

VINÍCIUS NUNES DE GOUVÊA

**Caroço de algodão em dietas contendo alto teor de concentrado para
bovinos Nelore terminados em confinamento**



Pirassununga

2015

VINÍCIUS NUNES DE GOUVÊA

Caroço de algodão em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos Nelore terminados em confinamento

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Ciências

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires

De acordo: _____

Orientador

São Paulo
2015

Obs: A versão original se encontra disponível na Biblioteca da FMVZ/USP

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.3245
FMVZ

Gouvêa, Vinícius Nunes de

Caroço de algodão em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos Nelore terminados em confinamento / Vinícius Nunes de Gouvêa. -- 2015.
150 f. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2015.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.
Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires.

1. Carne bovina. 2. Desempenho. 3. Rúmen. 4. Sabor. 5. Sub-produtos. I. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

Comissão de Ética no uso de animais

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Caroço de algodão integral em dietas contendo elevados teores de concentrado para bovinos Nelore terminados em confinamento: desempenho, características da carcaça e da carne, metabolismo ruminal e digestibilidade dos nutrientes.", protocolado sob o nº 2805/2012, utilizando 305 (trezentos e cinco) bovinos, sob a responsabilidade do(a) Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da "Comissão de Ética no uso de animais" da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado em reunião de 28/11/2012.

We certify that the Research "Effect of cottonseed in high concentrate diets to Nelore young bulls finished in feedlot on performance, carcass characteristic, meat quality, ruminal metabolism and nutrient digestibility", protocol number 2805/2012, utilizing 305 (three hundred, five) bovine, under the responsibility Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by "Ethic Committee in the use of animals" of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo and was approved in the meeting of day 11/28/2012.

São Paulo, 29 de novembro de 2012.

Denise Tabacchi Fantoni
Presidente

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: GOUVÊA, Vinícius Nunes de

**Título: Caroço de algodão em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos
Nelore terminados em confinamento**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Doutor em Ciências

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Aos meus pais, Sebastião e Alba Valéria, e às minhas irmãs, Camilla e Gabriella.

À minha esposa Carolina Brandani.

Ao meu padrinho José.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de reunir grandes riquezas: saúde, família, amor, amigos e conhecimento;

Aos meus pais, Sebastião e Alba Valéria, e às minhas irmãs Camilla e Gabriella pelo amor e apoio incondicional;

À Carolina Brandani pelo amor, paciência e companheirismo que me ajudaram a superar as dificuldades e alavancar meus sonhos;

Ao professor Dr. Alexandre Vaz Pires pela orientação e, principalmente, pela amizade e confiança compartilhada. Obrigado por todas as lições de vida, conselhos e ensinamentos que me ajudaram a crescer profissionalmente e pessoalmente;

À professora Dra. Ivanete Susin por toda ajuda e pelo exemplo de retidão pessoal e profissional;

Ao professor e amigo Dr. Juliano José pelos valiosos conselhos e ensinamentos durante toda a minha caminhada acadêmica;

Ao professor Dr. Maurice Eastridge e a todos da The Ohio State University por me proporcionarem uma das melhores experiências de vida que pude vivenciar;

Ao professor Dr. Saulo da Luz e Silva (FZEA/USP), à professora Dr. Angélica Pereira (FMVZ/USP) e à professora Dr. Ana Bridi (UEL) pela ajuda nas determinações das características da carne;

Aos amigos do Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal: Marcos Biehl, Marcos Ferraz, Ângelo, Marcelo, José Alípio, Elizangela, Daniel, Renan, Murilo Meschiatti e Tiago. Obrigado pela ajuda, paciência e pelos bons momentos que vivemos juntos;

“O Tôro”, obrigado por toda a ajuda durante meu doutorado;

Aos estagiários João, Mariana, Ana e Gabriela por toda a ajuda;

A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em especial ao Sr. Laureano, Rogério e Danilo. Obrigado por toda a ajuda durante a realização dos experimentos;

Ao Clube de Práticas Zootécnicas (CPZ) por todo suporte e ajuda prestada mesmo nos momentos mais inoportunos;

À Fazenda Figueira da Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, representada pelo Eng. Agrônomo José Renato (Raí), pela Eng. Agrônoma Laisse e por todos os outros funcionários que contribuíram para minha formação profissional e pessoal;

Aos funcionários do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) da ESALQ – USP: Sr. Marcos, Adilson, Josevaldo e Roberto;

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) e ao Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP) da Universidade de São Paulo (USP) pela oportunidade de aprimorar minha formação científica e profissional através desse curso de doutorado;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” pela contribuição para realização dos experimentos;

Ao Sr. Ronaldo Sérgio Posse, médico veterinário da Cooperativa dos Plantadores de Cana-de-Açúcar de Piracicaba (Cooplacana) por toda ajuda referente à logística dos insumos necessários para a realização do confinamento dos animais;

Ao Frigorífico Angeleli por facilitar os trabalhos referentes às colheitas e avaliações de carcaça dos animais;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudos (PROC FAPESP 2012/18317-8) e do auxílio financeiro para a execução do projeto (PROC FAPESP 2012/14289-0) e pela concessão da bolsa para realização do estágio de pesquisa no exterior (PROC FAPESP 2013/19241);

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho, meu sincero obrigado.

“Vá firme na direção de suas metas, porque o pensamento cria, o desejo atrai e a fé realiza.”

Lauro Trevisan

RESUMO

GOUVEA, V. N. **Caroço de algodão em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos Nelore terminados em confinamento.** [Whole cottonseed in high concentrate diets for finishing Nelore beef cattle]. 2015. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

Esse trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da inclusão de óleo de soja ou de teores de caroço de algodão (CA) em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos confinados. No experimento I foram utilizados seis bovinos machos, castrados, da raça Nelore (407 ± 24 kg de peso corporal), distribuídos em um delineamento em Quadrado Latino 6×6 . Foram avaliados 5 teores de inclusão (0, 8, 16, 24 e 32%) de CA em dietas contendo 80% de concentrado (tratamentos CA0, CA8, CA16, CA24 e CA32, respectivamente). Além disso, foi avaliada uma dieta contendo o mesmo teor de lipídios totais da dieta CA32, porém sem a inclusão de caroço de algodão, utilizando óleo de soja (tratamento OS). A inclusão de caroço de algodão na dieta reduziu (efeito linear, $P < 0,01$) o consumo de matéria seca e o consumo de matéria orgânica dos animais. A digestibilidade aparente total da MS ($P = 0,019$) e da MO ($P = 0,020$) reduziu linearmente devido à inclusão de CA na dieta dos animais. A inclusão de óleo de soja na dieta não afetou o digestibilidade da MS ($P = 0,462$) e da MO ($P = 0,469$) dos animais em comparação aos animais alimentados com a dieta controle, sem CA, assim como também não foram observados efeito da fonte de lipídios sobre a digestibilidade da MS ($P = 0,124$) e da MO ($P = 0,110$). O tempo de ruminação aumentou linearmente ($P = 0,002$) em resposta a inclusão de CA. O pH ruminal dos animais aumentou (efeito quadrático, $P < 0,05$) em resposta à inclusão de caroço de algodão nas dietas. O inclusão de óleo de soja na dieta não afetou ($P = 0,329$) o pH ruminal dos animais em comparação com a dieta controle sem CA. A produção total de ácidos graxos de cadeia curta reduziu ($P < 0,001$; efeito linear) devido à inclusão de CA. A síntese de Pmic reduziu linearmente ($P = 0,011$) em resposta a inclusão de CA na dieta. No experimento II, foram utilizados 280 bovinos machos, da raça Nelore e peso médio inicial de 349 ± 33 kg, distribuídos em 40 baias. O delineamento utilizado foi blocos incompletos casualizados. O máximo peso final foi obtido com inclusões de 7,6% de CA. A inclusão de CA na dieta reduziu o CMS dos animais ($P < 0,001$). A inclusão de óleo de soja reduziu o CMS dos animais ($P < 0,05$) em comparação com os animais alimentados com a dieta controle sem caroço de algodão. O máximo GPD foi observado com 8% de inclusão de CA na dieta. A máxima EA ocorreu com 14,5% de CA na dieta. Os dados referentes as característica da

carcaça (PQC, RC, AOL e EGS) também apresentaram resposta quadrática ($P < 0,05$) à inclusão de CA na dieta. Comparado ao tratamento controle, sem CA na dieta, a inclusão de óleo de soja não afetou nenhuma das características da carcaça avaliadas ($P > 0,05$). As características químicas da carne não diferiram ($P > 0,05$) entre os animais alimentados com dietas contendo 32% de CA daqueles alimentados com óleo de soja. A oxidação dos lipídios (TBARS) apresentou redução (efeito quadrático; $P = 0,035$) devido à inclusão de CA na dieta. Na avaliação sensorial da carne assada realizada através do painel consumidor, não foram observados efeitos dos tratamentos sobre o sabor, odor e aceitabilidade geral da carne ($P > 0,05$). Na avaliação das características organolépticas da carne realizada pelos provadores treinados também não foram observados efeitos dos tratamentos sobre o odor, sabor e aceitabilidade geral ($P > 0,05$). No experimento III, avaliou-se a cinética de fermentação ruminal do milho e do caroço de algodão através da produção cumulativa de gases. Foram utilizados cinco frascos (repetições) contendo 1g de substrato (milho ou CA) além de 5 frascos “brancos” (sem substrato). As leituras de pressão e volume dos gases acumulados nos frascos de incubação foram realizadas com transdutor de pressão nos tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas. O milho apresentou um maior potencial de produção de gases quando comparado ao caroço de algodão ($P < 0,001$). O tempo de colonização não apresentou diferença entre as duas fontes de energia ($P = 0,646$). O caroço de algodão apresentou uma maior taxa de degradação comparado com o milho ($P = 0,001$) e, conseqüentemente, para a redução ($P < 0,001$) do tempo necessário para atingir a máxima produção de gás. O milho apresentou uma maior potencial de degradação quando comparado com o caroço de algodão, resultado esse que pode ser observado pelo maior produção de gases. Apesar não suportar um grande potencial de degradação, parte da fração fibrosa do caroço de algodão apresentou alta degradabilidade, o que pode ser observado na sua maior taxa de degradação quando comparado com o milho.

Palavras-chave: Carne bovina. Desempenho. Rúmen. Sabor. Sub-produtos.

ABSTRACT

GOUVEA, V. N. **Whole cottonseed in high concentrate diets for finishing Nellore beef cattle.** [Caroço de algodão em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos Nelore terminados em confinamento]. 2015. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

Three trials were conducted to evaluate the effects of the inclusion of levels of whole cottonseed (WC) or soybean oil (SO) in diets for Nellore feedlot cattle. In the experiment I six rumen-cannulated Nellore steers (407 ± 24 kg BW) were used in a 6 x 6 Latin square design experiment. Were evaluated 5 levels of inclusion of WC (0, 8, 16, 24 and 32% DM basis) in diets containing 87% concentrate (treatments WC0, WC 8, WC16, WC24 and WC32 respectively). Also, it was evaluated a diet containing the same amount of total fat content of WC32 but with no WC and using soybean oil (SO treatment). Increasing WC levels linearly decreased DM and OM intake ($P < 0.01$). CP and NDF intakes were not affected by the treatments. Total fat digestibility linearly increased due the WC increase in the diets ($P < 0.001$). Total DM ($P = 0.019$) and OM ($P = 0.020$) digestibilities linearly decreased with increasing levels of WC. SO inclusion did not affect DM ($P = 0.462$) and OM ($P = 0,469$) digestibilities compared with CA0 and there was no effect of fat source over DM ($P = 0.124$) and OM ($P = 0.110$) digestibilities. Rumination time linearly increased due the WC inclusion ($P = 0,002$). Increasing WC levels quadratically increased ruminal pH ($P < 0.05$) but no effect was observed with the SO addiction in the diet ($P = 0.329$) compared with CA0. Total VFA was linearly decreased with increasing levels of WC ($P < 0.001$). Increasing levels of WC linearly decreased the microbial protein synthesis ($P = 0.011$). In the experiment II a total of 280 Nellore bulls (initial BW = 349 ± 33 kg) were allotted in 40 pens. The statistical design was randomized incomplete blocks. The maximum final BW was obtained with 7.6% of inclusion of WC. Increasing levels of WC decreased DMI ($P < 0.001$). Adding SO also decreased DMI ($P < 0.05$) compared with WC0. Increasing the inclusion rate of WC quadratically increased the ADG, G:F, HCW, dressing percent, LM area and 12-rib fat ($P < 0.05$). The maximum ADG were obtained with 8% of inclusion of WC. On the other hand, the maximum G:F was obtained with 14.5% of WC. Compared with WC0, the SO inclusion did not affect carcass characteristics ($P > 0.05$). The inclusion of WC quadratically affect meat composition ($P < 0.05$). Compared with CA32, the inclusion of SO in the diet did not affect the meat composition. Increasing WC in the diets quadratically decrease ($P = 0.035$) lipid oxidation. No effects were observed in the sensorial evaluation – flavor, taste and overall

acceptability – by the costumers ($P > 0.05$). Training sensory panelists also did not find differences between the treatments for flavor and taste. Increasing WC linearly decreased the tenderness ($P = 0.045$). Compared with CA32, the inclusion of SO increased meat tenderness ($P = 0.031$). In the experiment III was evaluated the ruminal fermentation kinetics of corn and cottonseed through the *in vitro* gas production technique. Five bottles for each energy source (corn and cottonseed), plus five additional bottles containing buffered medium and rumen fluid inoculum only (blanks) were used. The volume of gas produced was recorded at 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 h of incubation using the pressure reading technique. Gas values were corrected for blank incubations. The corn had greater gas production than cottonseed ($P < 0.001$). Lag time was not different between the two energy sources ($P = 0.646$). Cottonseed had higher FDR than corn ($P = 0.001$) and shorter time to half asymptote ($P < 0.001$). Corn had higher potential of degradation compared with cottonseed observed by the higher gas production. Moreover, even with lower potential of degradation, the cottonseed fibrous fraction had a high degradability compared to corn.

Key-words: By-products. Flavor. Beef meat. Performance. Rumen.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Valores médios de pH ruminal de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais	77
Figura 2 - Índice de seleção do caroço de algodão.....	82
Figura 3 - Índice de seleção da fração FDN	83
Figura 4 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o peso final dos animais	104
Figura 5 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o consumo de matéria seca dos animais durante os períodos de adaptação, período de tratamento e período total de confinamento	107
Figura 6 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o ganho de peso dos animais durante os períodos de tratamento e período total de confinamento ...	109
Figura 7 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre a eficiência alimentar (GPD/CMS) dos animais durante os períodos de tratamento e período total de confinamento	111
Figura 8 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o peso da carcaça quente dos animais	112
Figura 9 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o rendimento de carcaça dos animais	113
Figura 10 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre a espessura de gordura subcutânea dos animais.....	114
Figura 11 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o teor de umidade da carne	116
Figura 12 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o teor de proteína bruta da carne	117
Figura 13 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o teor de cinzas da carne	117
Figura 14 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o teor de lipídios da carne	118
Figura 15 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre a oxidação dos lipídios da carne	122
Figura 16 - Avaliação sensorial - painel treinado - da carne assada (Longissimus dorsi) para o odor (Figura A) e o sabor (Figura B)	127

Figura 17 - Produção cumulativa de gases in vitro das fontes energéticas utilizadas nas dietas
..... 141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química (% MS) dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais	56
Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais.....	57
Tabela 3 - Consumo e digestibilidade aparente total de nutrientes em bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais	67
Tabela 4 - Comportamento ingestivo de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais	71
Tabela 5 - Parâmetros ruminais em bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais	74
Tabela 6 - Concentrações plasmáticas de insulina em bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais	78
Tabela 7 - Eficiência do uso de nitrogênio por bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais	79
Tabela 8 - Índice de seleção do caroço de algodão (CA) e da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) observado no experimento.....	81
Tabela 9 - Composição química (% MS) dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais	95
Tabela 10 - Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais.....	96
Tabela 11 - Desempenho animal e características da carcaça de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais.....	108
Tabela 12 - Composição química do músculo Longissimus dorsi de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais	115
Tabela 13 - Valores de pH, coloração (L*, a*, b*), perdas por cocção, força de cisalhamento e oxidação lipídica (TBARS) do músculo Longissimus dorsi de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais	120
Tabela 14 - Avaliação sensorial - painel consumidor - da carne assada (Longissimus dorsi) de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais	124
Tabela 15 - Avaliação sensorial - painel treinado - da carne assada (Longissimus dorsi) de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais	126
Tabela 16 - Cinética de fermentação ruminal in vitro das fontes energéticas utilizadas nas dietas experimentais	140

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

AG	ácidos graxos
AGCC	ácidos graxos de cadeia curta
AOL	área de olho de lombo
CA	caroço de algodão
CA0	dieta controle sem caroço de algodão
CA16	dieta contendo 16% de caroço de algodão
CA24	dieta contendo 24% de caroço de algodão
CA32	dieta contendo 32% de caroço de algodão
CA8	dieta contendo 8% de caroço de algodão
CLA	ácido linoléico conjugado
CMS	consumo de matéria seca
OS	dieta conteúdo óleo de soja
CNF	carboidratos não fibrosos
CNF	carboidratos não fibrosos
CRA	capacidade de retenção de água
EA	eficiência alimentar
EGS	espessura de gordura subcutânea
FC	força de cisalhamento
FDA	fibra em detergente ácido
FDN	fibra em detergente neutro
GPD	ganho de peso diário
LIG	Lignina
MM	matéria mineral
MO	matéria orgânica
MS	matéria seca
MUFA	ácidos graxos monoinsaturados
NDT	nutrientes digestíveis totais
N-NH ₃	nitrogênio amoniacal
NUP	nitrogênio uréico no plasma
OS	óleo de soja
PB	proteína bruta

PC	peso corporal
PCQ	peso da carcaça quente
PDR	proteína degradável no rúmen
PF	peso final
Pmic	proteína microbiana
PI	peso inicial
PTC	perdas totais por cocção
PUFA	ácidos graxos poliinsaturados
RC	rendimento de carcaça
SFA	ácidos graxos saturados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1	UTILIZAÇÃO DO CAROÇO DE ALGODÃO EM DIETAS PARA BOVINOS CONFINADOS	25
2.2	BIOHIDROGENAÇÃO RUMINAL DE ÁCIDOS GRAXOS	27
2.3	GOSSIPOL	28
2.4	FATORES NUTRICIONAIS E A QUALIDADE DA CARNE	30
2.4.1	A importância do sabor da carne bovina	30
2.4.2	O sabor começa no campo	31
2.4.3	Gordura intramuscular e o sabor da carne	32
2.4.4	Efeito da dieta e do tempo de alimentação no sabor da carne	33
	REFERÊNCIAS	38
3	DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E PARÂMETROS RUMINAIS EM BOVINOS NELORE ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO CAROÇO DE ALGODÃO	49
	RESUMO	50
3.1	INTRODUÇÃO	52
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS	53
3.2.1	Local do experimento	53
3.2.2	Animais, delineamento e dietas experimentais	54
3.2.3	Manejo alimentar e colheita de amostras	58
3.2.4	Comportamento ingestivo	58
3.2.5	Determinação do consumo e digestibilidade	59
3.2.6	Parâmetros ruminais	60
3.2.7	Síntese de proteína microbiana	60
3.2.8	Parâmetros sanguíneos	61
3.2.9	Balço de nitrogênio	61
3.2.10	Análises bromatológicas	62
3.2.11	Análise estatística	62
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
3.4	CONCLUSÕES	83
	REFERÊNCIAS	85

4	CAROÇO DE ALGODÃO EM DIETAS CONTENDO ALTO TEOR DE CONCENTRADO PARA BOVINOS NELORE TERMINADOS EM CONFINAMENTO: DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DA CARÇAÇA E DA CARNE	89
	RESUMO	90
4.1	INTRODUÇÃO	92
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS	92
4.2.1	Local do experimento	92
4.2.2	Animais, delineamento e dietas experimentais	93
4.2.3	Manejo alimentar	96
4.2.4	Amostragem e análise bromatológica dos ingredientes e das sobras	97
4.2.5	Determinação do desempenho animal	98
4.2.6	Abate e características da carcaça	98
4.2.7	Características da carne	99
4.2.7.1	Determinação objetiva da cor	99
4.2.7.2	Determinação da força de cisalhamento e perdas por cocção	100
4.2.7.3	Oxidação lipídica – TBARS	100
4.2.7.4	Análise sensorial	101
4.2.7.4.1	Painel consumidor	101
4.2.7.4.	Painel treinado	101
4.2.8	Análise estatística	102
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
4.4	CONCLUSÕES	128
	REFERÊNCIAS	129
5	CINÉTICA <i>IN VITRO</i> DE FERMENTAÇÃO RUMINAL	133
	RESUMO	134
5.1	INTRODUÇÃO	136
5.2	MATERIAIS E MÉTODOS	137
5.2.1	Preparo dos substratos	137
5.2.2	Frascos de incubação	137
5.2.3	Preparo do meio de cultura	137
5.2.4	Colheita do inóculo e incubação	138
5.2.5	Avaliação da produção de gases	138
5.2.6	Análise estatística	139

5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	139
5.4	CONCLUSÃO	142
	REFERÊNCIAS	143
	ANEXOS	147

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Oliveira e Millen (2014), 82% dos nutricionistas brasileiros utilizam algum tipo de subproduto nas dietas para bovinos confinados. O caroço de algodão (CA) aparece como o principal subproduto utilizado nessas dietas e, além disso, cerca de 50% dos nutricionistas consultados na pesquisa afirmaram ser esse o principal subproduto utilizado em suas formulações. Ainda segundo os autores, o teor médio de inclusão do CA nas dietas utilizadas nos confinamentos brasileiros é de 15%, variando de 10 a 20%.

A grande utilização de subprodutos nas dietas para bovinos confinados no Brasil é reflexo do beneficiamento industrial de várias culturas (ex. soja, milho, algodão, polpa cítrica, cevada e cana-de-açúcar) que, por sua vez, decorre das boas condições agrônômicas do país (ex. área, temperatura, pluviosidade, solo).

Além disso, a grande utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação animal está diretamente relacionada com o modelo de práticas nutricionais através do qual se estruturou a produção de bovinos confinados no país.

