ID	508,0	522,1b	527,5b	549,7b	563,6ab

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; [2/]PCG: Erro padrão médio (EPM) = 1,023; [3/]DMS: EPM = 4,393; [4/]DVMS: EPM = 4,381;
Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente adotando-se α= 0,05 pelo teste Tukey.

O comportamento observado entre os tratamentos para a degradabilidade verdadeira da MS (DVMS) apresentados na Tabela 3.2 segue em consonância com o que foi relatado para os valores da DMS, com exceção no período de 96 h, quando não

houve diferença na DVMS entre os tratamentos IB, IC e ID (P>0,05), sendo esses dois últimos semelhantes (P>0,05) ao tratamento IA.

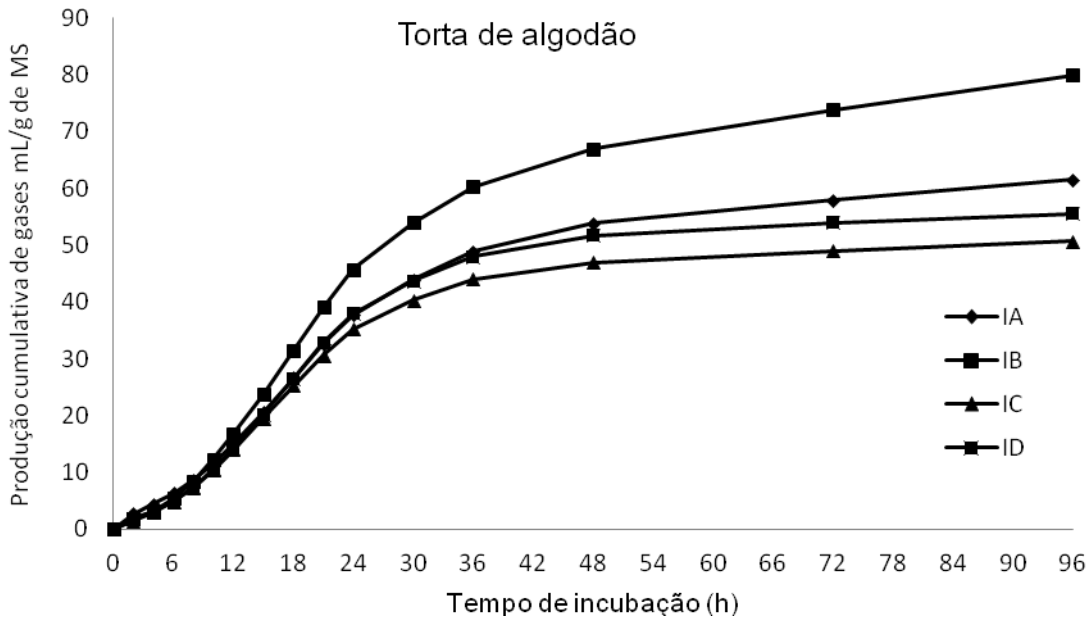


Figura 3.1 Curvas de produção cumulativa de gases (mL/g de MS) da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Na Figura 3.2 encontram-se as curvas da evolução da produção não cumulativas de gases, observadas entre as quatro diferentes tortas de algodão avaliadas. Com base nesta figura, observa-se que as maiores produções de gases por hora foram obtidas no período inicial de seis horas de fermentação, fato provavelmente ligado à fermentação dos carboidratos prontamente disponíveis (GUIMARÃES JÚNIOR et al., 2008). Já entre os períodos de 12 e 18 horas, observa-se uma segunda elevação na produção de gases por hora, que pode está relacionada à fermentação dos carboidratos fibrosos (CASTRO et al., 2007). Sendo assim, pode-se inferir por meio destas curvas de produção não cumulativa de gases, em consonância com os dados de composição químico-bromatológica (Tabela 3.1), que estes últimos resultados analíticos das tortas de algodão que compõem os tratamentos IA e IB destacaram-se durante o processo fermentativo, diferenciando-as das demais.

Os melhores resultados obtidos para o tratamento IB, composto pela torta de algodão proveniente da indústria “B”, nas avaliações da degradabilidade aparente e

verdadeira, podem estar relacionados com a diminuição no percentual dos constituintes da parede celular (FDN e FDA) neste co-produto, conforme suas análises bromatológicas demonstradas na tabela 3.1. Este fato ocorreu, possivelmente, por conta do aumento das frações de alta solubilidade com a consequente redução do FDN do alimento (WASCHECK et al., 2010) e do efeito de diluição entre os nutrientes, atribuído às frações de baixa degradabilidade. Este comportamento também pode ser explicado pelas equações de regressão estabelecidas para a degradabilidade da MS e a produção de gases (Tabela 3.3).

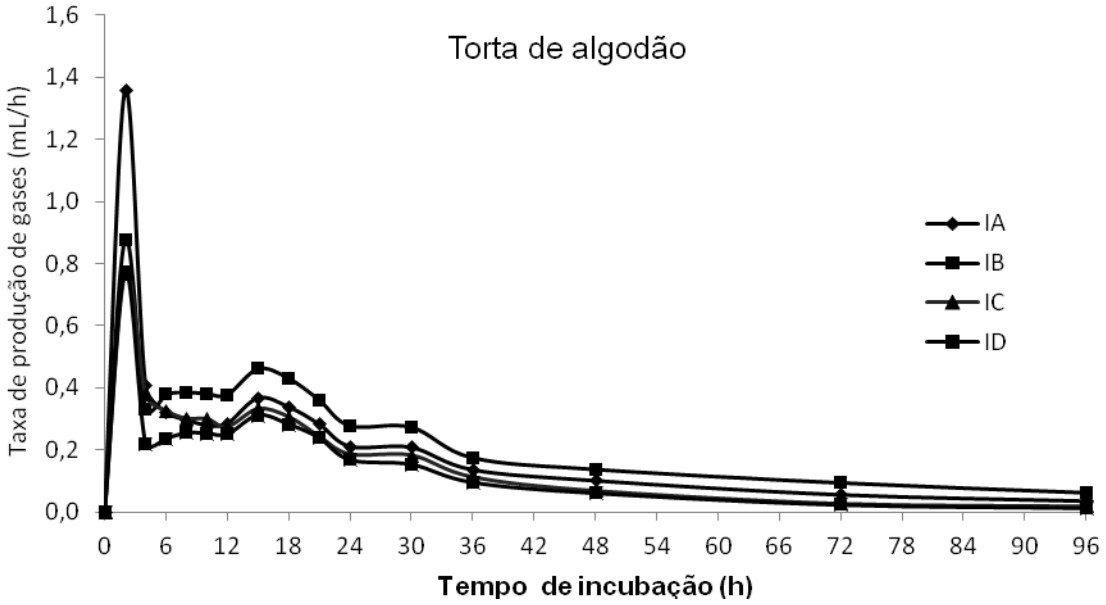


Figura 3.2 Evolução da produção não cumulativa de gases da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