Baseado nos dados apresentados por Oliveira e Millen (2014), 87% dos nutricionistas brasileiros utilizam o milho como a fonte primária de energia nas dietas formuladas. Aproximadamente 95% desse milho é do tipo “duro” ou “*flint*”, um híbrido que apresenta menor digestibilidade ruminal do amido quando comparado com híbridos com maior proporção de endosperma farináceo, como os utilizados nos EUA (VERBIC et al., 1995; PHILIPPEAU; MICHALET-DOREAU, 1997; CORREA et al., 2002). Além disso, a moagem é o principal método de processamento de grãos no Brasil. Esse método de processamento pode até contribuir para um aumento da superfície de contato e ruptura do endosperma vítreo (McALLISTER et al., 1993; McALLISTER et al., 2007), o que favorece um maior aproveitamento do amido e melhor desempenho dos animais em comparação com grãos inteiros ou moídos grosseiramente (GALYEAN et al., 1979; TURGEON et al., 1983; SECRIST et al., 1995). Porém, mesmo após a moagem fina dos grãos, os grânulos de amido ainda permanecem envolvidos pela densa matriz proteica (McALLISTER et al., 1993; McALLISTER et al., 2007) e, por essa razão, a digestão ruminal e pós-ruminal do amido é menor quando comparada com métodos de processamento mais intensos como a floculação dos grãos utilizada nos EUA (OWENS, 1997; OWENS; SODERLUND, 2007). Consequentemente, o desempenho animal é menor em comparação com esses processamentos

mais intensos (BAJARAS; ZINN, 1998; BROWN et al., 2000; SCOTT et al., 2003; CORRINGAN et al., 2009).

Nesse contexto, a grande utilização de subprodutos ou fontes de energia alternativa em dietas para bovinos confinados no Brasil é justificada pelo fato de podermos de certa forma, alcançar facilmente desempenhos satisfatórios, melhores ou iguais àqueles obtidos por meio dos simples métodos de processamento (moagem) utilizados nos nossos híbridos de milho “*flint*” que apresentam baixa digestibilidade na tentativa de reduzir os custos envolvidos com alimentação.

A utilização de ingredientes que apresentam elevados teores de lipídios na dieta de ruminantes, por sua vez, sempre foi realizada com bastante cautela pelos nutricionistas em razão de alguns efeitos adversos na fermentação ruminal (DEVENDRA; LEWIS, 1974; PALMQUIST; JENKINS, 1980; CHALUPA et al., 1984; JENKINS, 1993; SULLIVAN et al., 2005) e, conseqüentemente, no desempenho animal (MOORE et al., 1986; BROSH et al., 1989; COSTA et al., 2011).

Por outro lado, a manipulação das características da carne dos animais ruminantes, principalmente a composição de ácidos graxos, através de estratégias nutricionais e alimentares tem sido frequentemente avaliadas (BESSA et al., 2005; GOROCICA-BUENFIL et al., 2007; BAS et al., 2007; RADUNZ et al., 2009) com o objetivo de se obter produtos com maiores teores de AG insaturados. Outros aspectos, como o sabor e aroma da carne de animais alimentados com ingredientes ricos em lipídios, também já foram objeto de estudos uma vez que alterações nessas características foram observadas em animais alimentados com esse tipo de ingrediente (PESCE, 2008; COSTA et al., 2011; SOUZA, 2014).

O presente trabalho avaliou a utilização de CA na dieta de bovinos Nelore confinados abrangendo aspectos relacionados com o desempenho dos animais, com as características digestivas dos nutrientes, e com a composição e qualidade da carne, sendo esse último aspecto relacionado principalmente à aceitabilidade por parte dos consumidores.

O objetivo geral deste estudo foi o de preencher algumas lacunas do conhecimento científico relacionadas à utilização desse ingrediente com o desempenho animal e as características químicas e organolépticas da carne de bovinos confinados, gerando uma recomendação técnica que associe o melhor desempenho animal com as melhores características qualitativas da carne bovina.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 UTILIZAÇÃO DO CAROÇO DE ALGODÃO EM DIETAS PARA BOVINOS CONFINADOS

O caroço de algodão é uma semente oleaginosa, subproduto da indústria têxtil obtido após a remoção de quase toda a fração fibrosa, mas que ainda apresenta alto teor de FDN (40-50% na MS) devido ao línter, um resquício de fibra que se apresenta fortemente aderido à semente mesmo após o beneficiamento e retirada da fibra. O caroço de algodão apresenta grande quantidade de extrato etéreo (cerca de 20% na MS) e proteína bruta (aproximadamente 23% na MS), o que faz dele um ingrediente de larga utilização nas dietas para ruminantes (NRC, 1996; ROGÉRIO et al., 2003; CRANSTON et al., 2006; CUNHA et al., 2008; COSTA et al., 2011).

Moore *et al.* (1986) avaliaram a inclusão de 30% de CA em dietas contendo 61,8% de palha de trigo picada para bovinos confinados. De acordo com esses autores, a elevação no teor de lipídios para teores acima de 4% da MS da dieta, provenientes da inclusão de 30% de CA por exemplo, afeta negativamente o consumo dos animais.

Brosh et al. (1989) avaliaram teores de caroço de algodão (0, 6, 12, 18 e 24% da MS) como suplemento proteico, em substituição ao farelo de mandioca, em dietas contendo 76% de forragem (palha de trigo) para bovinos confinados. Segundo os autores, a inclusão de teores maiores que 12% de CA na dieta reduz o desempenho dos animais.

Costa et al. (2011), ao trabalharem com inclusões de 4,4; 27,5 e 34,1% de CA em dietas (% da MS) em dietas contendo 50% de volumoso (cana-de-açúcar) observaram uma redução linear no consumo de MS, no GMD e no peso corporal final de bovinos Nelore confinados.

A redução do consumo e a conseqüente queda no desempenho animal nesses trabalhos foram associadas ao aumento do teor de lipídios da dieta (> 4% na MS) que, de acordo com os autores, podem causar supressão da atividade de bactérias celulolíticas conforme descrito por Van Soest (1994), além de atuar como uma barreira física à ação dos microrganismos e enzimas microbianas (SULLIVAN et al., 2004). Por outro lado, quando são avaliados os experimentos que forneceram CA para bovinos alimentados com dietas contendo alto teor de

concentrado, padrões de resposta um pouco diferentes dos previamente apresentados podem ser observados.

Em dietas contendo 80% de concentrado, a inclusão de até 20% de CA (% da MS) aumentou o GMD, o peso final e a eficiência alimentar (EA) de bovinos sem comprometer o consumo de MS (PESCE, 2008). O teor de extrato etéreo da dieta (% da MS) proporcionado por esse teor de inclusão de CA (20% MS) foi de 7%.

Resposta semelhante foi verificada quando incluíram 21% de CA na dieta de bovinos mestiços contendo 81% de concentrado. O teor de extrato etéreo nessa dieta contendo 21% de CA foi de 8,2% da MS. (AFERRI et al., 2005).

Em dietas com alto teor de concentrado (81% da MS), a inclusão de 21% de CA (% MS) não afetou a degradabilidade ruminal da MS da cana-de-açúcar e da dieta total (VALINOTE, 2003). O autor também não verificou efeito do fornecimento de CA sobre o pH, a concentração de amônia e de ácidos graxos voláteis no rúmen quando esse teor de CA foi incluído na dieta, que apresentou 9,1% de extrato etéreo.

Huerta-Leidenz et al. (1991), avaliando teores de CA na dieta de bovinos confinados, observaram que a inclusão de até 30% desse ingrediente não afetou o desempenho dos animais confinados recebendo dietas contendo 15% de casca de soja como fonte de fibra.

Zinn e Plascencia (1993), avaliando os efeitos da utilização de 20% de CA em dietas contendo 80% de concentrado para bovinos confinados, não observaram redução do consumo de matéria seca dos animais. Entretanto, a inclusão de caroço de algodão reduziu a digestibilidade ruminal da matéria orgânica das dietas, mesmo mantendo o pH ruminal mais elevado que a dieta controle e uma maior síntese de proteína microbiana.

Zinn (1995), ao avaliar as características da digestão de dietas contendo 15% de CA e 12% de feno de alfafa para bovinos confinados, também observou uma redução da digestibilidade da matéria orgânica e da síntese de proteína microbiana, sem redução no consumo dos animais.

Cranston et al. (2006) conduziram três experimentos para avaliar os efeitos da utilização de até 15% do CA em dietas para bovinos confinados contendo 10% de forragem. De acordo com os autores, esse ingrediente pode substituir ingredientes tradicionais sem afetar o desempenho nem as características da carcaça dos animais.

Esses resultados indicam que, em dietas contendo baixos teores de forragem, a utilização de elevados teores de CA pode não comprometer o desempenho dos animais. Provavelmente, o efeito deletério de elevados teores de EE sobre as bactérias gram-positivas, responsáveis pela degradação da fibra, é baixo em dietas contendo baixos teores de forragem.

De acordo com Valinote et al. (2006), dietas com alto teor de concentrado favorecem o aumento do número de bactérias gram-negativas, podendo ser esse um dos motivos para a possível falta de efeito da gordura nos microrganismos ruminais nesses tipos de dietas.

2.2 BIOHIDROGENAÇÃO RUMINAL DE ÁCIDOS GRAXOS

O interesse dos pesquisadores no desenvolvimento de técnicas que permitam manipular a composição dos ácidos graxos presentes na carne bovina tem crescido bastante nos últimos anos. Isso porque a carne é a principal fonte de ácidos graxos das nossas dietas, principalmente de ácidos graxos saturados, responsáveis por problemas relacionados principalmente a doenças coronárias (MENOTTI et al., 1999; WOOD et al., 2003).

De maneira geral, quando comparado com animais monogástricos, a composição dos AG na carne de ruminantes apresenta alto teor de AG saturados e baixa relação entre ácidos graxos poliinsaturados: ácidos graxos saturados (PUFA:SFA). Isso se deve principalmente aos processos de lipólise e biohidrogenação realizados pelos microrganismos presentes no rúmen. Dessa forma, o metabolismo de ácidos graxos no rúmen apresenta grande influência na composição da fração lipídica final presente nos produtos desses animais (SCOLLAN et al., 2001; JENKINS et al., 2008; KIM et al., 2009).

Os lipídios que entram no rúmen são, primeiramente, transformados por lipases microbianas em um processo conhecido como lipólise. As lipases microbianas hidrolisam as ligações ésteres dos lipídios causando a liberação dos ácidos graxos (JENKINS et al., 2008). Após esse processo, os ácidos graxos insaturados são biohidrogenados pelos microrganismos ruminais. Esse processo converte os ácidos graxos insaturados em ácidos graxos saturados via isomerização para ácidos graxos intermediários *trans*, seguido pela hidrogenação das ligações duplas (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1988). As taxas da lipólise da biohidrogenação dependem do tipo e da quantidade de lipídios que chegam ao rúmen e do pH ruminal (VAN NEVEL e DEMEYER, 1996; BEAM et al., 2000).

2.3 GOSSIPOL

O gossipol ($C_{30}H_{30}O_8$) é um composto poli fenólico de coloração amarela que ocorre naturalmente em certas espécies de plantas de algodão da família *Malvaceae* (*Gossypium* sp.), principalmente nas sementes e nas raízes. Mesmo estando presente em todas as partes da planta, está bastante concentrado nas glândulas de pigmento presentes no caroço do algodão (ABOU-DONIA, 1976). O gossipol existe tanto na forma livre quanto na forma ligada. No caroço de algodão integral predomina a forma livre, à qual é atribuído seu efeito tóxico (CALHOUN et al. 1995; LUGINBUHL et al., 2000). Mena et al. (2001) demonstraram que a concentração de gossipol livre está mais correlacionada com o consumo de gossipol livre do que com o consumo total de gossipol.

Além da forma livre e ligada, o gossipol apresenta dois estereo-isômeros: o isômero positivo (+) e o isômero negativo (-). De acordo com Risco et al. (2002), o isômero (-) apresenta elevada atividade biológica, se ligando às proteínas plasmáticas mais facilmente que o isômero (+).

A concentração de gossipol pode variar de 0,66% a 3,28% dependendo da espécie e da variedade existente de sementes de algodão (BENBOUZA et al., 2002). De acordo com Robinson et al. (2001), o teor de gossipol nas sementes do caroço de algodão não é influenciado pelo período de armazenamento/estocagem.

O principal problema associado ao fornecimento de grandes quantidades de caroço de algodão aos animais está relacionado à toxicidade do gossipol (CALHOUN et al., 1995; ARIELI, 1998). Ruminantes com pleno desenvolvimento da população microbiana são capazes de detoxificar o gossipol, através da conversão da forma livre na forma ligada, impedindo assim sua absorção, principalmente através da ligação da forma livre com proteínas solúveis no rúmen (CALHOUN et al., 1995). Entretanto, é possível que em dietas contendo elevadas quantidades de caroço de algodão/gossipol, a concentração da forma livre pode exceder a capacidade detoxificadora do rúmen e afetar o desempenho animal (LINDSEY et al., 1980; ARIELI, 1998; RISCO et al., 2002).

Sua toxicidade em bovinos está associada com o aumento da fragilidade dos eritrócitos (LINDSEY et al., 1980; MENA et al., 2001, 2004) e redução da fertilidade dos animais (ARIELI, 1998).

Vários estudos com bovinos leiteiros demonstraram efeitos de dietas contendo caroço de algodão ou farelo de algodão na elevação das concentrações plasmáticas de gossipol livre,

diminuição da concentração de hemoglobina e fragilidade dos eritrócitos (MENA et al., 2001; SANTOS et al., 2002, 2003).

Além disso, a ingestão de gossipol está relacionada com a redução da fertilidade em touros (CHENOWETH et al., 2000; VELASQUEZ-PEREIRA et al., 2002) e vacas leiteiras (LINDSEY et al., 1980; ARIELI, 1998).

Para vacas produzindo aproximadamente 40 kg de leite, a inclusão de 12% de caroço de algodão na dieta não apresentou efeito na produção de leite, porém aumentou a concentração plasmática de gossipol total (BLACKWELDER et al., 1998).

A máxima concentração plasmática de gossipol em vacas lactantes alimentadas com dietas contendo de 13,5 a 15% de caroço de algodão foi observada entre 28 e 35 dias após o início do fornecimento (MENA et al., 2001, 2004), o que sugere um efeito do tempo de alimentação com esse tipo de dieta sobre as respostas associadas ao gossipol, principalmente com seu acúmulo no sangue e nos tecidos.

A facilidade de reação desse composto com proteínas levando à formação de moléculas estáveis sugere que o gossipol pode se ligar às proteínas do músculo esquelético dos animais. Sua ação de inibição sobre enzimas desidrogenases, enzimas envolvidas no metabolismo energético, relacionadas com o metabolismo muscular e com a conversão do músculo em carne, assim como já foi demonstrado por Kim et al. (1996), que observou seu acúmulo nos músculos de ovinos, reforça a hipótese de um possível resíduo desse composto na carne dos animais que são alimentados com dietas contendo elevados teores de caroço de algodão.

Poucos trabalhos correlacionaram o teor de gossipol no tecido muscular com as características organolépticas da carne. A possibilidade de o gossipol ser o causador da alteração de sabor em animais confinados pode estar relacionada com o fato de que, em geral, as dietas utilizadas nesse tipo de sistema possuem cada vez mais elevadas quantidades de grãos cereais e baixas quantidades de forragem (OLIVEIRA; MILLEN, 2014), o que proporciona uma maior taxa de passagem (DADO; ALLEN, 1995; ALLEN; MERTENS, 1988) e pode contribuir para uma menor taxa de detoxificação desse composto no rúmen, levando, conseqüentemente, à uma maior absorção de gossipol pelos tecidos.

Pesce (2008) não verificou nenhum efeito da utilização de 20% de caroço de algodão na dieta dos animais (81 dias de experimento) sobre as características organolépticas da carne, porém, conforme relatado pelos autores, o teor de gossipol no caroço de algodão utilizado no experimento apresentou-se mais baixo que a média relatada na literatura (0,122% MS).

Costa (2009), por sua vez, observou alterações negativas de aroma e sabor pela inclusão de 14,35 e 27,51% de caroço de algodão, respectivamente, porém nenhuma determinação do teor de gossipol foi realizada nesse trabalho.

2.4 FATORES NUTRICIONAIS E A QUALIDADE DA CARNE

2.4.1 A importância do sabor da carne bovina

O sabor é a principal razão pela qual os consumidores escolhem frequentemente a carne bovina como fonte de proteína de origem animal (TATUM, 2008). Reicks (2006) realizou um levantamento onde os consumidores puderam ranquear vários atributos (maciez, suculência, sabor, consistência, facilidade de preparo, valor nutricional, produção orgânica e preço) relacionados com a escolha da carne a ser adquirida. Nesse estudo, o fator que mais influenciou a escolha da carne pelos consumidores foi o sabor, seguido pelo preço e consistência. De maneira similar, Moeller e Courington (1997) demonstraram que os consumidores classificam os atributos sensoriais (ex.: sabor, maciez e consistência) como os mais importantes no momento da aquisição das carnes. Pesquisas de satisfação realizadas por Neely et al. (1998) e Neely et al. (1999) também indicaram que o sabor e a maciez são as duas principais características relacionadas à aceitabilidade geral da carne. De acordo com Goodson et al. (2002), em uma pesquisa de satisfação, o sabor apresentou a maior correlação (0.86) com a aceitabilidade geral da carne assada.

A percepção e assimilação do gosto da carne pelos consumidores são, em geral, baseadas na avaliação conjunta de três atributos sensoriais primários – maciez, suculência e sabor (NEELY et al., 1998). A maciez é frequentemente considerada pelo produtor um fator determinante quando se avalia a qualidade da carne a ser fornecida à indústria (HUFFMAN et al., 1996; MILLER et al., 2001; PLATTER et al., 2003). Por outro lado, o sabor tende a ganhar uma importância maior quando se avalia a satisfação geral dos consumidores em relação ao consumo da carne (FELDERHOFF et al., 2007).

Pesquisas de satisfação realizadas com consumidores têm demonstrado que, quando a maciez encontra-se dentro de um limite aceitável ou quando a variação na maciez é minimizada, o sabor passa a ser o mais importante fator responsável pela satisfação geral dos

consumidores (GOODSON et al., 2002; BEHRENDTS et al., 2005). Dessa forma, os esforços contínuos da indústria produtora de carne bovina para garantir a maciez fazem com que o sabor ganhe cada vez mais importância na escolha da carne pelos consumidores.

Em uma pesquisa realizada por Platter (2003), consumidores (representativos da população americana) puderam avaliar as características sensoriais de vários bifês de carne bovina. Após a avaliação dos bifês, os consumidores foram convidados para participar de uma espécie de leilão “às cegas”, no qual eles poderiam adquirir carnes semelhantes àquelas que haviam avaliado, através de “lances” que eram realizados sem o conhecimento prévio de outros lances (ex.: a decisão de compra e o valor do lance para uma determinada amostra de carne seriam baseados na primeira impressão que o produto havia causado no consumidor em relação às características sensoriais). Duas importantes relações foram observadas entre o sabor e características de aquisição da carne pelos consumidores: (a) à medida que o grau de avaliação desejável para o sabor aumentava, também aumentava a probabilidade dos consumidores adquirirem a carne, e (b) a média de preços que os consumidores estavam dispostos a pagar pela carne aumentava à medida que as avaliações positivas para o sabor também aumentavam. Esses resultados sugerem que a percepção de um sabor agradável não só aumenta a probabilidade de compra da carne pelos consumidores, como também aumenta o preço que eles estão dispostos a pagar por ela.

2.4.2 O sabor começa no campo

Fornecer ao consumidor carnes que proporcionem uma experiência sensorial agradável requer o trabalho coordenado de todos os envolvidos ao longo da cadeia produtiva, começando pelo produtor. Pesquisas têm demonstrado que as características qualitativas e sensoriais da carne são influenciadas por vários fatores pré-abate (tanto genéticos quanto ambientais) e que o controle sistemático da atividade produtiva associado às práticas de manejo contribuem para assegurar uma boa palatabilidade do produto final (TATUM, 2006).

Tradicionalmente, os esforços para assegurar a palatabilidade da carne em nível de produtor têm direcionado os estudos para práticas de manejo pré-abate que assegurem a maciez da carne (TATUM et al., 1999). O maior entendimento dessas práticas de manejo pré-abate e a produção de carnes mais saborosas contribuem para assegurar a demanda e agregar mais valor à cadeia produtiva de carne. Vários fatores primários relacionados com alterações

no sabor da carne e que podem ser afetados por práticas de manejo em nível de produtor são identificados e discutidos a seguir.

2.4.3 Gordura intramuscular e o sabor da carne

Fatores pré-abate que influenciam o sabor da carne ocorrem primariamente através dos efeitos do teor e da composição da gordura da carne. Os lipídios e os compostos voláteis por eles produzidos durante o processo de preparo (cozimento) são os principais responsáveis pelo sabor e odor da carne (WOOD et al., 2003; CALKINS; HODGEN, 2007). De maneira geral, o sabor se desenvolve durante o processo de cocção através da degradação e reações de compostos solúveis em água e de lipídios (MOODY, 1983; SHADIDI; RUBIN, 1986).

Dessa forma, os sistemas de produção de bovinos que contribuem para aumento da deposição de gordura intramuscular são fundamentais para a produção de carne com sabor desejável (RITCHIE, 2005).

De acordo com Smith et al. (1983), o sabor desejável da carne bovina tende a aumentar à medida que a concentração de gordura intramuscular aumenta, até aproximadamente o limite de 10,5%. De maneira semelhante, Thompson (2004) caracterizou a relação entre a concentração de gordura intramuscular e a avaliação sensorial do sabor (gosto/não gosto) da carne bovina pelos consumidores. A aceitabilidade do sabor tendeu a aumentar com o aumento da concentração de gordura intramuscular na carne até atingir um platô em aproximadamente 14% de gordura intramuscular.