A comparação dos resultados encontrados para os parâmetros da cinética da fermentação ruminal, estimados por meio do uso do modelo matemático bicompartimental para as tortas de algodão avaliadas, não evidenciou diferença significativa (P>0,05) em relação ao volume máximo de produção de gases (Vf1) e taxa de digestão das frações de carboidratos não-fibrosos - CNF (Kd1), observando o mesmo comportamento para a taxa de digestão dos carboidratos fibrosos - CF (Kd2), conforme descrito na Tabela 3.4.

Tabela 3.3 Equações de regressão para produção de gases (PG) sobre a degradabilidade da matéria seca (DMS) da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Tratamento/Indústria[1]	Equação de regressão	R^2
Torta IA	[2]DMS_n ($mg.g^{-1}$) = $0,8414*PG_n^3 + 502,52$	($R^2 = 0,96$)
Torta IB	DMS_n ($mg.g^{-1}$) = $0,7827*PG_n + 556,76$	($R^2 = 0,93$)
Torta IC	DMS_n ($mg.g^{-1}$) = $1,4162*PG_n + 490,94$	($R^2 = 0,76$)
Torta ID	DMS_n ($mg.g^{-1}$) = $0,9306*PG_n + 503,59$	($R^2 = 0,88$)

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; [2]DMS = degradabilidade verdadeira da matéria seca no período n (horas) de fermentação (%); [3]PG = produção de gases no período n (horas) de fermentação (mL).

A taxa média de digestão das frações de carboidratos não-fibrosos - CNF (Kd1), observadas no presente estudo, 0,061 h^{-1}, estão abaixo das encontradas por Cabral et al. (2004), para o farelo de soja, 0,178 h^{-1}, valores estes abaixo da taxa de digestão sugerida por Sniffen et al. (1992), para este alimento, 0,40 a 0,50 h^{-1}.

Para o volume máximo da produção de gases da fração dos carboidratos fibrosos (Vf2), houve diferença ($P<0,05$) entre as tortas avaliadas, observando-se um volume máximo superior para a torta de algodão proveniente da indústria "B", não observando diferença ($P>0,05$) entre as tortas do tratamento IA e ID e um menor volume encontrado para a torta do tratamento IC (Tabela 3.4). Esperava-se que as tortas oriundas das indústrias IC e ID apresentassem volume máximo de produção de gases provenientes das frações dos CF, superiores à IB, devido à maior participação de FDN nas tortas destas indústrias.

Estes resultados podem ser explicados a partir dos relatos de Wilbert et al. (2011) que, ao avaliar a combinação da suplementação energética com a proteica em dietas à base de um volumoso de baixa qualidade, observaram que, quanto maior a inclusão de fontes energéticas e, consequentemente, as frações de rápida degradação, maior será a taxa de degradação destas frações. A torta proveniente da indústria B por apresentar menor teor de FDN, provavelmente, apresentou incremento nas frações de rápida degradação e, consequentemente, maior taxa de degradação referente às frações dos CF.

As diferentes etapas que foram observadas no período de avaliação das indústrias, durante o processo de extração do óleo do caroço, influenciaram ($P<0,05$) na composição bromatológica das tortas obtidas. Entretanto, estas variações não influenciaram os parâmetros cinéticos das frações de CF e CNF deste co-produto (Tabela 3.1). Embora as concentrações de CNF e CF não tenham sofrido variações entre as tortas, e a concentração de lignina deste alimento seja relativamente alta (CABRAL et al., 2002), não houve diferença na taxa de digestão dos CF entre as tortas estudadas.

No tocante ao volume total da produção de gases, as tortas provenientes das indústrias que realizam o deslintamento do caroço (IA e IB), antes da extração do óleo, destacam-se por apresentarem uma maior produção total de gases ajustada pelo modelo, através dos carboidratos disponíveis nos substratos.

Mesmo apresentando um maior tempo para colonização (L), a torta do tratamento IB apresentou uma maior disponibilização de carboidratos disponíveis, influenciando no aumento da produção total de gases (Tabela 3.4). Segundo Azevêdo et al. (2009), os processos de adesão e colonização do substrato pelos microrganismos são facilitados, quando há disponibilidade de substrato de rápida fermentação. De acordo com Tomich et al. (2003), além da disponibilidade de substratos prontamente fermentáveis, as características físicas e químicas da parede celular da amostra também facilitam a colonização microbiana.

Os valores médios para as taxas de degradação das frações rápidas e lenta, 0,06 e 0,02 h^{-1}, apresentaram valores superiores aos encontrados por Sá et al. (2011), 0,05 e 0,01 h^{-1}, avaliando a cinética da fermentação *in vitro* do capim Marandu com diferentes idades de corte (28, 35 e 54 dias). Também pode ser verificado que a taxa de digestão dos CNF foi acima dos encontrados por Velásquez et al. (2009) de 0,03 h^{-1} para *Brachiaria brizanta* cv. Marandu, com 28, 35 e 42 dias.

Estes resultados mostram que mesmo apresentando semelhanças nos constituintes da parede celular (FDN, FDA), entre este co-produto do algodão e estas gramíneas, e com maior teor de lignina observado na torta, esta se destaca por apresentar características nutricionais superiores às forrageiras estudadas por estes autores.

Tabela 3.4 Estimativa dos parâmetros cinéticos da produção de gases *in vitro* da matéria seca (MS) da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Parâmetros	**Tratamento/Indústria[1]**				**EPM[2]**
	Torta IA	**Torta IB**	**Torta IC**	**Torta ID**	
Vf1 ($mL.g^{-1}$)	33,53	42,34	36,41	29,64	1,575
Kd1 (h^{-1})	0,056	0,063	0,059	0,065	0,001
L (h)	7,13b	8,93a	6,99b	7,49b	0,180
Vf2 ($mL.g^{-1}$)	27,42b	36,40a	13,62c	25,27b	1,371
Kd2 (h^{-1})	0,019	0,017	0,019	0,025	0,001
Total ($mL.g^{-1}$)	60,96b	78,74a	50,03c	54,92c	1,150

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; Vf1= volume máximo de produção de gases da fração dos carboidratos não-fibrosos (CNF); Kd1 = taxa de digestão para a fração dos CNF; L = tempo de colonização; Vf2= volume máximo da produção de gases da fração dos carboidratos fibrosos (CF); Kd2= taxa de digestão para a fração dos CF; Valores seguidos por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste Tukey adotando-se α=0,05; [2/]EPM – Erro padrão médio.

Nas Figuras 3.3 e 3.4 pode ser observada a evolução da produção cumulativa de gases provenientes dos CNF e CF. Observando as curvas de evolução da produção cumulativa dos CNF (Figura 3.3), nota-se que, nos períodos de 12 a 24 horas, há um incremento acentuado na produção de gases semelhante entre os tratamentos. Entretanto, a torta de algodão que compõe o tratamento IB se destaca das demais com maior produção cumulativa de gases ($P<0,05$), independente da fração dos carboidratos.

Na Figura 3.4, nota-se que os tratamentos IA, IC e ID se mantêm em patamares inferiores aos observados na torta "B" ($P<0,05$) para a produção cumulativa de gases proveniente dos CF ($P<0,05$), este fato pode ser explicado pela maior concentração ($P<0,05$) da FDN e FDA, encontrada na composição bromatológica das tortas que compõem estes tratamentos, como pode ser observado na Tabela 3.1. Tal fato pode ser comprovado pela maior participação das frações fibrosas indigestíveis do caroço na torta de algodão, pois segundo Campos et al. (2007), existe uma correlação negativa entre a digestibilidade dos nutrientes e a FDA, devido à associação destes com a fibra indigestível.

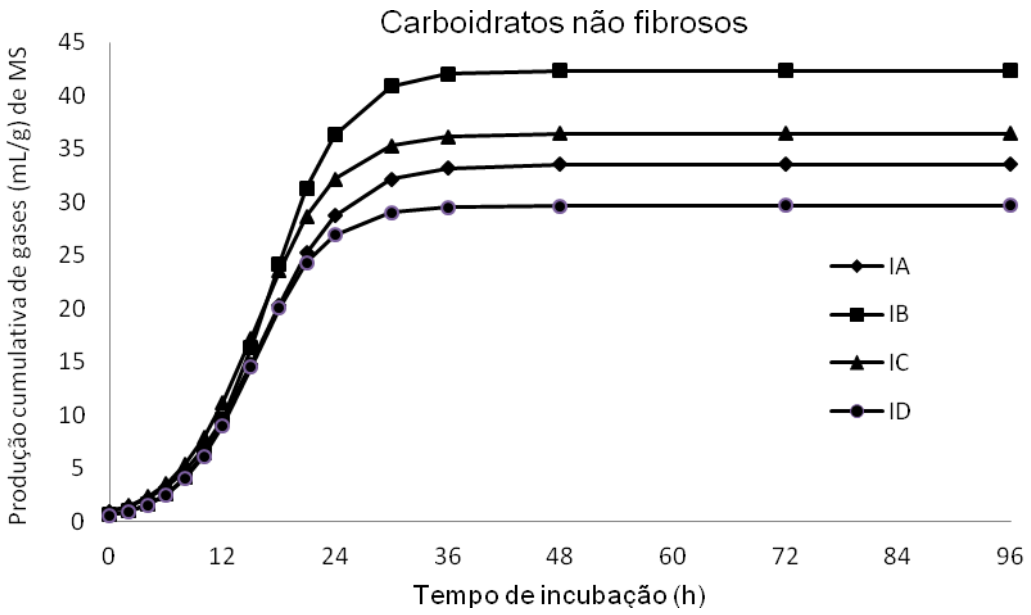


Figura 3.3 Curvas de produção cumulativa de gases provenientes dos carboidratos não fibrosos da torta de algodão, proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