Nos EUA, o grau de marmoreio da carcaça (avaliado através da quantidade e distribuição visível de gordura intramuscular na área de olho de lombo entre 12° e 13° costelas) é o principal fator utilizado pelo USDA para avaliar as carcaças quanto ao grau de gordura e está positivamente relacionado com a aceitação da carne pelos consumidores, em grande parte, pelo efeito no sabor (PLATTER et al., 2003). Pesquisas têm demonstrado que avaliações positivas para o sabor da carne (avaliadas no músculo *longissimus dorsi* aumentam linearmente com o aumento do grau de marmoreio (McBEE; WILES, 1967; SMITH et al., 1980). Importante notar que essa relação entre sabor e grau de gordura intramuscular apresenta importância primária nos cortes derivados da costela e do lombo (SMITH et al., 1980; NEELY et al., 1998). De acordo com Smith et al. (1983), o grau de

marmoreio pode refletir indiretamente no sabor e aroma da carne bovina, onde carcaças com alto grau de marmoreio apresentam melhores avaliações de sabor e odor.

A capacidade dos animais em expressar o potencial genético para deposição de gordura intramuscular pode ser afetada, entretanto, por diversos fatores não genéticos (CORAH; McCULLY, 2006). Estudos demonstram que morbidade (McNEILL et al., 1996), atraso na castração (HEATON et al., 2004), restrição energética durante a fase de crescimento (MILLER et al., 1987) ou até mesmo o crescimento acelerado provocado pelo uso de implantes promotores de crescimento (DUCKETT; ANDRAE, 2001) podem afetar negativamente a deposição de gordura intramuscular e, conseqüentemente, afetar o sabor da carne. Platter et al. (2003), por exemplo, observaram que animais produzidos sem o uso de implantes (beta agonistas) apresentaram melhores avaliações para o sabor da carne comparados com os animais tratados com implantes. Entretanto, quando as comparações foram analisadas sob um mesmo grau de marmoreio, não foi observada diferença entre as avaliações para sabor para os dois grupos de animais (sem implantes vs. com implantes).

Dessa forma, se o objetivo do sistema é produzir carnes que proporcionem experiências sensoriais agradáveis quanto ao sabor, as práticas de manejo que comprometam o grau de deposição de gordura intramuscular devem ser evitadas.

2.4.4 Efeito da dieta e do tempo de alimentação no sabor da carne

Forragem vs. grãos cereais: Pesquisas cujo objetivo foi o de avaliar as características qualitativas e organolépticas da carne entre animais alimentados com grãos e animais alimentados com forragem sugerem que o fornecimento de grãos na dieta contribui para a produção de carnes com sabores mais agradáveis (SCHROEDER et al., 1980; BOWLING et al., 1978; HEDRICK et al., 1983). Além disso, alguns trabalhos realizados nos EUA sugerem que os consumidores americanos têm a capacidade de detectar diferenças quanto ao sabor da carne entre animais que foram alimentados com grãos e animais que foram alimentados com forragem. Killinger et al. (2004) e Sitz et al. (2005) realizaram estudos envolvendo consumidores que avaliaram a carne de animais terminados nos EUA com dietas ricas em grão e animais mantidos em pastagens na Argentina. Nos dois estudos, a maciez e o grau de marmoreio das amostras de carne foram mantidos constantes para evitar os efeitos desses fatores sobre a percepção e escolha dos consumidores. O resultado de ambos os estudos

evidenciou que o sabor da carne dos animais alimentados com grãos foi mais bem avaliado em comparação àqueles animais alimentados com forragens e que os consumidores estavam dispostos a pagar mais pela carne com sabor mais agradável.

Comparada com animais alimentados com grãos, a carne dos animais alimentados com forragem apresentam diferentes concentrações de vários precursores de sabor, os mais importantes encontrados no tecido adiposo (MELTON, 1990). Os animais alimentados com forragem, de maneira geral, apresentam no tecido adiposo maiores teores de ácido linolênico e outros n-3 ácidos graxos poliinsaturados, enquanto os animais alimentados com dietas ricas em grãos apresentam maiores concentrações de ácido oléico e outros n-6 ácidos graxos poliinsaturados, principalmente ácido linoléico (ELMORE et al., 2004; CALKINS; HODGEN, 2007).

Mandell et al. (1998) avaliaram o efeito do tipo de dieta (grão vs. forragem) sobre o perfil de ácidos graxos e o sabor da carne e concluíram que uma parcela significativa da diferença observada no sabor da carne se deu em razão do elevado teor de ácido oléico (e seus derivados) na carne dos animais alimentados com grãos, comparado com o elevado teor de ácido linolênico (e seus derivados) observado na carne dos animais alimentados com forragem.

De acordo com Wood et al. (2003), os elevados teores de ácido linolênico na carne de bovinos geralmente são responsáveis pela sensação do gosto de “pasto” ou “peixe”, conforme descrito pelos provadores. Para esses autores, animais mantidos em pastagens geralmente apresentam, no tecido adiposo, um maior teor de ácidos graxos poliinsaturados em relação àqueles animais terminados em confinamento, devido ao alto teor de ácido linolênico (C18:3) presente nas forragens.

Larick et al. (1990) identificou 14 compostos voláteis na gordura subcutânea de bovinos alimentados com forragem que foram positivamente correlacionados com o sabor de “pasto”. O composto mais correlacionado com o gosto de “pasto” da carne nesse estudo foi um diterpenóide derivado da quebra da clorofila. Em contrapartida, duas lactonas foram negativamente correlacionadas com o gosto de “pasto”, lactonas essas que Maruri e Larick (1992) determinaram estar associadas ao gosto de “carne bovina assada”. Melton (1990) isolou vários compostos voláteis associados com diferenças observadas no gosto da carne entre animais alimentados com forragem e animais alimentados com dietas ricas em grãos cereais e foram capazes de minimizar o sabor de “carne assada” da carne de animais alimentados com grãos através da adição de pequenas quantidades de pentanal, tolueno e xylana. Vários outros trabalhos (ELMORE et al., 2004; BREWER, 2006; CALKINS;

HODGEN, 2007) também identificaram compostos que contribuem para a formação de diferentes sabores em animais alimentados com forragem.

Descalzo et al. (2005) determinaram maiores teores de aldeídos na carne de animais alimentados com grãos cereais em comparação com animais alimentados com forragem. Vasta e Priolo (2006) observaram maiores teores de compostos fenólicos em animais alimentados com forragem em comparação com animais alimentados com grãos cereais. De acordo com os autores, compostos fenólicos são metabólicos secundários das plantas e, por essa razão, são encontrados em maiores concentrações na carne dos animais alimentados com forragens.

Terpenos podem ser transferidos diretamente das plantas para o tecido animal e, por isso, podem servir como indicador de animais alimentados com forragens (VASTA; PRIOLO, 2006).

Tempo de alimentação: Animais que são mantidos em pastagens devem ser alimentados com grãos por períodos relativamente longos antes de serem abatidos para, assim, desenvolver na carne características sensoriais associadas ao sabor que sejam perceptíveis aos consumidores. Harrison et al. (1978) demonstraram que o sabor da carne assada torna-se mais agradável para os consumidores à medida que o tempo de alimentação dos animais com dietas contendo grãos aumenta de zero para 98 dias. Adicionalmente, Larick et al. (1987) determinaram que as avaliações dos consumidores relacionadas ao “sabor de pasto” na carne reduziram à medida que o tempo de alimentação dos animais com dietas contendo grãos aumentava de zero para 112 dias. Em estudo semelhante, Melton et al. (1982) avaliaram as características sensoriais relacionadas ao sabor da carne de bovinos em terminação e observaram um aumento nas características associadas ao sabor da “carne bovina assada”, em detrimento do gosto de “grama”, à medida que o tempo de alimentação dos animais com grãos aumentava.

De maneira geral, a maioria das alterações relacionadas com o gosto da carne ocorre após um período de 84 ou 112 dias de terminação dos animais alimentados com elevados teores de grãos cereais (MELTON et al., 1982; HARRISON et al., 1978; LARICK et al., 1987). Períodos de alimentação com dietas contendo elevados teores de grãos para bovinos por 100 dias ou mais também foram eficientes em agradar os consumidores quanto ao sabor em trabalhos conduzidos por Tatum et al. (1980) e Dolezal et al. (1982).

O efeito do período de alimentação sobre as características da carne varia em função da idade e peso em que os animais são submetidos a regimes alimentares contendo elevados

teores de grãos cereais. Brewer et al. (2007) avaliaram o efeito da idade de entrada no confinamento para animais alimentados com dietas ricas em grãos cereais sobre as características sensoriais da carne. Bezerros recém-desmamados e animais de sobreano foram confinados por 191 e 91 dias e abatidos com 14 e 20 meses, respectivamente. Na avaliação sensorial realizada pelos consumidores, a carne dos animais mais jovens (bezerros recém-desmamados na entrada do confinamento) recebeu melhores avaliações comparadas com a carne dos animais mais velhos (sobreano na entrada do confinamento). Resultados semelhantes também foram observados por Lunt e Orme (1987); Johnson et al. (1990) e Harris et al. (1997).

Fonte de energia da dieta: Poucos estudos foram realizados com o objetivo de comparar as características sensoriais da carne de bovinos alimentados com fontes energéticas na dieta. Brandt et al. (1992) avaliaram as características da carne de bovinos terminados com dietas à base de milho ou sorgo floculados e não observaram alterações nas características sensoriais relacionadas ao sabor. Da mesma forma, Miller et al. (1996) não observaram diferenças nos atributos sensoriais para animais alimentados com dietas contendo milho ou cevada.

Por outro lado, pequenas alterações foram observadas pelos consumidores que avaliaram a carne de animais alimentados com milho ou cevada nos trabalhos realizados por Jeremiah et al. (1998) e Busboom et al. (2000). De acordo com os provadores, os animais alimentados com dietas contendo milho apresentaram melhores sabores que aqueles animais alimentados com cevada, que apresentaram um tipo de “sabor metálico” na carne. Sitz et al. (2005) também concluíram que diferenças no sabor da carne de bovinos alimentados com dietas contendo milho ou cevada podem sim ser detectadas pelos consumidores, que estão dispostos a pagar mais pela carne de animais alimentados com dietas contendo milho em comparação àqueles animais alimentados com dietas contendo cevada.

LaBrune et al. (2008) reportaram que a alimentação rica em lipídio contendo principalmente semente de linhaça aumentou o percentual de ácido linolênico sem alteração do sabor da carne.

A utilização de subprodutos na dieta de bovinos confinados também é foco de algumas pesquisas relacionadas com as características da carne dos animais. Roeber et al. (2005) e Jenschke et al. (2007) não observaram alterações nas características sensoriais da carne de animais alimentados com dietas contendo até 50% de resíduo úmido de cervejaria. Mello Jr. et al. (2007), entretanto, observaram que a inclusão de 30% de resíduo úmido de cervejaria na dieta de bovinos confinados alterou o perfil de ácidos graxos da carne, o que pode estar

relacionado com alterações no sabor da carne, porém sem evidências diretas de que esse efeito se deve à utilização do subproduto e, sim, em parte ao reflexo do sistema de alimentação sobre o marmoreio da carne.

A adição de resíduos da indústria de beneficiamento da batata na dieta de bovinos confinados também foi investigada por pesquisadores nos EUA (RADUNZ et al., 2003), os quais não observaram efeitos da inclusão desse tipo de subproduto nas características sensoriais da carne pelos consumidores.

REFERÊNCIAS

- ABOU-DONIA, M. B. Physiological effects and metabolism of gossypol. **Residue Reviews**, New York, v. 61, p. 125-160, 1976.
- AFERRI, G.; LEME, P. R.; SILVA, S. L.; PUTRINO, S. M.; PEREIRA, A. S. C. Desempenho e características de carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1651-1658, 2005.
- ALLEN, M. S.; MERTENS, D. R. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. **Journal of Nutrition**, Rockville, v. 118, n. 1, p. 261-270, 1988.
- ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 72, n. 1-2, p. 97-110, 1998.
- BARAJAS, R.; ZINN, R. A. The feeding value of dry-rolled and steam-flaked corn in finishing diets for feedlot cattle: Influence of protein supplementation. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, n. 7, p. 1744–1752, 1998.
- BAS, P.; BERTHELOT, V.; POTTIER, E.; NORMAND, J. Effect of level of linseed on fatty acid composition of muscles and adipose tissues of lambs with emphasis on trans fatty acids. **Meat Science**, Barking, v. 77, n. 4, p. 678-688, 2007.
- BEAM, T. M.; JENKINS, T. C.; MOATE, P. J.; KOHN, R. A.; PALMQUIST, D. L. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 83, n. 1, p. 2564–2573, 2000.
- BEHRENDTS, J. M.; GOODSON, K. J.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L.; MORGAN, W. W.; REAGAN, J. O.; GWARTNEY, B. L.; WISE, J. W.; SAVELL, J. W. Beef customer satisfaction: USDA quality grade and marination effects on consumer evaluations of top round steaks. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 83, n. 3, p. 662-670, 2005.
- BENBOUZA, H.; LOGNAY, G.; PALM, R.; BAUDOIN, J. P.; MERGEAI, G. Crop ecology, management e quality: development of a visual method to quantify the gossypol content in cottonseeds. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 6, p. 1937-1942, 2002.
- BESSA, R. J. B.; PORTUGAL, P. V.; MENDES, I. A.; SANTOS-SILVA, J. Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate, **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 96, n. 2-3, p. 185–194, 2005.
- BLACKWELDER, J. T.; HOPKINS, B. A.; DIAZ, D. E.; WHITLOW, L. W.; BROWNIE, C. Milk production and plasma gossypol of cows fed cottonseed and oilseed meals with or without rumen-undegradable protein. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 81, n. 11, p. 2934–2941, 1998.
- BOWLING, R. A.; RIGGS, J. K.; SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L.; REDDISH, R. L.; BUTLER, O. D. Production, carcass and palatability characteristics of steers produced by

different management systems. **Journal of Animal Science**. Albany, v. 46, n. 2, p. 333-340, 1978.

BRANDT JR., R. T.; KUHL, G. L.; CAMPBELL, R. E.; KASTNER, C. L.; STRODA, S. L. Effects of steam-flaked sorghum grain or corn and supplemental fat on feedlot performance, carcass traits, *Longissimus* composition, and sensory properties of steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, n. 2, p. 343-348, 1992.

BREWER, M. S. **The chemistry of beef flavor**. Executive Summary prepared for the National Cattlemen's Beef Association, Centennial, Beef Research, 2006. Disponível em: <<http://www.beefresearch.org/executivesummaries.aspx>>. Acesso em: 23 de jan. 2015.

BREWER, P. S.; JAMES, J. M.; CALKINS, C. R.; RASBY, R. M.; KLOPFENSTEIN, T. J.; ANDERSON, R. V. Carcass traits and *M. Longissimus lumborum* palatability attributes of calf- and yearling-finished steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 85, n. 5, p. 1239-1246, 2007.

BROSH, A.; HOLZER, Z.; LEVY, D. Cottonseed for protein and energy supplementation of high-roughage diets for beef cattle. **Animal Production**, Bletchley, v. 48, n. 3, p. 513-518, 1989.

BROWN, M. S.; KREHBIEL, C. R.; DUFF, G. C.; GALYEAN, M. L.; HALLFORD, D. M.; WALKER, D. A. Effect of degree of corn processing on urinary nitrogen composition, serum metabolite and insulin profiles, and performance by finishing steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 78, n. 9, p. 2464-2474, 2000.

BUSBOOM, J. R.; NELSON, M. L.; JEREMIAH, L. E.; DUCKETT, S. K.; CONRATH, J. D.; FALEN, L.; KUBER, P. S. Effects of graded levels of potato by-products in barley- and corn-based beef feedlot diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 78, n. 7, p. 1837-1844, 2000.

CALHOUN, M. C.; KUHLMANN, S. K.; BALWIN, B. C. Assessing the gossypol status of cattle fed cotton feed products. In: PACIFIC NORTHWEST ANIMAL NUTRITION CONFERENCE, 1995. **Proceedings...** 1995.

CALKINS, C. R.; HODGEN, J. M. A fresh look at meat flavor. **Meat Science**, Barking, v. 77, n. 1, p. 63-80, 2007.

CHENOWETH, P. J.; CHASE JR, C. C.; RISCO, C. A.; LARSEN, R. E. Characterization of gossypol induced sperm abnormalities in bul. **Theriogenology**, Stoneham, v. 53, n. 5, p. 1193-1203, 2000.

CORAH, L.; MCCULLY, M. **Declining quality grades**: a review of factors reducing marbling deposition in cattle. Wooster: Certified Angus Beef, 2006. Disponível em: <http://www.cabpartners.com/news/research/declining_quality_grades.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2015.

CORREA, C. E. S.; SHAVER, R. D.; PEREIRA, M. N.; LAUER, J. G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.

- CORRIGAN, M. E.; ERICKSON, G. E.; KLOPFENSTEIN, T. J.; LUEBBE, M. K.; VANDER POL, K. J.; MEYER, N. F.; BUCKNER, C. D.; VANNESS, S. J.; HANFORD, K. J. Effect of corn processing method and corn wet distillers grains plus solubles inclusion level in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, n. 10, p. 3351-3362, 2009.
- COSTA, Q. P. B.; WECHSLER, F. S.; COSTA, D. P. B.; POLLIZEL NETO, A.; ROÇA, R. O.; BRITO, T. P. Desempenho e características da carcaça de bovinos alimentados com dietas com caroço de algodão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 3, p. 729-735, 2011.
- CRANSTON, J. J.; RIVERA, J. D.; GALYEAN, M. L.; BRASHEARS, M. M.; BROOKS, J. C.; MARKHAM, C. E.; McBETH, L. J.; KREHBIEL, C. R. Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 84, n. 8, p. 2186-2199, 2006.
- CUNHA, M. G. G.; CARVALHO, F. F.; VÉRAS, A. S. C.; BATISTA, A. A. V. Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1103-1111, 2008.
- DADO, R. G.; ALLEN, M. S. Intake limitation, feeding behavior and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 8, n. 1, p. 118-133, 1995.
- DESCALZO, A.; INSANI, E. M.; BIOLATTO, A.; SANCHO, A. M.; GARCIA, P. T.; PENSEL, N.A. Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 2, p. 35-44, 2005.
- DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interaction between dietary lipids and fiber in the sheep 2. Digestibility studies. **Animal Production**, Bletchley, v. 19, n. 1, p. 67-76, 1974.
- DOLEZAL, H. G.; SMITH, G. C.; SAVELL, J. W.; CARPENTER, Z. L. Effect of time-on-feed on the palatability of rib steaks from steers and heifers. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 2, p. 368-373, 1982.
- DUCKETT, S. K.; ANDRAE, J. G. Implant strategies in an integrated beef production system. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 79, n. 6, p. E110-E117, 2001.
- ELMORE, J. S.; WARREN, H. E.; MOTTRAM, D. S.; SCOLLAN, N. D.; ENSER, M.; RICHARDSON, R. I.; WOOD, J. D. A comparison of the aroma volatiles and fatty acid compositions of grilled beef muscle from Aberdeen Angus and Holstein-Friesian steers fed diets based on silage or concentrates. **Meat Science**, Barking, v. 68, n. 1, p. 27-33, 2004.
- FELDERHOFF, C. A.; LYFORD, C. P.; MALAGA, J.; HARRIS, D. D.; BROOKS, J. C.; MEHAFFEY, J. M.; POLKINGHORNE, R.; MILLER, M. F. National consumer survey reveals beef flavor is the most important trait affecting satisfaction. In: ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 60., 2007, Champaign. **Proceedings...** Champaign: American Meat Science, 2007. Disponível em:

<http://www.meatscience.org/pubs/rmcarchv/2007/presentations/rmc_2007_060_4_003_mehaffey.%20pdf>. Acesso em: 22 abr. 2015.

GALYEAN, M. L.; WAGNER, D. G.; OWENS, F. N. Corn particle size and site and extend of digestion by steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 45, n. 1, p. 204-210, 1979.

GOODSON, K. J.; MORGAN, W. W.; REAGAN, J. O.; GWARTNEY, B. L.; COURINGTON, S. M.; WISE, J. W.; SAVELL, J. W. Beef customer satisfaction: factors affecting consumer evaluations of clod steaks. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 80, n. 2, p. 401-408, 2002.

GOROCICA-BUENFIL, M. A.; FLUHARTY, F. L.; REYNOLDS, C. K.; LOERCH, D. S. C. Effect of dietary vitamin A restriction on marbling and conjugated linoleic acid content in Holstein steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 85, n. 12, p. 2243–2255, 2007.

HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, H. D. (Ed.). **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier Science, 1988. p. 285-322.

HARRIS, J. J.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B.; MIES, W. L.; HALE, D. S.; KOOHMARAIE, M.; SAVELL, J. W. Live animal performance, carcass traits, and meat palatability of calf- and yearling-fed cloned steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 75, p. 986-992, 1997.

HARRISON, A. R.; SMITH, M. E.; ALLEN, D. M.; HUNT, M. C.; KASTNER, C. L.; KROPF, D. H. Nutritional regime effects on quality and yield characteristics of beef. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 47, n. 2, p. 383-388, 1978.

HEATON, K.; ZOBELL, D. R.; CORNFORTH, D. Effects of delayed castration of British cross-bred beef cattle on weight gain, carcass traits and consumer acceptability. **Proceedings of Western Section American Society Animal Science**, v. 55, n. 2, p. 130-133, 2004.

HEDRICK, H. B.; PATERSON, J. A.; MATCHES, A. G.; THOMAS, J. D.; MORROW, R. E.; STRINGER, W. C.; LIPSEY, R. J. Carcass and palatability characteristics of steers produced by different management systems. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 57, n. 4, p. 791-801, 1983.

HUERTA-LEIDENZ, N. O.; CROSS, H. R.; LUNT, D. K.; PELTON, L. S.; SAVELL, J. W.; SMITH, S. B. Growth, carcass traits, and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 69, n. 9, p. 3665-3672, 1991.

HUFFMAN, K. L.; MILLER, M. F.; HOOVER, L. C.; WU, C. K.; BRITTIN, H. C.; RAMSEY, C. B. Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 74, n. 1, p. 91-97, 1996.

JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993.

JENKINS, T. C.; WALLACE, R. J.; MOATE, P. J.; MOSLEY, E. E. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 86, n. 2, p. 397-412, 2008.

JENSCHKE, B. E.; JAMES, J. M.; VANDER POL, K. J.; KLOPFENSTEIN, T. J.; CALKINS, C. R. Wet distillers grains plus soluble do not increase liver-like off-flavors in cooked beef from yearling steers. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 18, n. 4, p. 341-348, 2007.

JEREMIAH, L. E.; BEAUCHEMIN, K. A.; JONES, S. D. M.; GIBSON, L. L.; RODE, L. M. The influence of dietary cereal grain source and feed enzymes on the cooking properties and palatability attributes of beef. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 78, n. 3, p. 271-275, 1998.

JOHNSON, D. D.; HUFFMAN, R. D.; WILLIAMS, S. E.; HARGROVE, D. D. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding, and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristics. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 68, n. 7, p. 1980-1986, 1990.

KILLINGER, K. M.; CALKINS, C. R.; UMBERGER, W. J.; FEUZ, D. M.; ESKRIDGE, K. M. A comparison of consumer sensory acceptance and value of domestic beef steaks and steaks from a branded, Argentine beef program. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 82, n. 11, p. 3302-3307, 2004.

KIM, H. L.; CALHOUN, M. C.; STIPANOVIC, R. D. Accumulation of Gossypol Enantiomers in Ovine Tissues. **Comparative Biochemistry and Physiology**. Oxford, v. 113, n. 2, p. 417-420, 1996.

LABRUNE, H. J.; REINHARDT, C. D.; DIKEMAN, M. E. Effects of grain processing and dietary lipid source on performance, carcass characteristics, plasma fatty acids, and sensory properties of steaks from finishing cattle. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 1, p. 167-172, 2008.

LARICK, D. K.; HEDRICK, H. B.; BAILEY, M. E.; WILLIAMS, J. E.; HANCOCK, D. L.; GARNER, G. B.; MORROW, R. E. Flavor constituents of beef as influenced by forage- and grain-feeding. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 2, p. 245-251, 1987.

LARICK, D. K.; TURNER, B. E. Headspace volatiles and sensory characteristics of ground beef from forage- and grain-fed heifers. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, n. 3, p. 649-654, 1990.

LINDSEY, T. O.; HAWKINS, G. E.; GUTHRIE, L. D. Physiological responses of lactating cows to gossypol from cottonseed meal rations. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 63, n. 4, p. 562-573, 1980.

LUGINBUHL, J. M.; POORE, M. H.; CONRAD, A. P. Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility, and performance of growing male goats fed hay-based diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 78, n. 6, p. 1677-1683, 2000.

LUNT, D. K.; ORME, L. E. Feedlot performance and carcass evaluation of heifers fed finishing diets as weanling calves or as yearlings. **Meat Science**, Barking, v. 20, n. 2, p. 159-164, 1987.

- MANDELL, I. B.; BUCHANAN-SMITH, J. G.; CAMPBELL, C. P. Effects of forage vs grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is controlled. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, n. 10, p. 2619-2630, 1998.
- MARURI, J. L.; LARICK, D. K. Volatile concentration and flavor of beef as influenced by diet. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 5, p. 1275-1281, 1992.
- MCALLISTER, T. A.; GIBB, D. J.; BEAUCHEMIN, K. A.; WANG, Y. Starch type, structure and ruminal digestion. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2007. **Proceedings...** 2007. Disponível em: <http://beefextension.com/proceedings/cattle_grains06/06-5.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2015.
- MCALLISTER, T. A.; PHILLIPPE, R. C.; RODE, L. M.; CHENG, K. J. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. **Journal Animal Science**, Albany, v. 71, n. 1, p. 205-212, 1993.
- MCBEE JR., J. L.; WILES, J. A. Influence of marbling and carcass grade on the physical and chemical characteristics of beef. **Journal Animal Science**, Albany, v. 26, n. 4, p. 701-704, 1967.
- MCNEILL, J. W.; PASCHAL, J. C.; MCNEILL, M. S.; MORGAN, W. W. Effect of morbidity on performance and profitability of feedlot steers. **Journal Animal Science**, Albany, v. 1, n. 1, p. 135, 1996.
- MELLO, J. R.; JENSCHKE, A. S.; HODGEN, B. E.; ERICKSON, G. E.; CARR, T. P.; CALKINS, C. R. Effects of distillers grains finishing diets on fatty acid profiles in beef cattle. **Journal Animal Science**, Albany, v. 85, n. 1, p. 278, 2007.
- MELTON, S. L. Effects of feeds on flavor of red meat: A review. **Journal Animal Science**, Albany, v. 68, n. 12, p. 4421-4435, 1990.
- MELTON, S. L.; AMIRI, M.; DAVIS, G. W.; BACKUS, W. R. Flavor and chemical characteristics of ground beef from grass, forage-grain, and grain-finished steers. **Journal Animal Science**, Albany, v. 55, n. 1, p. 77-87, 1982.
- MENA, H.; SANTOS, J. E.; HUBER, J. T.; SIMAS, J. M.; TARAZON, M.; CALHOUN, M. C. The effects of feeding varying amounts of gossypol from whole cottonseed and cottonseed meal in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 84, n. 10, p. 2231-2239, 2001.
- MENA, H.; SANTOS, J. E. P.; HUBER, J. T.; TARAZON, M.; CALHOUN, M. C. The Effects of varying gossypol intake from whole cottonseed and cottonseed meal on lactation and blood parameters in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 87, n. 8, p. 2506-2518, 2004.
- MENOTTI, A.; KROMHOUT, D.; BLACKBURN, H.; FIDANZA, F.; BUZINA, R.; NISSINEN, A. Food intake patterns and 25- year mortality from coronary heart disease: cross-cultural correlation in the seven countries study. The seven countries study research group. **European Journal of Epidemiology**, Oxford, v. 15, n. 6, p. 507-515, 1999.

MILLER, R. K.; CROSS, H. R.; CROUSE, J. D.; TATUM, J. D. The influence of diet and time on feed on carcass traits and quality. **Meat Science**, Barking, v. 19, n. 4, p. 303-319, 1987.

MILLER, R. K.; ROCKWELL, L. C.; LUNT, D. K.; CARSTENS, G. E. Determination of the flavor attributes of cooked beef from cross-bred Angus steers fed corn- or barley-based diets. **Meat Science**, Barking, v. 44, n. 4, p. 235-243, 1996.

MOELLER, R. J.; COURINGTON, S. **Branded beef study**. National Cattlemen's Beef Association, 1997. Disponível em: <http://www.beef.org/404.aspx?aspxerrorpath=/NEWSBrandedBeefStudyAugust19972702.aspx>. Acesso em: 22 abr. 2015.

MOODY, W. G. Beef flavor-a review. **Food Technology**, Chicago, v. 37, p. 227-232, 1983.

MOORE, J. A.; SWINGLE, R. S.; HALE, W. H. Effects of Whole Cottonseed, Cottonseed Oil or Animal Fat on Digestibility of Wheat Straw Diets by Steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, n. 4, p. 1267-1273, 1986.

NEELEY, T. R.; LORENZEN, C. L.; MILLER, R. K.; TATUM, J. D.; WISE, J. W.; TAYLOR, J. F.; BUYCK, M. J.; REAGAN, J. O.; SAVELL, J. W. Beef customer satisfaction: Role of cut, USDA quality grade, and city on in-home consumer ratings. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, n. 4, p. 1027-1033, 1998.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 64-75, 2014.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 75, n. 3, p. 868-879, 1997.

OWENS, F. N.; SODERLUND, S. Ruminant and post ruminant starch digestion by cattle. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2007. **Proceedings...** 2007. Disponível em: http://beefextension.com/proceedings/cattle_grains06/06-5.pdf. Acesso em: 13 mar. 2015.

PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: Review. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.63, n.1, p.1-14, 1980.

PESCE, D. M. C. **Efeito da dieta contendo caroço de algodão no desempenho, características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de novilhos Nelore confinados**. 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOUREAU, B. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 81, n. 8, p. 2178-2184, 1998.

PLATTER, W. J.; TATUM, J. D.; BELK, K. E.; CHAPMAN, P. L.; SCANGA, J. A.; SMITH, G. C. Relationships of consumer sensory ratings, marbling score, and shear force

value to consumer acceptance of beef strip loin steaks. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 81, n. 11, p. 2741-2750, 2003.

PLATTER, W. J.; TATUM, J. D.; BELK, K. E.; SCANGA, J. A.; SMITH, G. C. Effects of repetitive use of hormonal implants on beef carcass quality, tenderness, and consumer ratings of beef palatability. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 81, n. 4, p. 984-996, 2003.

RADUNZ, A. E.; LARDY, G. P.; BAUER, M. L.; MARCHELLO, M. J.; LOE, E. R.; BERG, P. T. Influence of steampeeled potato-processing waste inclusion level in beef finishing diets: Effects on digestion, feedlot performance, and meat quality. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 81, n. 11, p. 2675-2685, 2003.

RADUNZ, A. E.; WICKERSHAM, L. A.; LOERCH, S. C.; FLUHART, F. L.; REYNOLDS, C. K.; ZERBY, H. N. Effects of dietary polyunsaturated fatty acid supplementation on fatty acid composition in muscle and subcutaneous adipose tissue of lambs. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, n. 12, p. 4082-4091, 2009.

REICKS, A. L. **Consumer motivations and the impact of brand on purchasing preferences of fresh beef**. 2006. 152 f. Dissertation (PhD.) – Department of Animal Science, Texas Tech University, Lubbock, 2006.

RISCO, C. A.; ADAMS, A. L.; SEEBOHM, S.; THATCHER, M. J.; STAPLES, C. R.; VAN HORN, H. H.; MCDOWELL, L. R.; CALHOUN, M. C.; THATCHER, W. W. Effects of gossypol from cottonseed on hematological responses and plasma alpha tocopherol concentration of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, n. 12, p. 3395-3402, 2002.

RITCHIE, H. **Strategies for managing marbling in beef cattle**. MSU, 2005. Disponível em: <http://www.cabpartners.com/news/research/ritchie_asistaffpaper.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2015.

ROBINSON, P. H.; GETACHEW, G.; DE 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**, Amsterdam, v. 91, n. 3-4, p. 149-156, 2001.

ROEBER, D. L.; GILL, R. K.; DICOSTANZO, A. Meat quality responses to feeding distiller's grains to finishing Holstein steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 83, n. 10, p. 2455-2460, 2005.

ROGÉRIO, M. C. P.; BORGES, I.; SANTIAGO, G. S.; TEIXEIRA, D. A. B. Uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes. **Arquivo de Ciência Veterinária e Zoologia**, UNIPAR, Umuarama, v. 6, n. 1, p. 85-90, 2003.

SANTOS, J. E. P.; VILLASEN, M.; DEPETERS, E. J.; ROBINSON, P. H.; BALDWIN, B. C. Type of cottonseed and gossypol in diets of lactating dairy cows: Lactation performance and plasma gossypol. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, n. 6, p. 1491-1501, 2002.

SANTOS, J. E. P.; VILLASEN, M.; DEPETERS, E. J.; ROBINSON, P. H.; HOLMBERG, C. H. Type of cottonseed and gossypol in diets of lactating dairy cows: Plasma gossypol, reproduction, and health. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 86, n. 3, p. 892-905, 2003.

SCHROEDER, J. W.; CRAMER, D. A.; BOWLING, R. A.; COOK, C. W. Palatability, shelf-life and chemical differences between forage- and grain-finished beef. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 50, n. 5, p. 852-859, 1980.

SCOLLAN, N. D.; CHOI, N. J.; KURT, E.; FISHER, A. V.; ENSER, M.; WOOD, J. D. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 85, n. 1, p. 115-124, 2001.

SCOTT, T. L.; MILTON, C. T.; ERICKSON, G. E.; KLOPFENSTEIN, T. J.; STOCK, R. A. Corn processing method in finishing diets containing wet corn gluten feed. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 81, n. 12, p. 3182-3190, 2003.

SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; OWENS, F. N.; ANDWELTY, S. D. Effects of corn particle size on feedlot steer performance and carcass characteristics. **Animal Science Research Report**, Oklahoma, v. 31, n. 2, p. 99-104, 1995.

SHAHIDI, F.; RUBIN, L. J.; D'SOUZA, L. A. Meat flavor volatiles: a review of the composition, techniques of analysis, and sensory evaluation. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 24, n. 2, p. 141-243, 1986.

SITZ, B. M.; CALKINS, C. R.; FEUZ, D. M.; UMBERGER, W. J.; ESKRIDGE, K. M. Consumer sensory acceptance and value of domestic, Canadian, and Australian grass-fed beef steaks **Journal of Animal Science**, Albany, v. 83, n. 12, p. 2863-2868, 2005.

SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L.; CROSS, H. R.; MURPHEY, C. E.; ABRAHAM, H. C.; SAVELL, J. W.; DAVIS, G. W.; BERRY, B. W.; PARRISH JR., F. C. Relationship of USDA marbling groups to palatability of cooked beef. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 7, n. 4, p. 289-308, 1985.

SMITH, G. C.; SAVELL, J. W.; CROSS, H. R.; CARPENTER, Z. L. The relationship of USDA quality grade to beef flavor. **Food Technology**, Chicago, v. 37, p. 233-238, 1983.

SOUZA, R. A. **Caroço de algodão moído na alimentação de cordeiros(as) em confinamento**. 2014. 102 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

SULLIVAN, H. M.; BERNARD, J. K.; AMOS, H.; JENKINS, T. C. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 87, n. 3, p. 665-671, 2004.

TATUM, J. D. **Pre-harvest cattle management practices for enhancing beef tenderness**. Fort Collins, CSU: Executive Summary prepared for the National Cattlemen's Beef Association, 2006. Disponível em: <http://www.beefresearch.org/executivesummaries.aspx>. Acesso em: 17 jul. 2015.

TATUM, J. D. **Producing flavorful beef**. Fort Collins, CSU, 2008. Disponível em: http://www.cabpartners.com/articles/news/231/tatum_producing_flavorful_beef.pdf. Acesso em: 22 abr. 2015.

TATUM, J. D.; BELK, K. E.; GEORGE, M. H.; SMITH, G. C. Identification of quality management practices to reduce the incidence of retail beef tenderness problems: development and evaluation of a prototype quality system to produce tender beef. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 77, n. 8, p. 2112-2118, 1999.

TATUM, J. D.; SMITH, G. C.; BERRY, B. W.; MURPHEY, C. E.; WILLIAMS, F. L.; CARPENTER, Z. L. Carcass characteristics, time on feed and cooked beef palatability attributes. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 50, n. 5, p. 833-840, 1980.

THOMPSON, J. M. The effects of marbling on flavor and juiciness scores of cooked beef, after adjusting to a constant tenderness. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 44, n. 7, p. 645-652, 2004.

TURGEON, O. A.; BRINK, D. R.; BRITTON, R. A. Corn particle size mixtures, roughage level and starch utilization in finishing steer diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 57, n. 3, p. 739-749, 1983.

VALINOTE, A. C. **Fontes de gordura e utilização de monensina nos parâmetros ruminais e protozoários ciliados de bovinos da raça Nelore**. 2003. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

VAN NEVEL, C.; DEMEYER, D. I. Lipolysis and biohydrogenation of soybean in the rumen in vitro: inhibition by antimicrobials. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 78, n. 12, p. 2797-2806, 1995.

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

VASTA, V.; PRIOLO, A. Ruminant fat volatiles as affected by diet. A review. **Meat Science**, Barking, v. 73, n. 2, p. 218–228, 2006.

VELASQUEZ-PEREIRA, J.; ARE CHIGA, C. F.; MCDOWELL, L. R.; HANSEN, P. J.; CHENOWETH, P. J.; CALHOUN, M. C.; RISCO, C. A.; BATRA, T. R.; WILLIAMS, S.N.; WILKINSON, N. S. Effects of gossypol from cottonseed meal and dietary vitamin E on the reproductive characteristics of superovulated beef heifers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 80, n. 9, p. 2485, 2002.

VERBIC, J.; STEKAR, J. M. A.; CEPON, M. R. Rumen degradation characteristics and fiber composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 54, n. 1-4, p. 133-148, 1995.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 1, p. 21-32, 2003.

ZINN, R. A. Characteristics of digestion of linted and lint-free cottonseed in diets for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 73, n. 5, p. 1246–1250, 1995.

ZINN, R. A.; PLASCENCIA, A. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 71, n. 1, p. 11–17, 1993.

3 DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E PARÂMETROS RUMINAIS EM BOVINOS NELORE ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO CAROÇO DE ALGODÃO

RESUMO

Digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais em bovinos Nelore alimentados com dietas contendo caroço de algodão

Esse trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos que a inclusão de óleo de soja ou de teores de caroço de algodão (CA) em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos confinados podem causar sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes e alguns parâmetros ruminais. Foram utilizados seis bovinos machos, castrados, da raça Nelore (407 ± 24 kg de peso corporal), distribuídos em um delineamento em Quadrado Latino 6×6 . Cada período foi composto por 26 dias, sendo os primeiros 21 dias destinados à adaptação dos animais e, os cinco últimos, às colheitas. Foram avaliados 5 teores de inclusão (0, 8, 16, 24 e 32%) de CA em dietas contendo 80% de concentrado (tratamentos CA0, CA8, CA16, CA24 e CA32, respectivamente). Além disso, foi avaliada uma dieta contendo o mesmo teor de lipídios totais do tratamento CA32, porém sem a inclusão de caroço de algodão, utilizando óleo de soja (tratamento OS). A inclusão de caroço de algodão na dieta reduziu (efeito linear, $P < 0,01$) o consumo de matéria seca e o consumo de matéria orgânica dos animais. O consumo de PB e FDN não foram afetados pelos tratamentos. O consumo de lipídios totais aumentou linearmente ($P = 0,05$) e o de CNF reduziu linearmente ($P < 0,001$) devido à inclusão de CA na dieta. A digestibilidade ruminal dos lipídios totais aumentou linearmente ($P < 0,001$) em resposta à inclusão de CA na dieta. A digestibilidade aparente total da MS ($P = 0,019$) e da MO ($P = 0,020$) reduziu linearmente devido à inclusão de CA na dieta dos animais. A inclusão de óleo de soja na dieta não afetou a digestibilidade da MS ($P = 0,462$) e da MO ($P = 0,469$) dos animais em comparação com o tratamento CA0, assim como também não foram observados efeitos da fonte de lipídios sobre a digestibilidade da MS ($P = 0,124$) e da MO ($P = 0,110$). O tempo de ruminação, expresso em kg MS^{-1} , aumentou linearmente ($P = 0,002$) em resposta à inclusão de CA. O pH ruminal dos animais aumentou (efeito quadrático, $P < 0,05$) em resposta à inclusão de caroço de algodão nas dietas. O inclusão de óleo de soja na dieta não afetou ($P = 0,329$) o pH ruminal dos animais em comparação com o tratamento CA0. A produção total de ácidos graxos de cadeia curta reduziu ($P < 0,001$; efeito linear) devido à inclusão de CA na dieta. Houve um aumento linear ($P < 0,001$) na proporção molar propionato, redução na proporção molar de butirato ($P < 0,001$; efeito linear) e redução no número de protozoários no conteúdo ruminal (efeito quadrático, $P = 0,043$) devido ao aumento de CA nas dietas. A concentração de N-NH_3 no conteúdo ruminal dos animais não foi afetada pelos tratamentos ($P > 0,05$). A síntese de Pmic reduziu linearmente ($P = 0,011$) em resposta à inclusão de CA na dieta. Apesar de poucos efeitos adversos sobre a digestibilidade dos nutrientes terem sido observados, o CMS dos animais foi reduzido drasticamente em resposta ao aumento dos teores de CA e, conseqüentemente, baixos desempenhos podem ser observados. Os efeitos deletérios dos lipídios sobre a fração fibrosa da dieta não foram observados e, por isso, a redução no CMS dos animais devido à inclusão do CA na dieta não está associada à redução da digestibilidade da fibra.

Palavras-chave: Algodão. Lipídios. Rúmen. Sub-produto.

ABSTRACT

Whole cottonseed in high concentrate diets for finishing Nellore cattle: digestibility and ruminal fermentation

This experiment was conducted to determine the effects of levels of inclusion of whole cottonseed (WC) in high concentrate diets for finishing Nellore steers on intake, nutrient digestibility and ruminal parameters. Six rumen-cannulated Nellore steers (407 ± 24 kg BW) were used in a 6 x 6 Latin square design experiment. Each period consisted of 21 days for diets adaptation followed by a 5 day of collections. Were evaluated 5 levels of inclusion of WC (0, 8, 16, 24 and 32% DM basis) in diets containing 80% concentrate (treatments WC0, WC 8, WC16, WC24 and WC32 respectively). Also, it was evaluated a diet containing the same amount of total fat content of WC32 but with no WC and using soybean oil (SO treatment). Increasing WC levels linearly decreased DM and OM intake ($P < 0.01$). CP and NDF intakes were not affected by the treatments. Total fat intake linearly increased and NFC linearly decreased with increasing levels of WC. Total fat digestibility linearly increased due the WC increase in the diets ($P < 0.001$). Total DM ($P = 0.019$) and OM ($P = 0.020$) digestibilities linearly decreased with increasing levels of WC. SO inclusion did not affect DM ($P = 0.462$) and OM ($P = 0.469$) digestibilities compared with CA0 and there was no effect of fat source over DM ($P = 0.124$) and OM ($P = 0.110$) digestibilities. Rumination time (kg DM^{-1}) linearly increased due the WC inclusion ($P = 0.002$). Increasing WC levels quadratically increased ruminal pH ($P < 0.05$) but no effect was observed with the SO addition in the diet ($P = 0.329$) compared with CA0. Total VFA was linearly decreased with increasing levels of WC ($P < 0.001$). Propionate linearly increased ($P < 0.001$), butyrate linearly decreased ($P < 0.001$) and rumen protozoa quadratically decreased ($P = 0.043$) due the WC inclusion. Ruminal ammonia nitrogen was not affected by the treatment ($P > 0.05$). Increasing levels of WC linearly decreased the microbial protein synthesis ($P = 0.011$). Although few adverse effects on nutrient digestibilities were observed the DMI was dramatically decreased in response the WC inclusion. Consequently low performance can be observed. The negative effects of the fat over the NDF digestibility was not observed in the present study, and for this reason, increasing WC in the diets should not be associated with reduced fiber digestibility.

Key-words: Cottonseed. By-products. Total fat. Rumen.