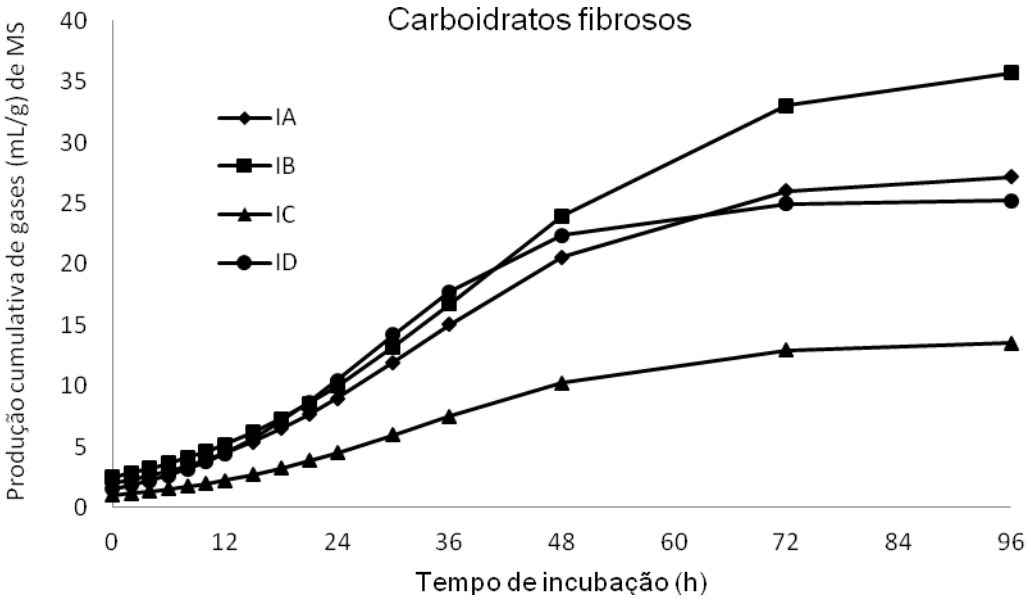


Figura 3.4 Curvas de produção cumulativa de gases provenientes dos carboidratos fibrosos da torta de algodão, proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Os valores do fator de partição (FP) em $mg.mL^{-1}$, que relacionam a quantidade de substrato verdadeiramente degradado e a produção de gases (CRUZ, et al., 2010; VELÁSQUEZ et al., 2010), diminuíram com o tempo de incubação entre as tortas de algodão avaliadas (Tabela 3.5). Esse fato está associado à dinâmica de fermentação dos CNF que são degradados nas primeiras horas de fermentação e produzem menos gases em relação aos CF (BLÜMMEL et al., 1997).

O FP nos períodos de 6 e 12 horas não apresentou efeito significativo (P>0,05) para as tortas de algodão provenientes das diferentes indústrias. O que também pode ser observado às 24 horas entre os tratamentos IA, IB e ID, mostrando superioridade (P<0,05) ao tratamento IC. Os valores estimados de FP às 48 h de incubação ruminal *in vitro* variaram entre 8,9 e 11,6 $mg.mL^{-1}$ para as tortas A, B, C e D (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 Valores médios de biomassa microbiana ($mg.g^{-1}$) e fator de partição ($mg.mL^{-1}$) às 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação da torta de algodão proveniente da extração do óleo sob diferentes condições de processamento

Tratamento/Indústria[1]	**Períodos de fermentação (horas)**				
	6	**12**	**24**	**48**	**96**
	Biomassa microbiana ($mg.g^{-1}$)[2]				
Torta IA	260,3b	223,8b	233,4	177,1	141,7b
Torta IB	332,8a	264,0a	235,1	193,2	167,1ab
Torta IC	258,6b	225,6b	230,5	209,9	192,4a
Torta ID	254,5b	228,7b	218,3	184,4	175,1a
	Fator de partição ($mg.mL^{-1}$)[3]				
Torta IA	83,2	35,6	14,3ab	10,1bc	9,1b
Torta IB	121,3	35,8	12,8b	8,9c	7,4c
Torta IC	115,6	38,8	15,0a	11,6a	11,5a
Torta ID	106,3	36,9	14,2ab	10,6ab	10,2ab

[1/]Tratamentos: Indústria A (IA) – caroço deslintado + moinho martelo, IB – caroço deslintado + moinho de lâminas; IC – caroço não deslintado + moinho martelo; ID – caroço não deslintado + moinho de lâminas; [2/]Biomassa microbiana:Erro padrão médio (EPM) = 5,288; [3/]Fator de partição: EPM = 2,367. Valores seguidos por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Tukey adotando-se $\alpha = 0,05$.

De acordo com Makkar et al. (2002), o FP mensura a eficiência de síntese de proteína microbiana, cuja amplitude pode variar entre 2,74 e 4,41 $mg.mL^{-1}$. Estes autores e Blümmel et al. (1999) verificaram que os valores de FP *in vitro* apresentaram alta correlação com a síntese microbiana *in vivo*, em que maiores FP ocasionaram maior excreção de derivados de purina e a produção de dióxido de carbono e metano no rúmen, sendo os maiores valores de FP associados às menores produções destes gases. Os valores mais altos para os FP, encontrados no presente estudo, podem ser explicados pela alta concentração de PB contida nas tortas de algodão avaliadas (Tabela 3.1), disponibilizando maiores concentrações das frações nitrogenadas para produção de massa microbiana.

A torta de algodão do tratamento IB se destacou das demais apresentando maior ($P<0,05$) produção de biomassa microbiana, que não diferiram entre si. Não foi encontrada diferença significativa ($P>0,05$) para os valores de biomassa microbiana às 24 e 48 horas de incubação *in vitro*, que variaram de 218,3 a 235,1 e 177,1 a 209,9 $mg.g^{-1}$ de substrato verdadeiramente degradado, respectivamente. Às 96 horas, o tratamento IB apresentou um comportamento semelhante ($P>0,05$) às demais tortas estudadas.

3.4 CONCLUSÃO

O maior grau de deslintamento e desintegração do caroço de algodão no processo de extração do óleo realizado pela indústria B proporcionam à torta de algodão melhor valor nutricional em relação às demais tortas avaliadas.

Dentre as tortas de algodão estudadas, destaca-se a torta proveniente da indústria B por apresentar melhores resultados na degradabilidade da matéria seca e cinética de produção de gases, influenciados positivamente pelo processo de extração do óleo.

3.5 REFERÊNCIAS

ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.37, p.260-268, 2008. (Suplemento Especial).

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLEY, L. MINARDI, I et al. Nutrição Animal. As bases e os fundamentos da nutrição animal. **Os alimentos**. Vol. 1. 4ª edição. Nobel, 1981. 396p.

AZEVEDO, M.M.R.; VASCONCELOS, V.R.; PIMENTEL, J.C.M. et al. Dinâmica de fermentação ruminal *in vitro* do pseudofruto de cinco clones de cajueiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.4, p.752-759, 2009.

BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas production: a technique revised. **Journal of Animal Physiology and Nutrition**, v.77 n.1, p.24-34, 1997.

BLUMMEL, M.; MGOMEZULU, R.; CHEN, X.B. et al. The modification of an in vitro gas production test to detect roughage related differences *in vivo* microbial protein synthesis as estimated by the excretion of purine derivatives. **Journal of Agricultural Science**, v.133, p.335-340, 1999.

BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E.R. Comparison of *in vitro* gas production and nylon degradability of roughage in predicting feed intake in cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.40, p.109-119, 1993.

CABRAL, L.S; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e ndt estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.6, p.2332-2339, 2002.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Taxas de Digestão das Frações Protéicas e de Carboidratos para as Silagens de Milho e de Capim-Elefante, o Feno de Capim-Tifton-85 e o Farelo de Soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, n.5, p.1573-1580, 2004.