3.1 INTRODUÇÃO

A utilização de subprodutos da agroindústria na dieta de bovinos confinados é uma prática comum no Brasil (OLIVEIRA; MILLEN, 2014). Cerca de 82% dos nutricionistas utilizam algum tipo de subproduto nas formulações. O caroço de algodão aparece como a principal fonte utilizada - mais de 50% dos nutricionistas afirmaram ser esse o principal subproduto incluído no preparo das rações. O teor médio de inclusão desse ingrediente nas dietas utilizadas nos confinamentos brasileiros é de 15%, variando de 10 a 20% (OLIVEIRA; MILLEN, 2014).

De acordo com Cranston et al. (2006), o caroço de algodão é um ingrediente especial por fornecer, ao mesmo tempo, quantidades significativas de fibra, lipídios e proteína à dieta. Dessa forma, ele pode contribuir com a redução dos custos com a alimentação e, ainda, facilitar atividades operacionais de estocagem e preparo das rações quando comparado com as fontes de fibra tradicionais.

Apesar dessas vantagens, efeitos negativos como a toxicidade do gossipol (CALHOUN et al., 1995; ARELI, 1998) e a redução no consumo e digestibilidade dos constituintes da dieta, principalmente da fração fibrosa, em decorrência da elevação do teor de lipídios, já foram relatados em vários trabalhos limitando, assim, a sua utilização, principalmente em dietas contendo elevados teores de forragem, comumente utilizadas na alimentação de bovinos leiteiros (MOORE et al., 1986).

Em dietas contendo elevados teores de concentrado (20% MS de feno de alfafa), entretanto, o aumento do fluxo de ácidos graxos saturados (C16:0 e C18:0) e a redução do fluxo de ácidos graxos insaturados (C18:1 e C18:2) para o intestino indicam que os lipídios provenientes de inclusões de até 20% de caroço de algodão na dieta (aproximadamente 5% de lipídio na MS da dieta) podem ser extensivamente biohidrogenados pelos microorganismos ruminais (ZINN; PLASCENCIA, 1993). Dessa forma, os efeitos negativos da elevação do teor de lipídios em dietas com alto teor de concentrado, decorrente da utilização desse ingrediente, não explica os efeitos adversos dos lipídios sobre a digestão da fração fibrosa. Entretanto, o consumo de MS e de MO dos animais, segundo os autores, foram reduzidos com a inclusão de CA na dieta.

Huerta-Leidenz et al. (1991) trabalharam com dietas contendo alto teor de concentrado (6,50% MS de casca de soja) e também não observaram alterações no perfil de ácidos graxos

da gordura subcutânea de bovinos alimentados com dietas contendo 30% de caroço de algodão, comparados com animais alimentados com a dieta controle (sem inclusão caroço de algodão ou lipídios adicionais). Isso sugere que, nesse tipo de dieta, a capacidade de biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados por microorganismos ruminais não é comprometida pela elevação do teor de lipídios da dieta proveniente do CA, até aproximadamente 8% da MS.

Ao trabalharem com vacas Holandesas não lactantes, Keele et al. (1989) utilizaram 25,3% de caroço de algodão em dietas contendo 16,7% de volumoso (cevada) e também não observaram alterações na digestibilidade da fração fibrosa em decorrência da elevação do teor de lipídios da dieta (5,8% MS) provenientes da inclusão desse ingrediente. O CMS e o CMO não foram afetados pela inclusão de CA na dieta nesse estudo.

Uma vez que a biohidrogenação ruminal não é excedida com inclusões de até 30% de CA ou cerca de 8% MS de lipídios na dieta, o provável efeito tóxico dos AG poliinsaturados sobre os microorganismos celulolíticos deixa de ser responsável pela baixa digestibilidade da fração fibrosa da dieta. Se a digestibilidade da fração fibrosa não é comprometida, o provável efeito da redução do CMS, devido à baixa digestibilidade dessa fração, também não pode ser sustentado.

Nossa hipótese é de que a elevação do teor de lipídios, seja pela inclusão de óleo de soja ou pela inclusão de caroço de algodão, em dietas contendo baixos teores de forragem, não compromete o consumo nem a digestibilidade dos nutrientes.

Esse trabalho objetivou avaliar os efeitos que a inclusão de óleo de soja ou teores de caroço de algodão em dietas contendo elevados teores de concentrado para bovinos confinados pode causar sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes e o metabolismo ruminal.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Local do experimento

O experimento foi realizado nas instalações do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP, no

período de junho a novembro de 2013. Todos os procedimentos utilizados foram aprovados pelo Comitê de Ética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/USP) sob o protocolo de número 2805/2012.

3.2.2 Animais, delineamento e dietas experimentais

Foram utilizados seis bovinos machos, castrados, da raça Nelore, com 36 meses de idade e peso médio inicial de 407 ± 24 kg, contendo cânulas no saco dorsal do rúmen. Os animais foram mantidos em sistema de “*tie-stall*”, em galpão coberto com baias individuais, providas de comedouros, bebedores e piso de concreto.

Adotou-se o delineamento em quadrado latino 6x6 para a realização do experimento. Cada período foi composto por 26 dias, sendo os primeiros 21 dias destinados à adaptação dos animais e, os cinco últimos, às colheitas. Os 21 dias do período de adaptação, por sua vez, consistiram de seis dias iniciais para incremento ou decréscimo gradativo do caroço de algodão nas dietas, com o objetivo de evitar a rejeição/seleção (para aqueles animais que iriam ser alimentados com dietas contendo maiores teores de CA) ou acidose dos animais (para aqueles animais que iriam ser alimentados com dietas contendo menores ou nenhum teor de CA), seguidos de mais 15 dias de fornecimento das dietas finais.

Antes do início do período experimental e ao final do segundo, quarto e sexto períodos, os animais receberam injeção subcutânea de Doramectina 1% (Dectomax[®], Zoetis, Guarulhos, Brasil) de acordo com a recomendação do fabricante. Os animais foram pesados no início e ao final de cada período experimental (idBeck 3.0[®], BeckHouser, Paranavaí, Brasil) sem prévio jejum hídrico ou alimentar, sempre no mesmo horário, às 14 horas.

As dietas experimentais foram formuladas com base na composição da matéria seca (MS), utilizando o NRC (1996), visando atender às exigências de bovinos Nelore em sistema de terminação e conterem a mesma quantidade de proteína bruta (Tabela 2).

Foram avaliados 5 teores de inclusão (0, 8, 16, 24 e 32%) de CA em dietas contendo 80% de concentrado (tratamentos CA0, CA8, CA16, CA24 e CA32, respectivamente). Além disso, foi avaliada uma dieta contendo o mesmo teor de lipídios totais da dieta CA32 (tratamento OS), porém sem a inclusão de caroço de algodão, utilizando óleo de soja.

A Tabela 1 apresenta a composição química dos ingredientes utilizados no preparo das dietas experimentais.

Tabela 1 - Composição química (% MS) dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Ítems ¹	Bagaço de cana-de-açúcar <i>in natura</i>	Silagem de milho	Milho moído	Caroço de algodão	Farelo de soja	Óleo de soja
MS, g 100g ⁻¹	67,2	27,5	87,5	89,5	86,8	-
MO	93,2	94,4	98,7	96,0	93,0	-
PB	2,47	7,65	7,45	21,0	49,9	-
FDN	83,1	40,2	11,6	51,6	13,5	-
FDA	29,6	15,1	2,83	23,0	6,03	-
LIG	13,5	3,08	1,16	13,8	1,15	-
Lipídios totais	0,27	2,86	4,06	15,1	1,34	99,9*
MM	6,79	5,57	1,27	4,03	7,06	-

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; LIG = lignina;

MM = matéria mineral; NDT = nutrientes digestíveis totais.

*NRC, 2001.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes (% MS)	Tratamentos ¹					
	OS	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32
Silagem de Milho	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Bag. de cana-de-açúcar <i>in natura</i>	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Milho moído	65,4	71,5	65,6	58,0	53,0	45,4
Caroço algodão	-	-	8,00	16,0	24,0	32,0
Farelo de soja	6,00	5,00	3,00	3,00	-	-
Ureia	1,50	1,50	1,40	1,00	1,00	0,60
Núcleo mineral ²	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Óleo de soja	5,10	-	-	-	-	-
Composição química analisada ³ , % MS						
MS, g 100g ⁻¹	71.4	70.9	70.6	71.6	71.7	72.4
MO	95.3	95.3	95.0	94.7	94.9	94.9
PB	12,3 ^b	12,3 ^b	12,7 ^b	13,1 ^{ab}	13,3 ^{ab}	13,8 ^a
FDN	26,4 ^c	26,0 ^c	29,0 ^c	33,4 ^b	38,2 ^a	40,3 ^a
FDA	10,6 ^c	10,3 ^c	11,7 ^c	13,7 ^b	15,9 ^{ab}	17,0 ^a
LIG	3,45 ^c	2,87 ^c	3,76 ^{bc}	4,57 ^b	6,00 ^a	6,65 ^a
Lipídios totais	6,10 ^{ab}	3,00 ^d	3,82 ^{cd}	4,83 ^{bc}	5,50 ^{abc}	7,10 ^a
MM	4.73	4.67	4.96	5.23	5.12	5.11

¹OS – óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem caroço de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²Composição por kg: matéria mineral (mín) 920g; cálcio (mín) 200g; cálcio (máx) 220; fósforo (mín) 22g; magnésio (mín) 7000mg; enxofre (mín) 25g; cobre (mín) 800mg; cobalto (mín) 45mg; iodo (mín) 45mg; manganês (mín) 800mg; selênio (mín) 12mg; zinco (mín) 1900mg; ferro (mín) 1200mg; sódio (mín) 40g; flúor (máx) 220mg; monensina sódica 1000mg.

³MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, FDN = fibra insolúvel em detergente neutro, FDA = fibra insolúvel em detergente ácido, LIG = lignina, MM = matéria mineral.

^{a-b-c}Letras iguais na mesma linha não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste Tukey.

3.2.3 Manejo alimentar e colheita de amostras

Os animais foram alimentados uma vez ao dia, diariamente às 8 horas. A ração foi fornecida na forma de mistura total em quantidade suficiente para permitir entre 5% e 10% de sobras. Os ingredientes foram pesados separadamente utilizando balança digital (LS100[®], Marte Científica, São Paulo, Brasil) e misturados manualmente no cocho.

A quantidade ofertada diariamente, bem como as sobras, foi quantificada durante todo o período experimental (26 dias), porém somente os dados relativos ao período de colheita (22d – 26d) foram utilizados para os cálculos e determinações. A decisão por remover totalmente as sobras e não utilizá-las para constituir a próxima oferta levou em conta o objetivo de quantificar o grau de seleção do caroço de algodão pelos animais, através da separação manual das sementes do caroço nas sobras.

3.2.4 Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo dos animais foi realizado antes do primeiro dia de colheita de dados (21d) durante 24 horas consecutivas por meio de observação visual. As avaliações tiveram início imediatamente após o fornecimento das dietas (às 8 h). Foram avaliados em intervalos de 5 minutos os tempos gastos com ingestão de alimentos, ruminação e ócio. O tempo total de mastigação foi determinado somando-se o tempo de ingestão de alimento e o tempo de ruminação (MAEKAWA et al., 2002).

Durante o período noturno as observações foram realizadas mediante iluminação indireta, através de iluminação externa ao galpão.

Utilizando-se os valores médios de ingestão (kg de MS e kg da fração FDN) verificados durante cada período experimental para cada animal, foram calculados os respectivos tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação em minutos por kg de MS e minutos por kg da fração FDN (MAEKAWA et al., 2002).

3.2.5 Determinação do consumo e digestibilidade

A avaliação do consumo e da digestibilidade das dietas foi realizada entre os dias 22 e 25 do período experimental. A quantidade de ração ofertada bem como das sobras foi registrada diariamente para a determinação do consumo.

Amostras dos ingredientes (200g), das dietas ofertadas (500g) e das sobras (10%) foram colhidas diariamente, compostas por tratamento e armazenadas a -20° C para posterior análises bromatológicas.

A colheita total de fezes foi realizada para a determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes. As fezes foram colhidas do piso das baias quatro vezes ao dia, sendo homogeneizadas, pesadas e amostradas duas vezes ao dia (às 8h e às 18h), em 10% do total excretado. As amostras foram armazenadas a -20°C para posterior análise bromatológica.

Os valores de digestibilidade aparente no trato digestivo total da MS e dos nutrientes foram estimados através da diferença entre a oferta de nutrientes e da sua concentração nas fezes.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com a equação: $CNF (\%) = 100\% - (\% FDN, \% PB + \% EE + \% MM)$.

Através da separação manual dos grãos de CA foi realizada a estimativa do índice de seleção. Essa estimativa foi calculada através do quociente entre o consumo real de CA observado (kg CA na oferta – kg CA na sobra) e o consumo esperado (teor de CA na oferta). A quantidade de CA na oferta foi determinada multiplicando-se o teor de CA de cada tratamento pelo CMS. A quantidade de CA nas sobras foi determinada através da separação manual. O consumo esperado de CA refere-se ao teor de CA do tratamento: ex. para o tratamento contendo 8% de CA esperava-se, caso não houvesse seleção, um consumo de 8% de CA.

Os cálculos do índice de seleção também foram realizados utilizando-se os teores de FDN da dieta com o objetivo de se ter uma ideia sobre a eficiência desse nutriente para esse tipo de estimativa em comparação com a separação manual dos grãos de CA.

3.2.6 Parâmetros ruminais

No 25º dia do período experimental foram colhidas aproximadamente 300 ml de líquido ruminal às 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20 e 24 horas após o fornecimento da dieta. O conteúdo tomado do rúmen foi filtrado em uma camada de tecido de poliéster de 100 micras, amostrando-se a parte líquida. Imediatamente após a colheita, o líquido ruminal foi homogeneizado e seu valor de pH mensurado através da leitura em potenciômetro digital (DM22, Digimed® Instrumentação Analítica, Santo Amaro, São Paulo, Brasil).

Uma alíquota de 50 ml deste líquido ruminal foi acidificada com 1 ml de ácido sulfúrico 50% (BRODERICK; REYNAL, 2009) e congelada em freezer (-20°C), para posterior análise de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) conforme Chaney e Marbach (1962) adaptado para leitura de absorvância em microplaca a 550 nm (Eon, Biotek® Instruments, Winooski, USA). Outra alíquota de 50 ml foi congelada em freezer (-20°C), para posterior análise de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) conforme descrito por Galvani *et al.* (2014).

Para a determinação da concentração de protozoários ruminais, amostras de 10 ml de líquido ruminal foram tomadas antes do fornecimento das dietas, imediatamente fixadas com 10 ml de solução de formalina 50% (vol./vol.) e armazenadas em temperatura ambiente. As amostras foram, então submetidas, à diluição 1:30 em solução de glicerol a 50% em água destilada. O verde brilhante foi o corante utilizado para a identificação dos protozoários e a contagem total de protozoários foi realizada conforme técnica descrita por Dehority (1993).

3.2.7 Síntese de proteína microbiana

A concentração de creatinina na urina foi utilizada como indicador da produção de urina (CHIZZOTTI *et al.*, 2008). A colheita spot de urina foi realizada no 24º dia do período experimental, 4 horas após o fornecimento das dietas. As amostras de urina foram acidificadas com ácido sulfúrico 0,072 N (1 vol. urina / 4 vol. ácido), conforme Broderick e Reynal (2009), para evitar a destruição bacteriana dos derivados de purinas e a precipitação do ácido úrico, e então congeladas a -20°C para posterior análise. A determinação de alantoína, dos derivados de purina e do ácido úrico na urina foi realizada através de cromatografia líquida de alta eficiência (CZAUDERNA; KOWALCZYK, 2000) e o volume de urina foi estimado

utilizando a concentração de creatinina como marcador. A excreção dos derivados de purina foi calculada multiplicando-se o volume total de urina pela concentração dos derivados de purina presente nas amostras. A absorção de purinas e o N-microbiano foram estimados de acordo com Barbosa et al. (2011).

3.2.8 Parâmetros sanguíneos

Também no 24º dia do período, 4 horas após o fornecimento das dietas, amostras de sangue foram colhidas em tubos apropriados através de punção na veia coccígea para a determinação dos teores plasmáticos de insulina. Posteriormente as amostras foram centrifugadas a 3.500 *rpm* por 10 minutos a uma temperatura de 4°C para obtenção do plasma, acondicionadas em tubos de 2 ml do tipo “ependorff” e congeladas a -20°C. A determinação da concentração de insulina foi realizada pelo método de quimiluminescência automatizada através de kits comerciais para o Imunlite 1000 (Siemens Healf Care Diagnostics Products, Llanberis, UK).

3.2.9 Balanço de nitrogênio

As amostras de fezes e urinas descritas nas seções anteriores também foram utilizadas para determinação da concentração de nitrogênio, por combustão de Dumas, utilizando o analisador de nitrogênio marca LECO® (WILES et al., 1998) e por cromatografia líquida de alta eficiência, respectivamente (CZAUDERNA; KOWALCZYK, 2000).

A partir da concentração de nitrogênio, da produção total de fezes e do volume total de urina, foram estimadas as excreções diárias (g) de nitrogênio na urina e fezes.

A partir dos valores encontrados oriundos do consumo de nitrogênio (N), do N excretado na urina e nas fezes, foi possível obter o teor de N retido expressos em g dia^{-1} e em % N consumido:

$$\text{N consumido (g d}^{-1}\text{)} = \text{N oferta} - \text{N sobras};$$

$$\text{N absorvido (g d}^{-1}\text{)} = \text{N consumido} - \text{N fecal};$$

$$\text{N retido (g d}^{-1}\text{)} = \text{N absorvido} - \text{N urinário};$$

3.2.10 Análises bromatológicas

Ao final do experimento, as amostras de ingredientes, da oferta e das sobras foram descongeladas, homogeneizadas, secas a 55°C por 72 horas em estufa com circulação de ar (MA 035/5, Marconi Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, Brasil) e moídas em moinho de facas com peneira de 1mm (MA680, Marconi Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, Brasil). O caroço de algodão foi moído em moinho de bola com câmara fechada (MA350, Marconi Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, Brasil).

As amostras foram analisadas para matéria seca (MS) e cinzas (MM) conforme AOAC (1995). O teor de proteína bruta (PB) foi obtido mediante combustão das amostras segundo método Dumas, usando-se um auto-analisador de nitrogênio marca LECO[®], (WILES et al., 1998). Os lipídios totais foram determinados de acordo com Folch et al. (1956). Os teores da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinados de acordo com método proposto por Van-Soest et al. (1991), adaptado para o uso do sistema Ankon Fiber Analyser[®] (Ankon Technology Coporation, Fairport, NY). Na determinação da fração FDN foram incluídos o sulfito de sódio e a amilase termoestável e, na determinação da lignina, a solução de H₂SO₄ 72%. Os valores de FDN obtidos foram expressos livres de cinzas, obtidos após a incineração dos saquinhos a 600 ° C por 4 horas (STN, Stecno fornos e equipamentos, São Paulo, Brasil).

3.2.11 Análise estatística

Os dados de consumo, digestibilidade dos nutrientes, comportamento ingestivo, síntese de proteína microbiana, parâmetros sanguíneos e número de protozoários foram analisados utilizando-se o procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (Statistical Analyses System, SAS Inst. Inc. Cary, NY) de acordo com o modelo: $Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + e_{ijk}$, onde:

Y_{ijk} é a variável dependente;

μ é a média geral;

A_i é o efeito aleatório do animal ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$);

P_j é o efeito aleatório do período ($j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$);
 T_k é o efeito fixo do tratamento ($k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$), e
 e_{ijk} é o erro aleatório experimental.

As médias foram obtidas pelo procedimento LSMEANS. O efeito dos teores de inclusão do caroço de algodão foi obtido através dos polinômios ortogonais linear (L) e quadrático (Q). Foram realizados dois contrastes: OS vs. CA0 e OS vs. CA32.

Os dados de pH, AGCC, N-NH₃ foram analisados como medidas repetidas no tempo usando o procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (Statistical Analyses System, SAS Inst. Inc. Cary, NY) de acordo com o modelo: $Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + H_l + (T*H)_{kl} + e_{ijkl}$,
 onde:

Y_{ijk} é a variável dependente;

μ é a média geral;

A_i é o efeito aleatório de animal ($i = 1 - 6$);

P_j é o efeito aleatório de período ($j = 1 - 6$);

T_k é o efeito fixo de tratamento ($k = 1 - 6$);

H_l é o efeito fixo de hora de colheita ($l = 1 - 10$);

$(T*H)_{kl}$ é o efeito fixo da interação entre tratamento e horas de colheita, e

e_{ijkl} é o erro aleatório experimental.

A unidade experimental foi considerada como $A_i(T_k)$. O cálculo dos graus de liberdade dos efeitos fixos foi ajustado pelo método de Kenward-Roger. A escolha da matriz de covariância foi realizada com base no critério de informação de Akaike. As médias foram obtidas pelo procedimento LSMEANS. O efeito dos teores de inclusão do caroço de algodão foi obtido através dos polinômios ortogonais linear (L) e quadrático (Q). Foram realizados dois contrastes: OS vs. CA0 e OS vs. CA32. Os tratamentos foram comparados usando o teste F da análise de variância.

Os efeitos das horas de colheita e a interação entre os tratamentos e as horas de colheita foram determinados pelo teste F da análise de variância. Quando a interação se mostrou significativa ($P < 0,05$), as médias foram comparadas dentro de cada horário de colheita através do teste *TUKEY* utilizando-se nível de significância de 5%.

A normalidade dos resíduos e a homogeneidades das variâncias dos dados foram previamente analisadas através do procedimento UNIVARIATE. Observações que

apresentaram valores de resíduo estudentizado fora do limite de ± 3 foram removidas do banco de dados.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química dos ingredientes utilizados no preparo das dietas está apresentada na Tabela 1. O teor de lipídios totais do caroço de algodão ($15,1\% \pm 0,64$) apresentou-se um pouco abaixo dos valores observados na literatura ($17,5\%$, NRC, 1996; $19,3\%$, NRC, 2001; $17,4\%$, CRANSTON et al., 2006). A extração dos lipídios totais através da utilização da mistura de solventes mais orgânicos (ex. clorofórmio: metanol), ao invés da tradicional extração com éter, pode favorecer a quebra das interações que ligam os lipídios com as proteínas, proporcionando assim uma maior separação entre essas fases e um teor de lipídios relativamente menor do que os relatos na literatura que empregam, em grande parte das vezes, a extração com éter de petróleo por exemplo (NELSON; COX, 2011). Mesmo que toda essa diferença não seja somente devido à contaminação da fração lipídica com outros constituintes, a estimativa do teor de lipídios totais pode ser garantida pelo baixo coeficiente de variação ($n = 6$) da análise. Além disso, essa mesma marcha analítica foi utilizada para todos os outros ingredientes que apresentaram valores de lipídios totais dentro dos limites relatados na literatura.

De acordo com Zinn e Pascencia (1993), diferenças na composição química do CA existem e estão relacionadas, em parte, ao tamanho da semente, conteúdo de línter e ao tipo de híbrido utilizado.

A composição química analisada das dietas experimentais está apresentada na Tabela 2.

O teor médio de PB das dietas ($12,9\%$) apresentou-se dentro da proposta inicial. Por outro lado, o teor médio de FDN das dietas ($31,2\%$) apresentou-se maior que o planejado ($27,5\%$, estimado pelo NRC (1996), considerando os valores da composição química dos ingredientes).

Durante o experimento, antes do início de cada um dos períodos de colheita (21d), foi realizada a determinação do teor de MS ($105\text{ C}^\circ / 24\text{h}$) de uma amostra de bagaço de cana-de-açúcar (BIN) e de silagem de cana, com o objetivo de garantir a porcentagem de inclusão

preconizada na dieta (10% MS) levando-se em consideração o seu teor real de MS. Infelizmente, mesmo com todo esse cuidado, o teor de MS observado nessa amostra de BIN antes do início do período de colheita (na média de 58% - dados não apresentados), não foi representativo o suficiente para caracterizar todos os 5 dias do período de colheita (67,2%, Tabela 1). De maneira geral, o teor de MS do BIN aumentou com o passar dos dias e, por isso, sua inclusão ficou um pouco maior do que a planejada. Por esse motivo, provavelmente, o teor de FDN foi maior do que o planejado.

Os resultados de consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes estão apresentados na Tabela 3.

A inclusão de caroço de algodão na dieta reduziu (efeito linear, $P < 0,01$) o consumo de matéria seca e o consumo de matéria orgânica dos animais (7,94; 7,21; 6,77; 6,06; 6,17, respectivamente para os tratamentos CA0, CA8, CA16, CA24 e CA32).

A elevação ($P < 0,05$) do teor de lipídios na dieta de 3,0% (tratamento CA0) para 6,1% (tratamento OS, Tabela 2), entretanto, não alterou (contraste OS vs. CA0, $P > 0,05$) o consumo dos animais (7,94 e 7,17 respectivamente para os tratamentos CA0 e OS).

Houve tendência ($P = 0,08$) de redução no CMS e no CMO dos animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA (6,17 kg) em comparação àqueles animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja (7,17 kg, contraste OS vs. CA32). Esses dois tratamentos apresentaram teores semelhantes de lipídios na dieta (6,10% para o tratamento OS e 7,10% para o tratamento CA32). As respostas obtidas por esses dois tratamentos indicam que a redução no CMS e CMO dos animais provocada pela inclusão de CA na dieta pode não estar associada somente à elevação do teor de lipídios proveniente desse ingrediente, pois os animais desses dois tratamentos ingeriram a mesma quantidade de lipídios (Tabela 3) e aqueles que receberam CA como fonte desses lipídios apresentaram 1 kg $\text{cab}^{-1} \text{dia}^{-1}$ de CMS a menos do que os animais alimentados com óleo de soja.

De acordo com Allen (2000), os mecanismos através dos quais a inclusão de lipídios à dieta pode afetar o CMS dos animais ainda não estão claros e podem envolver, por exemplo, alteração na fermentação ruminal, motilidade intestinal e aceitabilidade da dieta.

Assumindo que o efeito deletério da inclusão de elevados teores de lipídios na dieta de ruminantes está relacionado com a toxicidade dos ácidos graxos aos microorganismos ruminais e redução da fração fibrosa (JENKINS, 1993; PANTOJA et al., 1994), era de se esperar que a inclusão de óleo de soja causasse uma maior redução no CMS dos animais em comparação com o mesmo teor de lipídios devido à inclusão de CA na dieta, conforme relatado por Coppock e Wilks (1991). De acordo com esses autores, a liberação mais lenta dos lipídios

presentes nas sementes oleaginosas no interior do rúmen dos animais seria menos deletéria que o fornecimento de uma mesma quantidade de óleo em separado. Para Cranston et al. (2006), se a digestão da fração fibrosa é menor devido ao efeito tóxico dos AG sobre os microorganismos ruminais, o material pode ficar retido no rúmen por um período maior, reduzindo a taxa de passagem e limitando o consumo dos animais. Essa resposta não foi observada no presente estudo, onde os animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja apresentaram o mesmo CMS e CMO em relação aos animais alimentados com a dieta controle sem adição de CA.

Por outro lado, Moore et al. (1986) avaliaram a suplementação de diferentes fontes e formas de lipídios para animais alimentados com dietas contendo elevados teores de fibra (61,8% a 68,9% de palha de trigo). A digestibilidade ruminal da MS foi maior para os animais alimentados com CA comparados àqueles animais que receberam a mesma quantidade de lipídios proveniente do óleo de CA diretamente na dieta, suportando a mesma teoria levantada por Cranston et al. (2006).

O consumo de PB dos animais não foi afetado pelos tratamentos ($P > 0,05$, Tabela 3). Apesar de terem sido formuladas para conter a mesma quantidade de PB, a inclusão de CA causou um pequeno aumento no teor de proteína bruta das dietas (Tabela 1). Mesmo assim, o consumo de PB não diferiu entre os tratamentos. Provavelmente, a queda linear no CMS devido à inclusão de CA na dieta compensou esse leve aumento no teor de PB das dietas e, por isso, não foi verificado efeito da inclusão desse ingrediente nas dietas sobre o consumo de PB dos animais.

O consumo de FDN também não foi afetado ($P > 0,05$) pela inclusão de CA nas dietas. Mesmo elevando o teor de FDN de 26% (tratamento CA0) para 40,3% (tratamento CA32), o consumo de FDN não diferiu entre os tratamentos. A redução no CMS foi grande o suficiente (23% de redução; 7,95 vs. 6,17) para manter o consumo de FDN dentro de limites que não foram significativamente diferentes.

O consumo de FDN foi maior ($P < 0,05$) para os animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA quando comparados com os animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja (2,32 vs. 1,86 kg, para os tratamentos CA32 e OS respectivamente). Essa resposta já era esperada, uma vez que a inclusão de CA contribuiu para elevar o teor de FDN da dieta (26,4% vs. 40,3%, para os tratamentos OS e CA32 respectivamente) e o CMS nos dois tratamentos não diferiu ($P = 0,084$).

Tabela 3 - Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes em bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais

Itens ⁴	Tratamentos ¹										Valor de P ³	
	OS	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32	EPM ²	Teores de CA		OS vs. CA0	OS vs. CA32	
								L	Q			
Consumo, kg dia ⁻¹												
MS	7,17	7,94	7,21	6,77	6,06	6,17	0,68	<0,01	0,376	0,199	0,084	
MO	6,70	7,44	6,71	6,28	5,64	5,75	0,64	<0,01	0,334	0,193	0,081	
PB	0,83	0,93	0,86	0,83	0,75	0,79	0,08	0,087	0,486	0,279	0,665	
FDN	1,86	2,02	2,05	2,20	2,23	2,39	0,25	0,122	0,858	0,501	0,025	
Lipídios totais	0,44	0,25	0,28	0,33	0,33	0,44	0,05	0,005	0,556	0,002	0,945	
CNF	3,65	4,35	3,61	3,00	2,39	2,19	0,30	<0,001	0,147	0,027	<0,001	
Digestibilidade aparente total, kg d ⁻¹												
MS	70,0	71,8	71,2	66,8	67,3	66,3	2,12	0,019	0,558	0,462	0,124	
MO	75,3	77,3	76,5	71,8	72,7	71,2	2,35	0,020	0,601	0,469	0,110	
PB	72,0	70,5	71,0	67,8	70,0	70,3	2,15	0,854	0,548	0,614	0,545	
FDN	44,7	53,8	49,5	51,0	50,8	49,5	3,53	0,524	0,830	0,075	0,338	
Lipídios totais	89,6	80,3	86,7	86,1	91,2	92,6	2,42	<0,001	0,573	0,003	0,274	
CNF	85,9	86,0	87,4	82,8	86,5	85,6	2,43	0,683	0,474	0,985	0,838	

¹OS = óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem caroço de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

⁴MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; CNF = carboidratos não fibrosos.

O consumo de lipídios totais aumentou linearmente ($P = 0,05$) devido à inclusão de CA na dieta, mesmo com a redução linear do CMS. Esse fato está relacionado com a quantidade desse nutriente no CA (no presente experimento 15,9 % de lipídios totais).

Comparados com o tratamento controle, sem adição de CA na dieta, os animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja apresentaram um consumo de lipídios totais mais alto ($P = 0,002$; 0,44 vs. 0,25 kg dia⁻¹, para os tratamentos OS e CA0 respectivamente), o que se justifica pelo maior teor de lipídios na dieta contendo óleo de soja.

Por outro lado, comparados àqueles animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja, os animais alimentados com dietas contendo 32% de CA não apresentaram diferença ($P = 0,945$) para o consumo de lipídios totais já que essas dietas apresentaram o mesmo teor de lipídios (Tabela 2) e os animais apresentaram o mesmo CMS (Tabela 3).

De maneira geral, a inclusão de CA na dieta aumentou o consumo de lipídios totais, sem afetar o consumo de FDN. Dessa forma, podemos dizer que a redução linear no CMS e CMO devido à inclusão de CA está relacionada com o aumento no teor de lipídios da dieta. Porém, quando analisamos o resultado dos contrastes (OS vs. CA0 e OS vs. CA32), observamos que a resposta na redução do CMS não apresenta uma relação direta com o consumo de lipídios: animais alimentados com os tratamentos OS e CA0 apresentaram consumo de lipídios bem diferentes (0,44 e 0,25 kg respectivamente), porém sem diferença no CMS (7,17 e 7,94 kg para os tratamentos OS e CA0 respectivamente). Observou-se um aumento no consumo de lipídios de 76% sem diferença no CMS. Esse aumento no consumo de lipídios (76% - de 0,25 kg no tratamento CA0 para 0,44 kg no tratamento CA32) foi responsável por uma redução linear no CMS dos animais devido à inclusão de CA na dieta (redução de 16% no CMS).

A magnitude da redução no CMS dos animais para um mesmo incremento no teor de lipídios na dieta (76% de elevação) foi maior quando se utilizou CA na dieta (16% de redução) comparado com a utilização de óleo de soja (10% de redução).

Esses resultados sugerem uma interação entre a elevação no teor de lipídios e a elevação no teor de FDN das dietas (variável não mensurada nesse experimento). De acordo com Moore et al. (1986), a inclusão de 6,3% de lipídios pode comprometer a utilização de dietas contendo elevados teores de fibra (68% de palha de trigo), principalmente devido à redução na digestibilidade da FDA. Por outro lado, Zinn e Pascencia (1993) não observaram redução na digestibilidade da FDA devido à inclusão de 5% de lipídios em dietas contendo 20% de feno de alfafa. Porém, quando foram incluídos 20% de CA nessas dietas, foi observada uma redução na digestibilidade da FDA.

O consumo de CNF reduziu linearmente ($P < 0,001$) devido à inclusão de CA na dieta. Além disso, a inclusão de óleo de soja na dieta foi suficiente para reduzir o consumo de CNF ($P = 0,027$), quando comparados com os animais alimentados com a dieta controle, sem CA (tratamento CA0 - 3,65 vs. 4,35 para os tratamentos OS e CA0 respectivamente). Provavelmente a pequena redução numérica no CMS apresentada pelos animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja já foi suficiente para ocasionar essa redução no consumo de CNF.

O consumo de CNF também foi menor ($P < 0,001$) para os animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA comparados com aqueles alimentados com a dieta contendo óleo de soja (2,19 vs. 3,65 kg dia⁻¹ para os tratamentos CA32 e OS respectivamente), fato relacionado principalmente com o aumento da fração fibrosa na dieta CA32 devido à inclusão de CA, além da redução numérica do CMS apresentados pelos animais que receberam essa dieta quando comparados àqueles alimentados com óleo de soja.

A digestibilidade aparente total da MS ($P = 0,019$) e da MO ($P = 0,020$) reduziu linearmente devido à inclusão de CA na dieta dos animais, resultado que está de acordo com os valores de CMS e CMO apresentados na Tabela 3.

A inclusão de óleo de soja na dieta não afetou a digestibilidade da MS ($P = 0,462$) e da MO ($P = 0,469$) em comparação aos animais alimentados com a dieta controle, sem CA, assim como também não foram observados efeito da fonte de lipídios sobre a digestibilidade da MS ($P = 0,124$) e da MO ($P = 0,110$), o que está de acordo com os dados de consumo apresentados na Tabela 3.

Não foram observados efeitos dos tratamentos sobre a digestibilidade aparente total da PB e da FDN. Essa resposta também era esperada, uma vez que não foram observados efeitos dos tratamentos sobre o consumo desses nutrientes (Tabela 3).

A inclusão de óleo de soja na dieta dos animais não afetou a digestibilidade da PB ($P = 0,199$) e da FDN ($P = 0,338$), resultados que também corroboram com os valores de consumo de PB e FDN.

A digestibilidade da PB não foi afetada pela fonte de lipídios ($P = 0,545$; contraste OS vs. CA32), o que também pode estar relacionado com o consumo semelhante de PB entre os respectivos tratamentos (0,83 kg e 0,79 kg, respectivamente para os tratamentos OS e CA32; Tabela 3).

Por outro lado, os animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja apresentaram menor consumo de FDN (1,86 kg) em comparação com os animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA (2,39 kg; $P = 0,025$), e mesmo assim, a digestibilidade da

FDN não diferiu entre esses dois tratamentos ($P = 0,338$; contraste OS vs. VA32). Assim como para as variáveis apresentadas acima, era de se esperar efeito do consumo de FDN sobre a digestibilidade dessa fração, fato que não ocorreu.

A digestibilidade aparente total dos lipídios aumentou linearmente ($P < 0,001$) em resposta à inclusão de CA na dieta dos animais. O aumento no consumo de lipídios proporcionou um aumento na digestibilidade dessa fração. De maneira semelhante, quando comparados com os animais alimentados com a dieta sem inclusão de CA, os animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja apresentaram maior digestibilidade total dos lipídios ($P = 0,003$; 89,6% vs. 80,3% para os tratamentos OS e CA0 respectivamente). O aumento na digestibilidade dos lipídios decorrente da elevação do teor de CA na dieta de ovinos também foi observado por Souza (2014).

A digestibilidade aparente total dos CNF não foi afetada pelos tratamentos, apesar da redução linear ($P < 0,001$) no consumo dessa fração pelos animais (Tabela 3).

Os resultados relacionados ao comportamento ingestivo dos animais estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Comportamento ingestivo de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais

Ítem	Tratamentos ¹								EPM ²	Valor de P ³			
	OS	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32	Teores de CA			OS vs. CA0	OS vs. CA32		
							L	Q					
Ingestão													
min dia ⁻¹	231	230	209	220	207	188	17,7	0,059	0,738	0,981	0,021		
min kg de MS ⁻¹	32,2	29,3	29,7	33,3	34,3	33,5	2,61	0,092	0,554	0,336	0,658		
min kg de FDN ⁻¹	125	115	107	103	92,8	90,5	9,98	0,016	0,820	0,317	0,001		
Ruminação													
min dia ⁻¹	417	359	371	422	459	399	39,4	0,138	0,236	0,193	0,654		
min kg de MS ⁻¹	58,9	46,7	52,9	62,6	76,7	70,1	6,35	0,002	0,374	0,131	0,140		
min kg de FDN ⁻¹	232	183	190	194	209	189	24,0	0,659	0,573	0,060	0,076		
Mastigação													
min dia ⁻¹	648	587	580	642	666	587	46,5	0,552	0,208	0,222	0,188		
min kg de MS ⁻¹	91,1	76,6	82,6	95,9	111	104	7,74	0,003	0,404	0,148	0,185		
min kg de FDN ⁻¹	357	298	297	298	301	279	30,3	0,578	0,723	0,062	0,012		
Ócio													
min dia ⁻¹	792	853	860	798	774	853	46,5	0,552	0,208	0,222	0,188		

¹OS = óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem caroço de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

O tempo destinado à ingestão de alimentos, expressos em min dia^{-1} ($P = 0,059$) ou em min kg MS^{-1} ($P = 0,092$), tendeu a diminuir em resposta ao aumento no teor de CA na dieta dos animais, o que está relacionado com a redução observada no CMS e CMO (Tabela 3).

Por outro lado, o tempo de ingestão, expresso em $\text{min kg de FDN}^{-1}$, reduziu ($P = 0,016$; efeito linear) devido à inclusão de CA na dieta. Esse comportamento era esperado em virtude do aumento no teor de FDN das dietas decorrente da inclusão de CA. Uma maior concentração de FDN na dieta fez com que o tempo de ingestão, quando expresso em kg dessa fração, fosse reduzido. Mesmo sem diferença significativa no consumo de FDN decorrente da inclusão de CA, observou-se um aumento numérico nessa variável o que provavelmente contribuiu para essa resposta significativa no comportamento dos animais.

Não foi observado efeito ($P = 0,981$) da inclusão de óleo de soja na dieta sobre o tempo de ingestão de alimentos em comparação aos animais alimentados com a dieta controle sem adição de CA, fato esse que está relacionado com a ausência de diferença de CMS entre esses dois tratamentos e ao mesmo consumo de FDN.

Por outro lado, mesmo com teores semelhantes de lipídios totais na dieta, os animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA apresentaram menor tempo de ingestão expressos tanto em min dia^{-1} ($P = 0,021$) quanto em min kg FDN^{-1} ($P = 0,001$) comparados aos animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja. Esse fato se justifica pelo maior teor de FDN na dieta contendo CA em comparação com a dieta contendo óleo de soja e, conseqüentemente, ao maior ($P = 0,025$) consumo de FDN pelos animais que receberam 32% de CA (2,39 kg) na dieta em comparação àqueles alimentados com a dieta contendo óleo de soja (1,86; Tabela 3).

O tempo de ruminação, expresso em kg MS^{-1} , aumentou linearmente ($P = 0,002$) em resposta à inclusão de CA na dieta dos animais, mesmo com a redução linear no CMS e CMO e mesmo com a ausência de efeito da inclusão de CA no consumo de FDN. Segundo Van Soest (1994), o tempo de ruminação é influenciado pela natureza da dieta e parece ser proporcional ao teor de parede celular dos volumosos.

O tempo de mastigação acompanhou o resultado observado para o tempo de ruminação. A inclusão de CA na dieta causou um aumento linear ($P = 0,003$) no tempo de mastigação expresso em kg MS^{-1} .

Os animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA apresentaram menor tempo de mastigação comparados com aqueles alimentados com a dieta contendo óleo de soja. Esse resultado está relacionado com o menor tempo de ingestão de alimentos, reflexo do menor CMS.

O tempo de ócio não foi afetado ($P > 0,05$) pelos tratamentos.

Grande parte dos efeitos observados no comportamento ingestivo dos animais são atribuídos às diferenças no teor e na composição química das forragens presentes na dieta. No presente estudo, a principal diferença entre os tratamentos foi o teor de FDN e lipídios totais da dieta. Apesar de diferenças no consumo de FDN não terem sido detectadas ao teor de significância de 5%, pode ser que somente o aumento numérico do consumo de FDN tenha sido suficiente para alterar o padrão de consumo dos animais.

Outra hipótese poderia estar relacionada com uma provável interação entre a elevação do teor de FDN com a elevação do teor de lipídios. Se a elevação do teor de lipídios da dieta compromettesse a digestibilidade da fração fibrosa, poderíamos especular que estaríamos favorecendo, indiretamente, uma maior efetividade da fibra, porém esse fato não pode ser suportado visto que a digestibilidade da FDN não foi afetada pela inclusão de CA na dieta.

Os dados referentes aos parâmetros ruminiais dos animais estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros ruminiais em bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais

Itens	Tratamentos ¹										Valor de P ³		
	OS	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32	EPM ²		Teores CA		OS vs. CA0	OS vs. CA32	
							L	Q	L	Q			
pH ruminal	6,37	6,28	6,44	6,54	6,65	6,56	0,066	< 0,001	< 0,05	0,329	0,061		
AGCC totais (mM)	102	105	94,4	87,0	79,8	79,3	4,26	< 0,001	0,188	0,562	< 0,001		
AGCC (mol 100 mol ⁻¹)													
Acetato	54,6	55,8	57,8	57,0	56,1	55,2	1,42	0,479	0,239	0,561	0,772		
Propionato	21,8	21,9	22,6	26,6	27,0	30,6	1,42	< 0,001	0,612	0,921	< 0,001		
Butirato	16,3	15,0	13,0	9,80	10,4	8,58	1,58	< 0,001	0,339	0,584	0,001		
Acetato:Propionato	2,66	2,64	2,62	2,22	2,23	1,88	0,179	0,001	0,674	0,941	< 0,005		
N-NH ₃ ruminal (mg dl ⁻¹)	8,19	7,32	7,15	8,70	7,60	8,61	0,647	0,195	0,929	0,374	0,646		
Protozoários (log ₁₀)	4,67	5,33	5,14	4,74	4,72	4,76	0,148	< 0,001	0,043	< 0,001	0,500		

¹OS = óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem caroço de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

O pH ruminal dos animais aumentou (efeito quadrático, $P < 0,05$) em resposta à inclusão de caroço de algodão nas dietas, atingindo valores máximos (pH = 7,2) com inclusões de 24,7% de CA na dieta. Esse efeito pode ser atribuído ao aumento numérico da fração fibrosa na dieta decorrente da elevação dos teores de CA. A redução do CMS dos animais ($P < 0,01$) devido à inclusão de CA na dieta não foi suficiente para reduzir o consumo de FDN ($P > 0,05$), que chegou a aumentar numericamente com a inclusão de CA, o que pode ter contribuído para manter o pH ruminal dos animais em valores relativamente elevados.