CAMPOS, W.E.; BORGES, A.L.C.C.; SATURNINO, H.M. et al. Digestibilidade da proteína de alimentos utilizados na alimentação de ruminantes pelo método de três etapas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.8, n.4, p.295-302, 2007.

CASTRO, G.H.F.; GRAÇA, D.S.; GONÇALVES, L.C. et al. Cinética de degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizanta* cv. Marandu colhida em diferentes idades ao corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.6, p.1538-1544, 2007.

CENKVÀRI, É.; FEKETE, S.; FEBLE, H. et al. Investigation on the effects of Ca-soaps of oil linseed on rumen fermentation in sheep on milk composition of goats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.89, p.172-178, 2005.

CRUZ, P.G.; FIGUEIREDO, M.P.; PEREIRA, L.G.R. et al. Fracionamento e cinética da fermentação ruminal *in vitro* dos carboidratos de cinco variedades de cana-de-açúcar. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.4, p.784-793, 2010.

FIGUEIREDO, M.P.; MAURICIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R. et al. Determinação entre pressão e volume através da fermentação da raiz de mandioca tratada com uréia, feno de tifton 85 e silagem de milho para a instalação da técnica in vitro de produção de gás. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria. 2003. (CD-ROM).

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis** (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Agricutural Handbook, n.379, ARS USDA, Wasinhgton DC. 1970.

GUIMIARÃES JÚNIOR, L.C.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M. et al. Cinética de fermentação ruminal de silagens de milheto. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,** v.60, n.5, p.1174-1180, 2008.

HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3226-3232, 2003.

KHAZAAL, K.; DENTINHO, M. T.; RIBEIRO, J. M. et al. Prediction of apparent digestibility and voluntary intake of hays fed to sheep: comparison between using fiber components, *in vitro* digestibility or characteristics of gas production or nylon bag degradation. **Animal Science**, v. 61, n. 3, p. 527-538, 1995.

MAIA, F.J.; BRANCO, A.F; MOURO, G.F. et al. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais e sangüíneos. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.35, n.4, p.1496-1503, 2006.

MAKKAR, H.P.S. Applications of the *in vitro* gas method in the evaluation of feed resources, and enhancement of nutritional value of tannin-rich tree/browse leaves and agro-industrial byproducts. **Scientific Journals and Conferece Proceedings**, p.23-42, 2002. IAEA TECDOC - 1294: **Development and field evaluation of animal feed supplementation packages**.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants fedstuff evaluation. **Animal Feed Scienci Technology.** v.79, p.321-330, 1999.

MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Potencial da técnica *in vitro s*emi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.32, p.1013-1020, 2003.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.rev.ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2001. 381p.

SÁ, J.F.; PEDREIRA, M.S.; SILVA, F.F. et al. Cinética da fermentação in vitro do capim-Marandu em diferentes idades de corte. **Acta Scientiarum Animal Sciences.** v.33, n.3, p.225-231, 2011.

SANTOS, R.A.; TEIXEIRA, J.C.; PÉREZ, J.R.O. *et al.* Estimativa da degradabilidade ruminal de alimentos utilizando a técnica de produção de gás em bovinos, ovinos e caprinos. **Ciência Agrotécnica**, v.27, n.3, p.689-695, 2003.

SAS, **Statistical Analysis System.** Software, version 9.1.3 Cary: SAS Institute, 2002.

SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2991, 1994.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 235p.

SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, C.A.F. et al. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n.1, p.246-256, 2007.

SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.S. et. al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein avaliability, **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.48, p.185-197, 1994.

TOMICH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; MAURICIO, R.M. et al. Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.6, p.747-755, 2003.

VALADARES FILHO, S.C; PINA, D.S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**.1 ed. Jaboticabal. FUNEP, 2006, p.151-182.

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

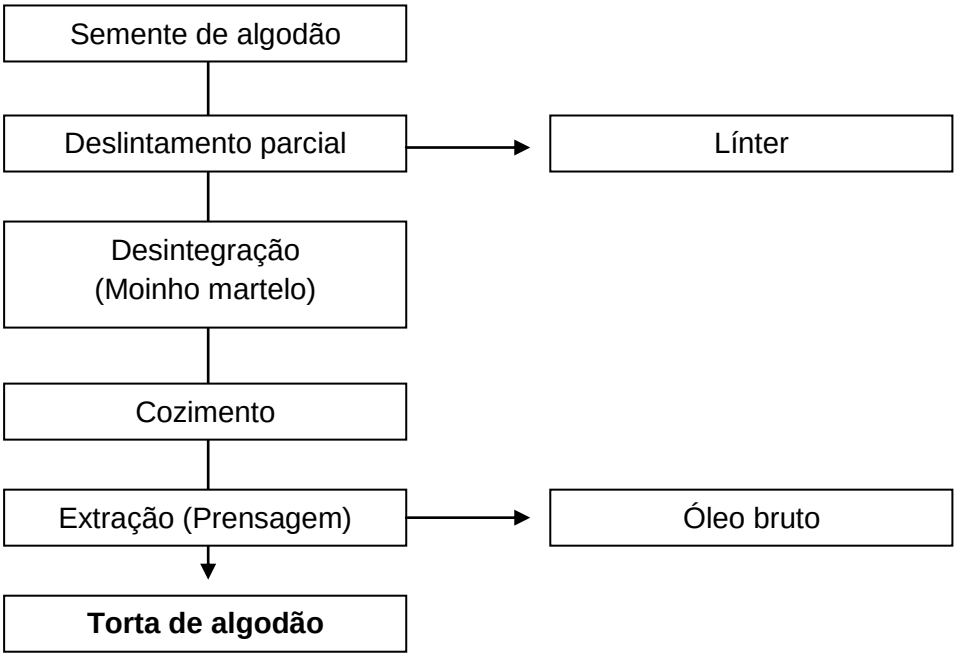
VELÁSQUEZ, P.A.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A. et al. A cinética da fermentação e taxas de degradação de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte estimadas pela técnica de produção de gás *in vitro.* **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1695-1705, 2009.

WASCHECK, R.C.; REZENDE, P.L.P.; MOREIRA, P.C. et al. Degradabilidade e produção de gases in vitro de fontes energéticas alternativas na alimentação de ruminantes. **Acta Scientiarum Animal Science**. v.32, n.4, p.425-430, 2010.

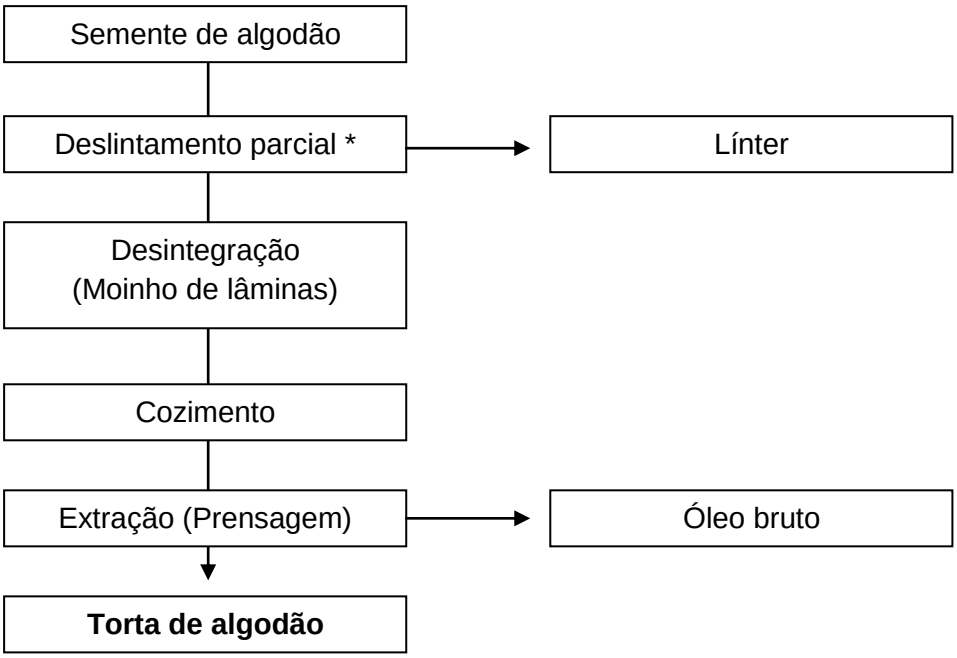
WILBERT, C.A.; PRATES, Ë.R.; BARCELLOS, J.O.J. et al. Suplementação energética e proteica de um volumoso de baixa qualidade pela técnica de produção cumulativa de gás *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.7, p.1603-1612, 2011.

ANEXOS

Anexo 1 – Fluxograma geral para obtenção de óleo e torta de algodão, mostrando as etapas de extração realizadas pela indústria "A"

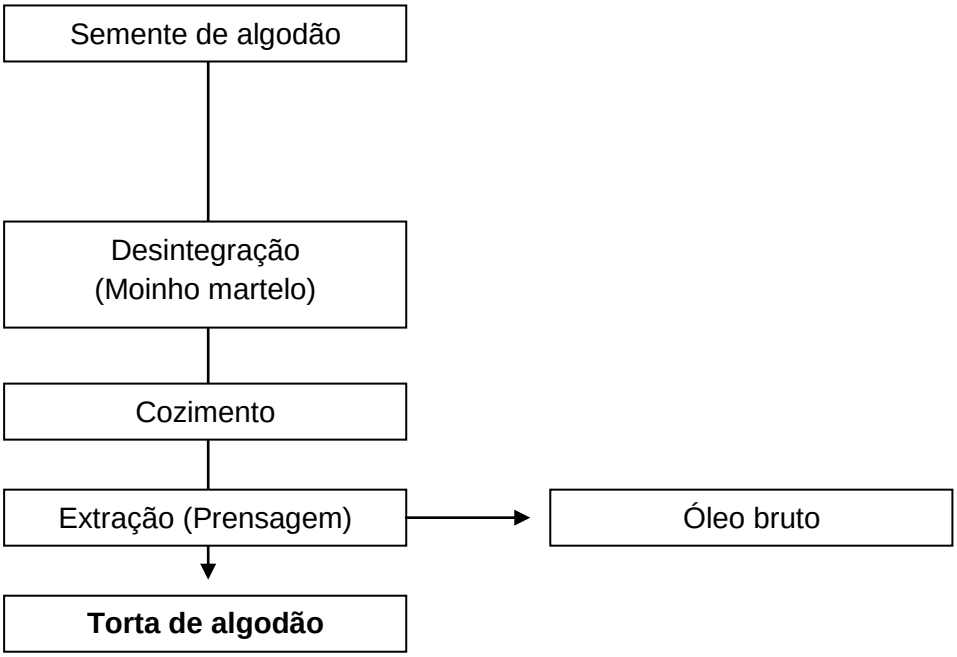


Anexo 2 – Fluxograma geral para obtenção de óleo e torta de algodão, mostrando as etapas de extração realizadas pela indústria "B"