Outro fator relacionado com a elevação dos valores de pH ruminal pode estar associado com o aumento da atividade de ruminação (Tabela 4), expressa em min kg MS^{-1} . De acordo com Allen (1997), a elevação do pH está relacionada com o aumento no tempo de ruminação, que favorece a produção de tamponantes contribuindo para a elevação do pH ruminal.

Os animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA apresentaram valores de pH ruminal superiores àqueles alimentados com a dieta contendo óleo de soja, fato esse que pode estar relacionado com o maior consumo de FDN, conforme apresentado na Tabela 3.

O inclusão de óleo de soja na dieta não afetou ($P = 0,329$) o pH ruminal dos animais em comparação com a dieta controle sem CA. Para Schroeder *et al.* (2003), o pH ruminal não foi afetado pela suplementação de gordura na dieta.

Houve interação entre tratamento e tempo de colheita ($P < 0,001$) para os valores de pH ruminal (Figura 1). De maneira geral, os animais alimentados com dietas contendo teores de CA maiores que 8% apresentam valores de pH ruminal mais elevados, principalmente nos tempos de avaliação 0, 2, 10, 16, 20 e 24 horas após o fornecimento das dietas. Além disso, podemos observar que os animais alimentados com a dieta controle, sem CA, apresentaram valores de pH mais baixos que os demais tratamentos 10 horas após o fornecimento das dietas. Valores mínimos de pH ruminal em bovinos confinados alimentados uma única vez ao dia também foram observados por volta de 10 horas após o fornecimento da dieta por Goulart (2010).

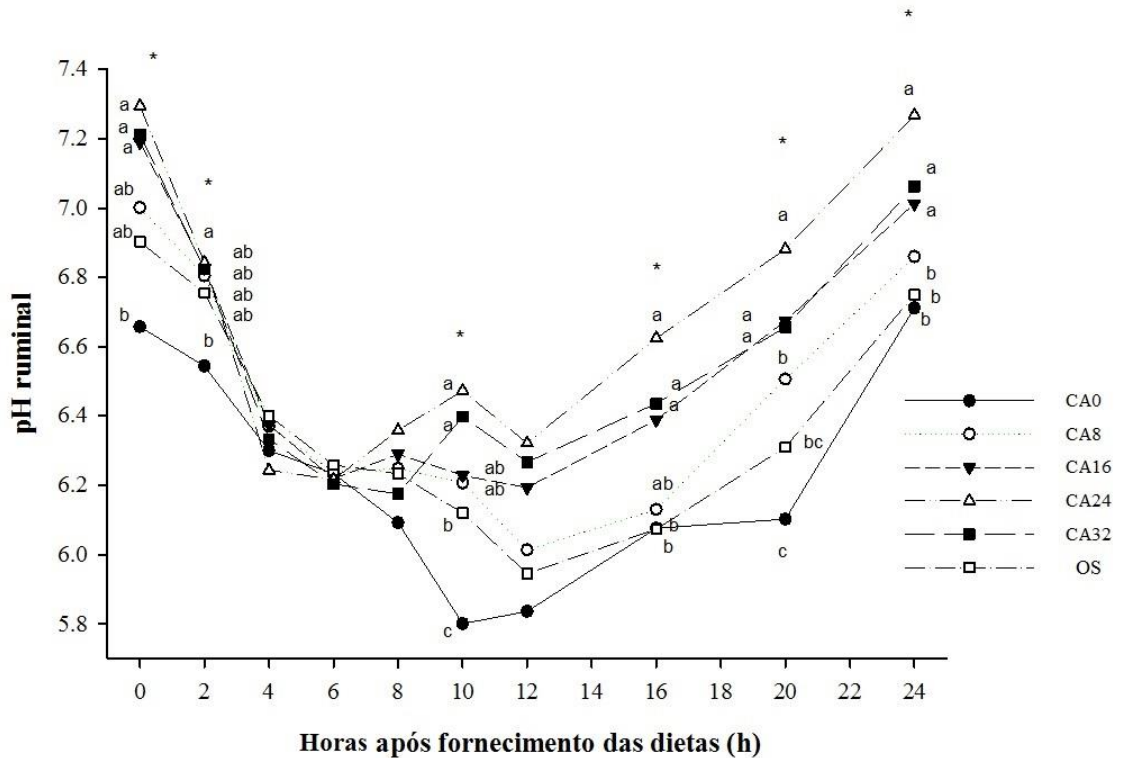
A produção total de ácidos graxos de cadeia curta reduziu ($P < 0,001$; efeito linear) devido à inclusão de CA na dieta. Esse fato está relacionado com a redução no CMS e CMO apresentados na Tabela 3.

A redução na produção total de AGCC também pode estar relacionada com a redução na quantidade de milho decorrente da elevação no teor de CA da dieta.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos tratamentos sobre a proporção molar de acetato no rúmen. Esse fato está de acordo com a ausência de efeito dos tratamentos sobre a digestibilidade da FDN. Bateman e Jenkins (1998), por exemplo, atribuíram a redução na proporção de acetato em animais suplementados com óleo de soja à digestibilidade da fração fibrosa como responsável por grande parte da produção do acetato. Os resultados desse experimento não suportam esses argumentos visto que a inclusão de óleo de soja não reduziu o CMS, a digestibilidade da FDN e nem a proporção molar de acetato em comparação à dieta controle sem CA.

O aumento linear ($P < 0,001$) na proporção molar propionato devido ao aumento no teor de CA da dieta pode estar relacionado com a redução da proporção molar de butirato ($P < 0,001$; efeito linear) e redução no número de protozoários no conteúdo ruminal (efeito quadrático, $P = 0,043$). Os protozoários contribuem significativamente para a produção de butirato no rúmen (EUGÈNE et al., 2004) através da fermentação do lactato à butirato (WILLIAMS; COLLEMAN, 1997). A redução do número de protozoários no rúmen decorrente do aumento do teor de lipídios na dieta foi observada por Pena et al. (1986). Jouany et al. (1981) também reportaram aumento na concentração de propionato, redução na concentração de ácido butírico e manutenção dos valores de ácido acético em ovinos defaunados.

Figura 1 - Valores médios de pH ruminal de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais



* diferença significativa entre as dietas ($P < 0,05$) dentro da mesma hora de avaliação.

^{abc} médias seguidas por letras iguais dentro do mesmo horário de avaliação não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

A concentração de N-NH₃ no conteúdo ruminal dos animais não foi afetada pelos tratamentos ($P > 0,05$). Esse fato pode estar relacionado com a ausência de efeito dos tratamentos sobre o consumo e a digestibilidade da PB.

A inclusão de CA na dieta dos animais não afetou ($P > 0,05$) a concentração de insulina plasmática dos animais (Tabela 6). Geralmente, o aumento na concentração de insulina está relacionado com uma elevação no CMS ou no consumo de ingredientes com baixo teor de fibra, que contribuem para uma maior produção de propionato no rúmen (PALMQUIST; CONRAD, 1971; DHIMAN et al., 1991). Vale lembrar que nesse estudo, entretanto, mesmo elevando o teor de fibra na dieta devido à inclusão de CA, a proporção molar de propionato aumentou sem, entretanto, ser suficiente para elevar o teor de insulina no sangue.

Tabela 6 - Concentrações plasmáticas de insulina em bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais

Ítems	Tratamentos ¹						EPM ²	Valor de P ³			
	OS	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32		Teores de CA L	Q	OS vs. CA0	OS vs. CA32
Insulina, u UI ml ⁻¹	19,4	18,4	20,4	22,8	26,3	18,9	2,204	0,441	0,099	0,920	0,844

¹OS = óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem caroço de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

Tabela 7 - Eficiência do uso de nitrogênio por bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais

Itens	Tratamentos ¹							EPM ²	Teores de CA		Valor de P ³	
	OS	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32	L		Q	OS vs. CA0	OS vs. CA32	
	N ingerido, g d ⁻¹	132	148	137	132	121	126		0,086	0,473	0,295	0,650
N fezes, g dia ⁻¹	37,2	44,4	39,9	43,0	36,5	35,9	0,018	0,885	0,054	0,688		
N absorvido, g dia ⁻¹	95,4	104	97,4	89,1	84,1	90,6	0,186	0,395	0,513	0,687		
N urina, g dia ⁻¹	17,1	17,2	27,5	27,1	25,9	20,7	0,734	0,163	0,990	0,614		
N retido, g dia ⁻¹	78,3	83,1	70,0	62,0	58,3	69,7	0,241	0,176	0,680	0,521		
N retido, % N absorvido	82,2	82,1	71,5	68,5	72,7	78,9	0,990	0,094	0,805	0,856		
N retido, % N ingerido	59,1	57,2	50,7	47,9	50,9	57,4	0,760	0,125	0,972	0,721		
Síntese de N Mic, g d ⁻¹	49,8	59,2	42,8	45,6	39,0	32,3	0,011	0,605	0,346	0,088		

¹OS = óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem caroço de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

Os resultados relativos à eficiência do uso de nitrogênio estão apresentados na Tabela 7.

A quantidade de nitrogênio ingerido não diferiu entre os tratamentos ($P > 0,05$), fato relacionado ao teor semelhante de PB das dietas (Tabela 2) e ao consumo semelhante de PB apresentado pelos animais (Tabela 3).

A inclusão de CA na dieta dos animais reduziu linearmente ($P = 0,018$) a excreção de N através das fezes dos animais. Esse resultado não era esperado, uma vez que o consumo de PB não diferiu entre os tratamentos e a digestibilidade da PB também não foi afetada.

Mesmo assim, não foi observado efeito dos tratamentos ($P > 0,05$) para os valores de N absorvido, N urina e N retido.

A síntese de proteína microbiana (Pmic) reduziu linearmente ($P = 0,011$) em resposta à inclusão de CA na dieta, fato esse que pode ser explicado pelo menor CMS e CMO dos animais, o que reduziu a quantidade de substrato fermentescível e o crescimento microbiano no rúmen. De acordo com Russell *et al.* (1992), os principais fatores que poderiam reduzir a síntese de Pmic seriam o desbalanço da proteína degradável no rúmen (PDR) e a quantidade de substrato fermentável.

Zinn e Pascencia (1993), ao trabalharem com inclusões de 20% de CA para bovinos confinados, observaram um aumento na síntese de N microbiano, porém o CMS dos animais não foi afetado pela inclusão de CA, da mesma forma como foi observado no presente estudo.

O índice de seleção dos animais (variável descritiva) está apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Índice de seleção do caroço de algodão (CA) e da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) observado no experimento

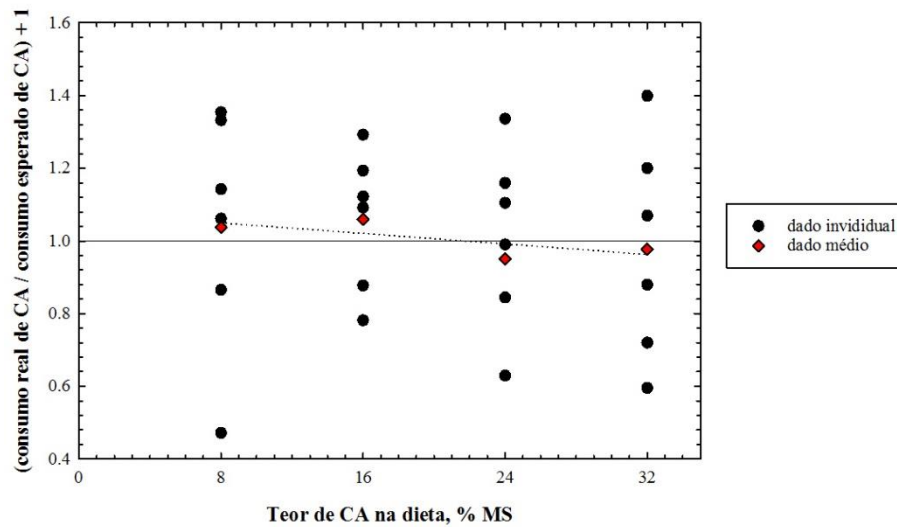
Itens	Tratamentos ¹				
	CA8	CA16	CA24	CA32	CA32
Teor de CA ofertado (%) – % CA de cada tratamento	8,00	16,0	24,0	32,0	32,0
Teor de CA nas sobras (%) – separação manual: kg CA na sobra/kg sobra	7,70	15,1	23,7	32,7	32,7
Índice de seleção do CA ²	1,04	1,06	1,01	0,98	0,98
Teor de FDN ofertado (%) – analisado quimicamente	29,0	33,4	38,2	40,3	40,3
Teor de FDN nas sobras (%) – analisado quimicamente	25,6	29,6	34,8	37,8	37,8
Índice de seleção FDN ³	1,12	1,11	1,09	1,06	1,06

¹CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²Consumo real de CA (diferença entre kg CA na oferta e kg CA na sobra de CA) / consumo esperado (teor de CA da oferta).

³Consumo real de FDN (diferença entre kg FDN na oferta e kg FDN na sobra / consumo esperado (teor de FDN da oferta).

Figura 2 - Índice de seleção do caroço de algodão



- Pontos localizados acima da linha (>1) refletem seleção positiva do CA; pontos localizados abaixo da linha (<1) representam seleção negativa do CA e pontos localizados sobre a linha ($=1$) indicam ausência de seleção do CA pelos animais. O consumo real representa a diferença entre a oferta e a sobra de CA e o consumo esperado representa o teor de CA da oferta.

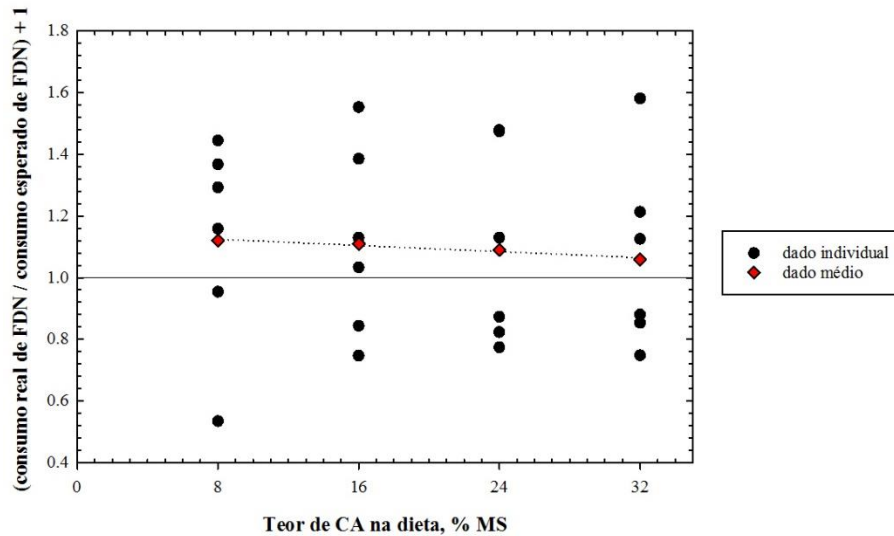
De maneira geral, observamos que existe uma variação considerável no consumo e seleção de CA pelos animais (Figura 2 e Figura 3). Essa variação individual expressiva pode comprometer resultados obtidos em trabalhos com um número pequeno de animais.

Mesmo assim, podemos perceber que apesar dessa grande variação individual, os animais parecem selecionar positivamente o CA quando sua inclusão na dieta é baixa (até 16%), como uma forma de buscar a fração fibrosa em dietas contendo elevados teores de concentrado.

À medida que o teor de CA na dieta aumenta, essa resposta parece ser diferente, com os animais ingerindo a mesma % ofertada ou menor de CA.

Na média, podemos observar que não existe uma grande seleção do CA pelos animais, lembrando que a variação individual é bem expressiva nesse tipo de avaliação e que trabalhamos com um pequeno número de animais.

Figura 3 - Índice de seleção da fração FDN



- Pontos localizados acima da linha (>1) refletem seleção positiva da fração FDN; pontos localizados abaixo da linha (<1) representam seleção negativa da fração FDN e pontos localizados sobre a linha ($=1$) indicam ausência de seleção da fração FDN pelos animais. O consumo real representa a diferença entre a oferta e a sobra de FDN e o consumo esperado representa o teor de FDN da oferta.

A utilização do teor de FDN para estimar o índice de seleção dos animais nos forneceu uma boa noção do comportamento que já havia sido observado através da separação manual do CA, o que indica que essa pode ser uma ferramenta para auxiliar nesse tipo de determinação e evitar o processo laborioso de separação individual dos grãos.

3.4 CONCLUSÕES

A inclusão de caroço de algodão em dietas contendo elevados teores de concentrado para bovinos confinados deve ser realizada com cautela. Apesar de poucos efeitos adversos sobre a digestibilidade dos nutrientes terem sido observados, o CMS dos animais foi reduzido drasticamente em resposta ao aumento dos teores de CA e, conseqüentemente, baixos desempenhos podem ser observados.

A elevação do teor de lipídios totais da dieta para 6,1% da MS, devido a inclusão de óleo de soja, não afetou o consumo nem a digestibilidade da MS dos animais.

Os efeitos negativos dos lipídios sobre a fração fibrosa da dieta, decorrente da inclusão de CA, não foram observados nesse trabalho e, por isso, a redução no CMS dos animais não está associada à redução da digestibilidade da fibra.

A seleção do CA pelos animais deve ser considerada, principalmente em estudos que envolvem pequeno número de animais, devido a grande variação que pode ocorrer no consumo de CA entre os animais.

REFERÊNCIAS

- AHVENJÄRVI, S.; VANHATALO, A.; HUHTANEN, P.; VARIKKO, T. Determination of reticulo-rumen and whole stomach digestion in lactating cows by omasal canal or duodenal sampling. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 83, n. 6, p. 67-77. 2000.
- ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, n. 8, p. 1447-1462, 1997.
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 83, n. 7, p. 1598-1624, 2000.
- ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 72, p. 97-110, 1998.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC.). **Official methods of analysis**. 16. ed. Washington: AOAC, 1995.
- BARBOSA, A. M.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; DETMANN, E.; LEÃO, M. I. Endogenous fraction and urinary recovery of purine derivatives obtained by different methods in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 89, n. 2, p. 510-519, 2011.
- BATEMAN, H. G.; JENKINS, T. C. Influence of soybean oil in high fiber diets fed to nonlactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutrient digestibility. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 81, n. 9, p. 2451-2458, 1998.
- BRODERICK, G. A.; REYNAL, S. M. Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, Lancaster, v. 92, n. 6, p. 2822-2834, 2009.
- CALHOUN, M. C.; KUHLMANN, S. K.; BALWIN, B. C. Assessing the gossypol status of cattle fed cotton feed products. In: PACIFIC NORTHWEST ANIMAL NUTRITION CONFERENCE, 1995. **Proceedings...** 1995. p. 147-158.
- CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES, S. C.; VALADARES FILHO, R. F. D.; CHIZZOTTI, F. H. M.; TEDESCHI, L. O. Determination of creatinine excretion and evaluation of spot urine sampling in Holstein cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 113, n. 2-3, p. 218-225, 2008.
- COPPOCK, C. E.; WILKS, D. L. Supplemental fat in high energy rations for lactating cows: Effects on intake, digestion, milk yield, and composition. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 69, n. 9, p. 3826-3837, 1991.
- CRANSTON, J. J.; RIVERA, J. D.; GALYEAN, M. L.; BRASHEARS, M. M.; BROOKS, J. C.; MARKHAM, C. E.; McBETH, L. J.; KREHBIEL, C. R. Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 84, n. 8, p. 2186-2199, 2006.

CZAUDEANA, M.; KOWALCZYK, J. Quantification of allantoin, uric acid, xanthine and hypoxanthine in ovine urine by high-performance liquid chromatography and photodiode array detection. **Journal of Chromatography B: biomedical sciences and applications**, Amsterdam, v. 744, n. 1, p. 129-38, 2000.

DEHORITY, B. A. **Laboratory manual for classification and morphology of rumen ciliate protozoan**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 96 p.

DHIMAN, T. R.; KLEINMANS, J.; TESSMANN, N. J.; RADLOFF, H. D.; VAN EVERT, P.; SATTER, L. D. Effect of dietary forage:grain ratio on blood constituents in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, n. 8, p. 2691-2695, 1991.

DIAS, M. **Indicadores na coleta de digesta omasal e na cinética de trânsito do trato gastrintestinal de bovinos**. 2009. 96 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

EUGÈNE, M.; ARCHIMEDE, H.; SAUVANT, D. Quantitative meta-analysis on the effects of defaunation of the rumen on growth, intake and digestion in ruminants. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 85, n. 1, p. 81-97, 2004.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. **Journal Biological Chemistry**, Bethesda, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1956.

GALVANI, D. B.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; GOUVÊA, V. N.; BERNDT, A.; CHAGAS, L. J.; DÓREA, J. R. R.; ABDALLA, A. L.; TEDESCHI, L. O. Energy efficiency of growing ram lambs fed concentrate-based diets with different roughage sources. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 92, n. 1, p. 250-263, 2014.

GOULART, R. C. D. **Avaliação de antimicrobianos como promotores de crescimento via mistura mineral para bovinos de corte em pastejo**. 2010. 200 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

HUERTA-LEIDENZ, N. O.; CROSS, H. R.; LUNT, D. K.; PELTON, L. S.; SAVELL, J. W.; SMITH, S. B. Growth, carcass traits, and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 69, n. 9, p. 3665-3672, 1991.

HUHTANEN, P.; BROTZ, P. G.; SATTER, L. D. Omasal sampling technique for assessing fermentative digestion in the forestomach of dairy cows. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 75, n. 5, p. 1380-1392, 1997.

HUHTANEN, P.; KUKKONEM, U. Comparison of methods, markers, sampling sites and models for estimating digesta passage kinetics in cattle fed at two levels of intake. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 52, n. 1/2, p. 141-158, 1995.

JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993.

JOUANY, J. P.; ZAINAB, B.; SENAUD, J.; GROLIERE, C. A.; GRAIN, J.; TRIVEND, P. Role of the rumen ciliate protozoa *Polyplastron multivesiculatum* and *Entodinium* spp. and *Isotricha prostoma* in the digestion of a mixed diet in sheep. **Reproduction and Nutrition Development**, Les Ulis, v. 21, n. 6A, p. 871–884, 1981.