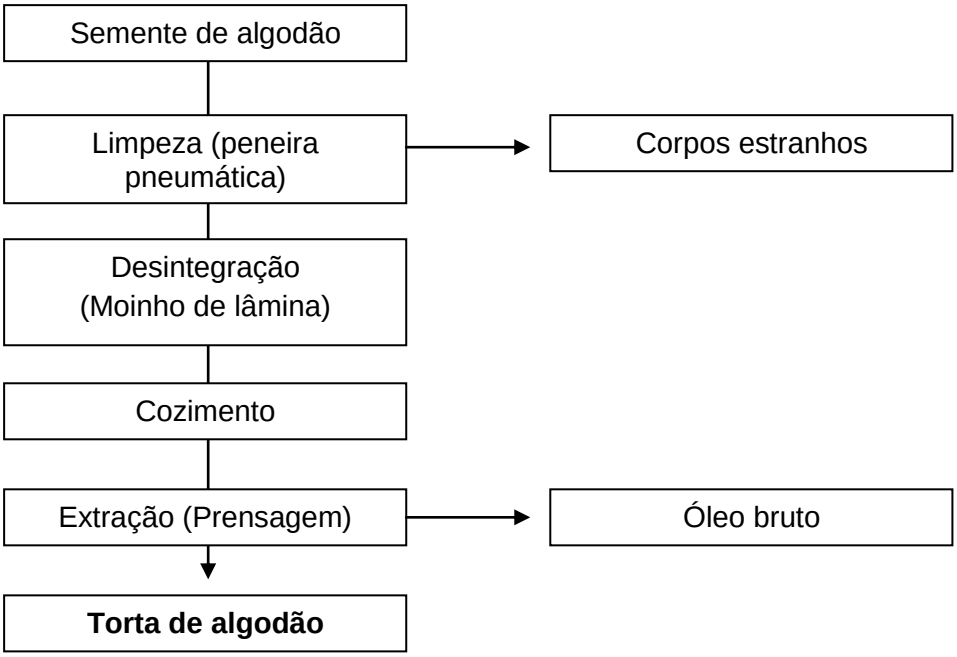


*Grau de deslintamento superior à indústria "A", menor percentual de línter no caroço de algodão.

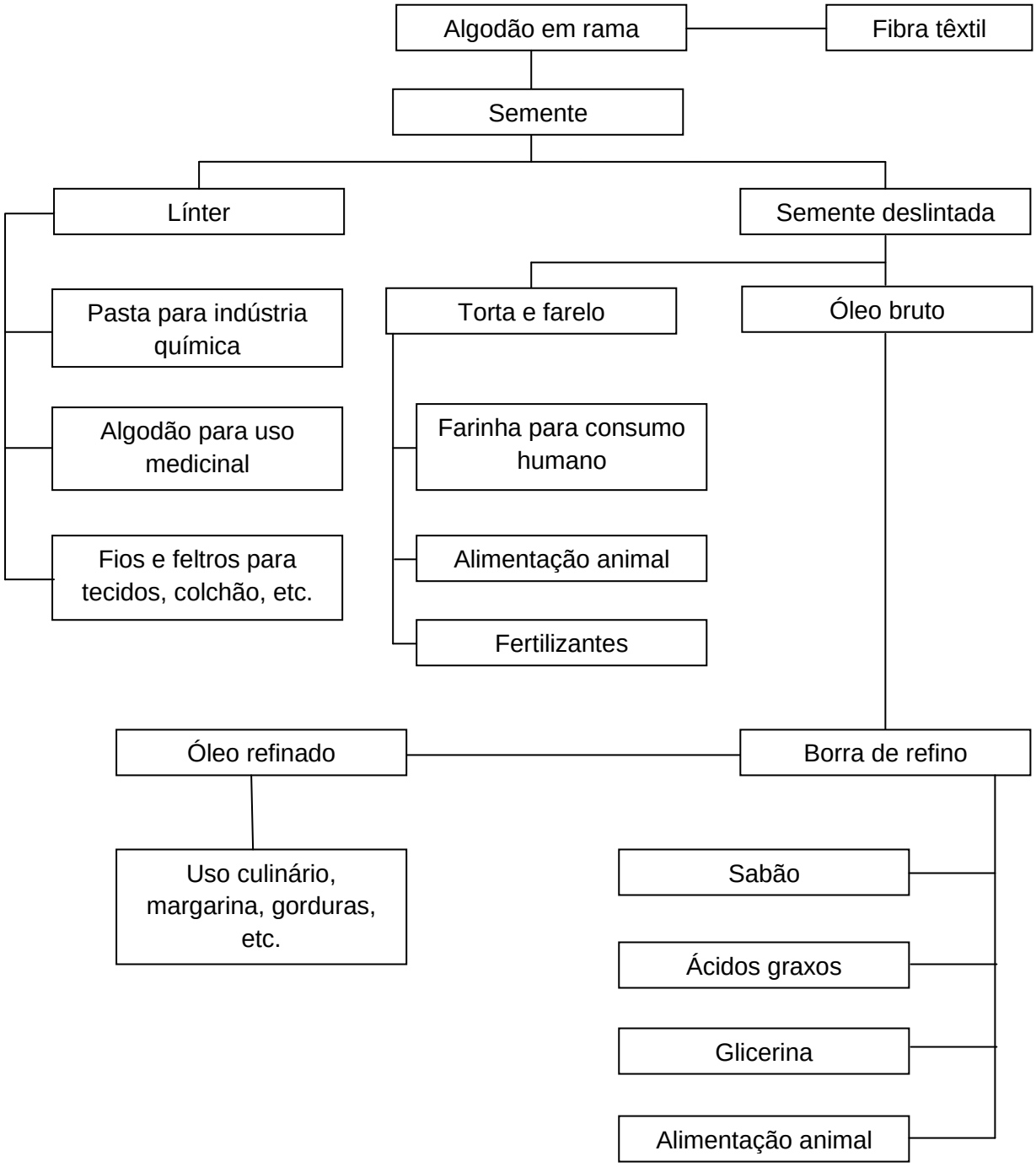
Anexo 3 – Fluxograma geral para obtenção de óleo e torta de algodão, mostrando as etapas de extração realizadas pela indústria "C"



Anexo 4 – Fluxograma geral para obtenção de óleo e torta de algodão, mostrando as etapas de extração realizadas pela indústria "D"



Anexo 5 – Fluxograma dos principais produtos e co-produtos da indústria do algodão (JORGE, 2006)



Anexo 6 – Metodologia utilizada na determinação das frações de compostos nitrogenados, conforme procedimento descrito por Licitra et al. (1996)

A fração "A" foi determinada a partir do tratamento de 0,2 g de amostra com 20 mL de água, por 30 minutos e, em seguida, adicionado 4 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 10%, deixando a amostra descansar por mais 30 minutos. A seguir, o resíduo foi filtrado em papel filtro quantitativo de velocidade de filtração média (Quanty JP40), cujas características são similares ao papel filtro Whatman nº 54. Posteriormente, determinou-se o teor de nitrogênio residual pelo método micro-Kjeldahl, para tanto as amostras foram mantidas por cerca de duas horas em ácido sulfúrico, antes de se iniciar o aquecimento das amostras na fase de digestão, objetivando prevenir o refluxo da amostra nesta etapa. Assim, obteve-se a Fração "A" pela diferença entre o nitrogênio total (NT) e o nitrogênio insolúvel em TCA (NR), conforme se segue:

Fração "A" (%) = % NT – NR (%)

O nitrogênio solúvel total foi obtido através da incubação de 0,2 g de amostra com 20 mL de tampão borato-fosfato (TBF) e 0,4 mL de azida sódica a 10%, permanecendo em repouso nessa solução por 3 horas. Após esse período, a amostra foi filtrada em papel filtro Quanty JP40 e o resíduo foi analisado para o nitrogênio insolúvel em TBF pelo processo micro Kjeldahl. Após o tratamento com o TBF, o nitrogênio solúvel total, correspondente às frações "A" e "B1", foi solubilizado restando no resíduo obtido o restante das frações nitrogenadas (frações "B2", "B3" e "C"). A fração "B1" foi obtida após o desconto da fração "A", como se segue:

Fração "B1" (%) = %NT – (%NR – %N na Fração "A")

Para estas determinações analíticas, as quantidades das soluções, tanto para a determinação do nitrogênio solúvel (fração "A") quanto para a determinação do nitrogênio solúvel total (fração "A" e "B1"), foram reduzidas, assim como as quantidades de amostras utilizadas. Esse procedimento foi necessário para prevenir o refluxo na fase da digestão para a determinação do nitrogênio residual. As quantidades

de soluções e amostras guardaram as mesmas proporções descritas por Licitra et al. (1996).

A fração “B3” foi determinada pela diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), como se segue:

Fração “B3” (%) = %NIDN – %NIDA

Em que o NIDN e NIDA, respectivamente, são as frações de nitrogênio determinado no resíduo da FDN e da FDA.

A fração “C” foi considerada como o NIDA e a fração “B2” foi obtida pela diferença entre o nitrogênio total e as frações “A”, “B1”, “B3” e “C”.

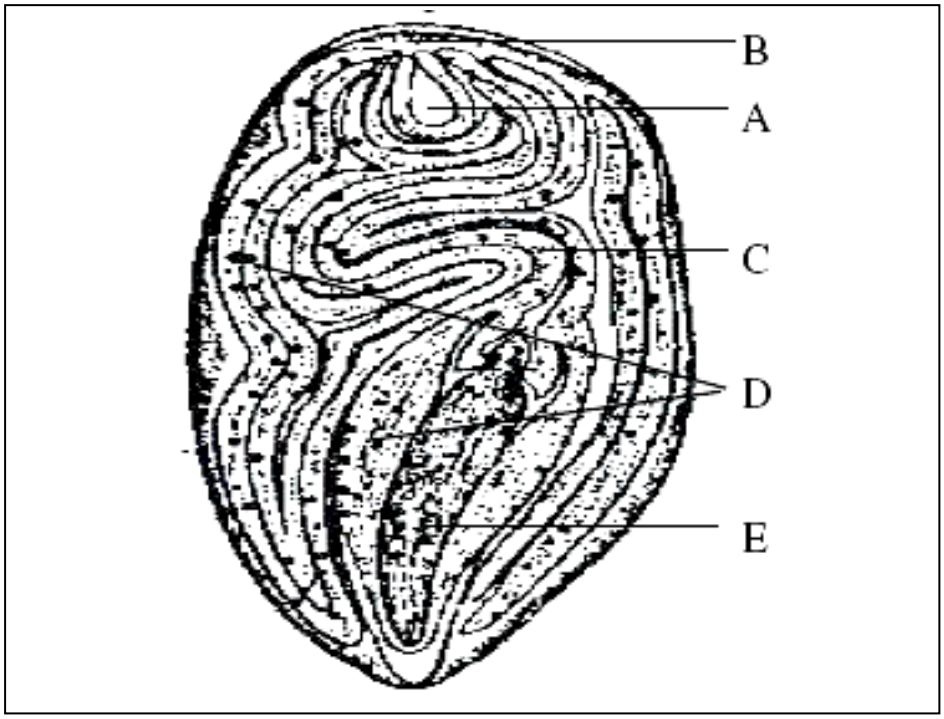
Anexo 7 – Meio de cultura utilizado na cinética de produção de gases *in vitro.*

Reagentes:	**Proporção**
Buffer solutions (g/100mL)	
Ammonium hydrogen carbonate (NH_4HCO_3)	4,0
Soduim hidrogen carbonate ($NaHCO_3$)	35,0
Solução macromineral (g/100mL)	
Di-sodium hydrogen orthophsphate 12-hydrate (Na_2HPO_4. $12H_2O$)	9,45
Potassium di-hydrogen orthophosphate anhydrous (KH_2PO_4)	6,2
Magnesium sulphate 7-hydrate ($MgSO_4.7H_2O$)	0,6
Solução micromineral (g/100mL)	
Calcium chloride 2-hydrate ($CaCl_2.2H_2O$)	13,2
Magnese chloride 4-hydrate ($MnCl_2.4H_2O$)	10,0
Cobalt chloride 6-hydrate ($CoCl_2.6H_2O$)	1,0
Ferric chloride 6-hydrate ($FeCl_3.6H_2O$)	8,0
Solução de resazurin (g/100mL)	
Resazurin (redox indicator)	0,1
Agente redutor (g/100mL)	
Cysteine HCl	0,625
Destilled water	95 mL
NaOH (1 M)	4 mL
Sulfato de sódio ($Na_2S.9H_2O$)	0,625
Preparo da solução:	
Destilled water	500 mL
Trypticase peptone	0,2 g
Micromineral solution	0,1 mL
Buffer solution	200 mL
Macromineral solution	200 mL
Resazurin solution	1,0 mL

Manual de técnica de produção de gases *"in vitro"* (THEODOROU et al., 1994)

APÊNDICES

Apêndice A – Corte longitudinal da semente de algodão. *A – Endosperma; B – nucélulas; C – Cotiledôneas; D – Glândulas de gossipol; E – Hopicótil*, (JORGE, 2006)



Apêndice B – Amostras de caroço e torta de algodão

Apêndice C – Equipamentos utilizados na extração do óleo do caroço de algodão: *A* – Moinho desintegrador (tipo martelo ou lâminas); *B* – Cozinhador ou chaleira de três e dois estágios; *C* – Prensa hidráulica

C