KEELE, J. W.; ROFFLER, R. E.; BEYERS, K. Z. **Ruminal Metabolism in Nonlactating Cows Fed Whole Cottonseed or Extruded Soybeans**. *Journal of Animal Science*, Albany, v. 67, n. 6, p. 1612-1622, 1989.

MAEKAWA, M.; BEAUCHEMIN, K. A.; CHRISTENSEN, D. A. Chewing activity, saliva production, and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, n. 5, p. 1176-1182, 2002.

MOORE, J. A.; SWINGLE, R. S.; HALE, W. H. Effects of Whole Cottonseed, Cottonseed Oil or Animal Fat on Digestibility of Wheat Straw Diets by Steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, n. 4, p. 1267-1273, 1986.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, D.C.: NRC, 2001. 381 p.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 5. ed. São Paulo, Savier: ArtMed, 2011. 1274 p.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 64-75, 2014.

PALMQUIST, D. L., CONRAD, H. R. Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high grain or high fat diets. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 54, n. 7, p. 1025–1033, 1971.

PANTOJA J.; FIRKINS, J. L.; EASTRIDGE, M. L.; HULL, B. L. Effects of fat saturation and source of fiber on site of nutrient digestion and milk production by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 77, n. 8, p. 2341–2356, 1994.

PENA, F.; TAGARI, H.; SATTER, L. D. The effect of heat treatment of whole cottonseed on site and extent of protein digestion in dairy cows. **Journal of Animal Science**, Lancaster, v. 62, n. 5, p. 1423-1433, 1986.

PUNIA, B. S.; LEIBHOLZ, J.; FAICHNEY, G. Effects of level of intake and urea supplementation of alkali-treated straw on protozoal and bacterial nitrogen synthesis in the rumen and partition of digestion in cattle. **American Journal Agricultural Research**, v. 39, n. 1, p. 1181-1194, 1988.

REVENEAU, C.; KARNATI, S. K. R.; OELKER, E. R.; FIRKINS, J. L. Interaction of unsaturated fat or coconut oil with monensin in lactating dairy cows fed 12 times daily. I. Protozoal abundance, nutrient digestibility, and microbial protein flow to the omasum. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 95, n. 4, p.2046-2060, 2012.

RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, n. 12, p. 3551-3561, 1992.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: statistics; version 9.1.3. Cary: SAS, 2003. 965 p.

SCHROEDER, M. M.; SOITA, H. W.; CHRISTENSEN, D. A.; KHORASANI, G. R.; KENNELLY, J. J. Effect of total mixed ration particle size on rumen pH, chewing activity and performance in dairy cows. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Gwanak-gu, v. 16, n. 1. p. 1755-1762, 2003.

SOUZA, R. A. **Caroço de algodão moído na alimentação de cordeiros(as) em confinamento**. 2014. 102 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

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

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

WEISS, W. P.; CONRAD, H. R.; PIERRE, R. S. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. s.1-2, p. 95-119, 1992.

WILES, P. G.; GRAY, I. K.; KISSLING, R. C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas Methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

WILLIAMS, A. G.; COLEMAN, G. S. The rumen protozoa. In: HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. (Ed.). **The rumen microbial ecosystem**. 2nd ed. London: Blackie Academic and Professional, 1997. p. 73-139.

ZINN, R. A.; PLASCENCIA, A. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 71, n. 1, p. 11-17, 1993.

4 CAROÇO DE ALGODÃO EM DIETAS CONTENDO ALTO TEOR DE CONCENTRADO PARA BOVINOS NELORE TERMINADOS EM CONFINAMENTO: DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DA CARÇAÇA E DA CARNE

RESUMO

Caroço de algodão em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos Nelore terminados em confinamento: desempenho, características da carcaça e da carne

O caroço de algodão (CA) é o principal subproduto utilizado nas dietas fornecidas para bovinos confinados no Brasil. A manipulação da composição de ácidos graxos da carne, através de estratégias nutricionais com o objetivo de se obter produtos com maiores teores de AG insaturados, pode comprometer aspectos como o sabor e aroma em animais alimentados com ingredientes ricos em lipídios. Esse trabalho objetivou avaliar os efeitos que a inclusão de CA em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos Nelore terminados em confinamento pode ter sobre o desempenho animal e as características da carcaça e da carne. Foram utilizados 280 bovinos machos, da raça Nelore, peso médio inicial de 349 ± 33 kg, distribuídos em 40 baias. O delineamento utilizado foi blocos incompletos casualizados. Foram avaliados 5 teores de inclusão (0, 8, 16, 24 e 32%) de caroço de algodão (CA) em dietas contendo 87% de concentrado (tratamentos CA0, CA8, CA16, CA24 e CA32, respectivamente), além de uma dieta contendo o mesmo teor de lipídios totais da dieta CA32, porém sem a inclusão de CA, utilizando óleo de soja (tratamento OS). A inclusão de caroço de algodão elevou o peso final dos animais de forma quadrática ($P < 0,001$) com o máximo peso final obtido com inclusões de 7,6% de CA. A inclusão de CA na dieta reduziu o CMS dos animais ($P < 0,001$). A inclusão de óleo de soja reduziu o CMS dos animais ($P < 0,05$) durante todos os períodos avaliados (adaptação, tratamento e confinamento total) em comparação com o tratamento CA0. A inclusão de CA na dieta elevou o GPD dos animais de forma quadrática ($P < 0,001$). O máximo GPD foi observado com 8% de inclusão de CA na dieta. A EA dos animais aumentou ($P < 0,05$; efeito quadrático) devido à inclusão de CA na dieta. Na média, a máxima EA ocorreu com 14,5% de CA na dieta. De maneira geral, e de acordo com o que foi observado com os dados de desempenho animal, as características da carcaça (PQC, RC, AOL e EGS) também apresentaram resposta quadrática ($P < 0,05$) à inclusão de CA na dieta. Comparado ao tratamento CA0, a inclusão de óleo de soja não afetou nenhuma das características da carcaça avaliadas ($P > 0,05$). O teor de umidade, PB e cinzas da carne aumentou ($P < 0,05$; efeito quadrático) em resposta à inclusão de CA na dieta. As características químicas da carne não diferiram ($P > 0,05$) entre os animais alimentados com dietas contendo 32% de CA quando comparados com os alimentados com óleo de soja. A oxidação dos lipídios (TBARS) apresentou redução (efeito quadrático; $P = 0,035$) devido à inclusão de CA na dieta. Na avaliação sensorial da carne assada, realizada através do painel consumidor, não foram observados efeitos dos tratamentos sobre o sabor, odor e aceitabilidade geral da carne ($P > 0,05$). Na avaliação das características organolépticas da carne realizada pelos provadores treinados também não foram observados efeitos dos tratamentos sobre o odor, sabor e aceitabilidade geral ($P > 0,05$). A inclusão de CA na dieta reduziu linearmente ($P = 0,045$) a maciez da carne assada e, na comparação com os animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA, a inclusão de óleo de soja na dieta aumentou a maciez da carne ($P = 0,031$). A inclusão de teores de CA na dieta acima de 15% da MS reduz a eficiência alimentar dos animais. A inclusão de até 32% de CA não comprometeu as características organolépticas da carne assada.

Palavras-chave: Algodão. Bovinos. Carne. Lipídios totais. Odor. Sabor. Sub-produtos.

ABSTRACT

Whole cottonseed in high concentrate diets for finishing Nellore cattle: performance, carcass characteristics and meat quality

Whole cottonseed (WC) is the primary by-product used in feedlot diets for beef cattle in Brazil. Nutritional practices to improve meat quality (ex. increase levels of unsaturated FA) can impair aspects such as taste and flavor of beef meat. This experiment was conducted to determine the effects of levels of inclusion of WC in high concentrate diets for finishing Nellore bulls on performance, carcass characteristics and meat quality. A total of 280 Nellore bulls (initial BW = 349 ± 33 kg) were allotted in 40 pens. The statistical design was randomized incomplete blocks. Were evaluated 5 levels of inclusion of WC (0, 8, 16, 24 and 32% DM basis) in diets containing 87% concentrate (treatments WC0, WC 8, WC16, WC24 and WC32 respectively). Also, it was evaluated a diet containing the same amount of total fat content of WC32 but with no WC and using soybean oil (SO treatment). Increasing the inclusion rate of WC quadratically increased the final BW ($P < 0.001$). The maximum final BW were obtained with 7.6% of inclusion of WC. Increasing levels of WC decreased DMI ($P < 0.001$). Adding SO also decreased DMI ($P < 0.05$) compared with WC0. Increasing the inclusion rate of WC quadratically increased the ADG, G:F, HCW, dressing percent, LM area and 12-rib fat ($P < 0.05$). The maximum ADG were obtained with 8% of inclusion of WC. On the other hand, the maximum G:F was obtained with 14.5% of WC. Compared with WC0, the SO inclusion did not affect carcass characteristics ($P > 0.05$). The inclusion of WC quadratically affect meat composition ($P < 0.05$). Compared with CA32, the inclusion of SO in the diet did not affect the meat composition. Increasing WC in the diets quadratically decrease ($P = 0.035$) lipid oxidation. No effects were observed in the sensorial evaluation – flavor, taste and overall acceptability – by the costumers ($P > 0.05$). Training sensory panelists also did not find differences between the treatments for flavor and taste. Increasing WC linearly decreased the tenderness ($P = 0.045$). Compared with CA32, the inclusion of SO increased meat tenderness ($P = 0.031$). The inclusion of WC in the diets should be made carefully, since levels of WC above 15% decrease G:F. However, adding up to 32% of WC did not affect meat quality.

Key Words: Beef cattle. Byproducts. Cottonseed. Flavor. Meat. Taste. Total fat.

4.1 INTRODUÇÃO

O caroço de algodão (CA) é o principal subproduto utilizado nas dietas fornecidas para bovinos confinados no Brasil (OLIVEIRA; MILLEN, 2014). De acordo com Cranston et al. (2006), devido à sua boa quantidade de fibra, lipídios e proteína, ele pode ser utilizado com o objetivo de reduzir os custos de alimentação como substituto de vários ingredientes tradicionais.

A utilização de ingredientes que apresentam elevados teores de lipídios na dieta de ruminantes, por sua vez, sempre foi realizada com bastante cautela pelos nutricionistas, devido a alguns efeitos adversos na fermentação ruminal (DEVENDRA; LEWIS, 1974; PALMQUIST; JENKINS, 1980; VAN NEVEL; DEMEYER, 1988; JENKINS, 1993; SULLIVAN et al., 2005) e, conseqüentemente, no desempenho animal (MOORE et al., 1986; BROSH et al., 1989; COSTA et al., 2011).

Por outro lado, a manipulação das características da carne dos animais ruminantes, principalmente a composição de ácidos graxos, através de estratégias nutricionais e alimentares tem sido frequentemente avaliada (BESSA et al., 2005; GOROCICA-BUENFIL et al., 2007; BAS et al., 2007; RADUNZ et al., 2009) com o objetivo de se obter produtos com maiores teores de AG insaturados. Porém, outros aspectos como o sabor e aroma da carne de animais alimentados com ingredientes ricos em lipídios também já foram objeto de estudos uma vez que alterações nessas características já foram observadas em animais alimentados com esse tipo de ingrediente (PESCE, 2008; COSTA et al., 2011; SOUZA, 2014).

Esse trabalho objetivou avaliar os efeitos que a inclusão de teores de caroço de algodão em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos Nelore terminados em confinamento pode ter sobre o desempenho animal e as características da carcaça e da carne.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Local do experimento

O experimento foi realizado nas instalações experimentais para bovinos de corte do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”,

Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP, no período de julho a novembro de 2014, totalizando 133 dias de período experimental (21 dias de adaptação seguidos de 112 dias de fornecimento das dietas finais). Todos os procedimentos utilizados foram aprovados pelo Comitê de Ética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/USP) sob o protocolo de número 2805/2012.

4.2.2 Animais, delineamento e dietas experimentais

Foram utilizados 280 bovinos machos, não castrados, da raça Nelore, com aproximadamente 30 meses de idade e peso médio inicial de 349 ± 33 kg.

No início do período experimental (d 1) os animais foram pesados após 16 horas de jejum alimentar, desverminados (Dectomax[®], Zoetis Saúde Animal, São Paulo, Brasil; e Ricobendazole[®], Ouro Fino Saúde Animal, São Paulo, Brasil), vacinados contra clostridioses (Sintoxan[®], Merial Saúde Animal, São Paulo, Brasil) e distribuídos nos respectivos blocos de acordo com o peso inicial. Os animais foram mantidos em 40 baias coletivas (sete animais/baia) de 32 m² cada, parcialmente cobertas e com piso de concreto. Foram formados sete blocos - seis blocos completos e um bloco incompleto.

Os animais foram adaptados gradualmente às dietas finais durante 21 dias, iniciando-se com o fornecimento de uma dieta contendo 30% de bagaço de cana-de-açúcar *in natura*. Durante esse período também foi realizado o incremento gradativo de CA para aqueles animais que seriam alimentados com dietas contendo algum teor de CA. Somente ao final do período de adaptação (d 22) todos os animais receberam as dietas finais contendo 87% de concentrado com seus respectivos teores de CA.

As dietas experimentais foram formuladas com base na composição da matéria seca, utilizando o NRC (1996), visando suprir as exigências de bovinos Nelore em fase de terminação e conterem a mesma quantidade de proteína bruta (Tabela 10).

Foram avaliados 5 teores de inclusão (0, 8, 16, 24 e 32%) de caroço de algodão (CA) em dietas contendo 87% de concentrado (tratamentos CA0, CA8, CA16, CA24 e CA32, respectivamente). Além disso, foi avaliada uma dieta contendo o mesmo teor de lipídios totais da dieta CA32, porém sem a inclusão de caroço de algodão, utilizando óleo de soja (tratamento OS).

A Tabela 9 apresenta a composição química dos ingredientes utilizados no preparo das dietas experimentais.

Tabela 9 - Composição química (% MS) dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Ítem ¹	Bagaço de cana-de-açúcar <i>in natura</i>	Milho moído	Caroço de algodão	Farelo de soja	Óleo de soja	Melaço de cana-de-açúcar
MS, g 100g ⁻¹	53,2	87,9	90,0	87,41	-	72,5
MO	94,5	98,4	96,2	93,3	-	87,9
PB	3,01	9,74	24,1	45,5	-	4,60
FDN	71,0	17,9	48,4	15,9	-	-
FDA	41,9	5,23	31,3	9,52	-	-
LIG	7,05	1,13	9,54	0,41	-	-
Lipídios totais	0,46	3,98	15,9	1,79	99,9*	-
MM	5,35	1,57	3,63	6,42	-	12,1
NDT ^{**}	48,9	85,7	77,8	80,9	-	82,5

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; LIG = lignina; MM = matéria mineral, NDT = nutrientes digestíveis totais.

*NRC, 1996.

**Calculado através da metodologia proposta por Weiss *et al.* (1992) utilizando os valores das análises químicas dos ingredientes (NRC, 2001).

Tabela 50 - Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes (%MS)	Tratamentos ¹					
	OS	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32
Bagaço de cana-de-açúcar <i>in natura</i>	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Milho moído	72,1	76,9	71,4	64,6	58,3	50,7
Caroço algodão	-	-	8,00	16,0	24,0	32,0
Farelo de soja	5,00	5,00	2,50	1,50	-	-
Ureia	1,70	1,60	1,60	1,40	1,20	0,80
Núcleo mineral ²	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Óleo de soja	4,70	-	-	-	-	-
Melaço de cana-de-açúcar ³	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Composição química ⁴ , % MS						
MS ⁵ , g kg ⁻¹	79,2	83,3	83,5	83,7	83,8	84,0
MO	91,3	96,0	95,9	95,8	95,7	95,5
PB	14,7	14,7	15,0	15,2	15,3	15,3
FDN	22,9	23,8	26,3	28,8	31,3	33,8
FDA	9,70	9,94	11,9	14,0	16,0	18,1
LIG	1,75	1,81	2,50	3,18	3,86	4,54
Lipídios totais	7,71	3,21	4,18	5,13	5,62	6,39
MM	3,89	3,97	4,01	4,13	6,10	7,03
Nutrientes Digestíveis Totais ⁶ , %	82,0	78,0	77,4	77,0	76,7	76,3

¹OS – óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem caroço de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²Composição por kg: matéria mineral (mín) 920g; cálcio (mín) 200g; cálcio (máx) 220; fósforo (mín) 22g; magnésio (mín) 7000mg; enxofre (mín) 25g; cobre (mín) 800mg; cobalto (mín) 45mg; iodo (mín) 45mg; manganês (mín) 800mg; selênio (mín) 12mg; zinco (mín) 1900mg; ferro (mín) 1200mg; sódio (mín) 40g; flúor (máx) 220mg; monensina sódica 1000mg.

³Adicionado na dieta considerando 100% de MS.

⁴MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; LIG = lignina; MM = matéria mineral.

⁵MS estimada considerando o teor de MS de cada ingrediente - sem levar em consideração a inclusão de água que ajustou todas as dietas para o teor de MS de 75%.

⁶Estimado pelo NRC (1996) utilizando os valores das análises químicas dos ingredientes conforme metodologia proposta por Weiss *et al.* (1992) através do NRC (2001).

4.2.3 Manejo alimentar

Os animais foram alimentados diariamente às 8 horas utilizando vagão misturador equipado com balança eletrônica (Totalmix[®] 1500, Casale, São Carlos, Brasil). A ração foi fornecida na forma de mistura total em quantidade suficiente para permitir entre 5% e 10% de sobras que eram retiradas semanalmente, pesadas, amostradas em 10% do total, compostas

por tratamento e congeladas (-20° C) para posterior determinação do teor de MS e avaliação do consumo. O farelo de soja, a ureia, o suplemento mineral, o óleo de soja e o melaço de cana-de-açúcar foram pesados manualmente em balança eletrônica (LS100, Marte Científica, São Paulo, Brasil). O milho, caroço de algodão e o bagaço de cana-de-açúcar foram pesados diretamente no vagão misturador.

A matéria seca da dieta foi fixada em 75%, garantida com a inclusão da mistura de água com melaço de cana-de-açúcar (2% na MS das dietas). A água foi adicionada ao melaço em quantidades variáveis, dependendo do teor de MS dos ingredientes, principalmente do bagaço de cana-de-açúcar, que foi determinado uma vez por semana em estufa com circulação de ar (105° durante 12 horas).

Os bebedores foram drenados e lavados semanalmente. O piso das baias também foi limpo a cada sete dias.

4.2.4 Amostragem e análise bromatológica dos ingredientes e das sobras

Amostras dos ingredientes utilizados no preparo das dietas e das sobras (aproximadamente 200 g) foram colhidas semanalmente e armazenadas a -20° C. Ao final do experimento, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente, homogeneizadas, pré-secas a 55° C por 72 horas em estufa com circulação de ar (MA 035/5, Marconi Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, Brasil) e moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm (MA680, Marconi Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, Brasil). O caroço de algodão (ingrediente) foi moído em moinho de bola com câmara fechada (MA350, Marconi Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, Brasil).

As amostras foram analisadas para matéria seca (MS) e cinzas (MM) conforme AOAC (1995). O teor de proteína bruta (PB) foi obtido mediante combustão das amostras segundo método Dunas, usando-se um auto-analisador de nitrogênio marca LECO[®], (WILES et al., 1998). Os lipídios totais foram determinados de acordo com Folch et al. (1956). Os teores da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinados de acordo com método proposto por Van-Soest et al. (1991), adaptado para o uso do sistema Ankon Fiber Analyser[®] (Ankon Technology Coporation,

Fairport, NY). Na determinação da fração FDN foram incluídos o sulfito de sódio e a amilase termoestável e, na determinação da lignina, solução de H₂SO₄ 72% (Tabela 9).

4.2.5 Determinação do desempenho animal

Os animais foram pesados individualmente após jejum alimentar de 16 horas ao início (d 1), ao final do período de adaptação (d 21) e ao final do experimento (d 133) utilizando balança eletrônica (KM3-N[®], Coimma, Dracena, Brasil).

O ganho de peso diário (GPD) foi determinado pela diferença entre o peso inicial e o peso final para cada um dos períodos de pesagens e também para o período total de confinamento (d 1 ao d 133). O consumo de MS (kg d⁻¹) também foi determinado para cada um dos períodos de pesagem e para o período total de confinamento, através da diferença entre a oferta de alimentos e as sobras (determinadas semanalmente).

A eficiência alimentar dos animais foi determinada pela relação entre o GPD e o CMS para cada um dos períodos, assim como para os dados de GPD e CMS.

4.2.6 Abate e características da carcaça

O abate dos animais foi realizado em frigorífico comercial, com Inspeção Federal, localizado em Piracicaba-SP, obedecendo às normas e padrões do estabelecimento. Foram determinados os pesos da carcaça quente, das duas meias-carcaças, uma hora após o abate e o rendimento de carcaça (calculado como o peso da carcaça quente dividido pelo peso corporal final do animal após jejum alimentar de 16 horas).

Durante a desossa, foram avaliadas a área de olho de lombo (AOL cm²) e a espessura de gordura subcutânea (EGS mm), realizadas 24 horas após o abate dos animais, no músculo *Longissimus dorsi* das meias-carcaças esquerdas, entre a 12^a e 13^a costelas (LUCHIARI FILHO, 2000). A AOL foi determinada utilizando grade reticulada e a EGS com o auxílio de paquímetro digital (Leetools[®], Mauá, Brasil).

4.2.7 Características da carne

Para a realização das determinações relacionadas com a qualidade da carne, após o abate, foram selecionadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* (aproximadamente 25 cm de comprimento, no sentido caudo-cranial, a partir da 12^a costela) da meia-carcaça esquerda de 80 animais (dois animais de cada uma das 40 baias utilizadas no ensaio de desempenho que apresentaram peso corporal semelhante ao peso corporal médio da sua respectiva baia). As amostras foram desossadas no próprio frigorífico, seguindo os padrões do estabelecimento, acondicionadas em caixas de isopor e transportadas até a Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP) em Pirassununga – SP.

De cada uma dessas 80 amostras, foram retirados 7 bifes de aproximadamente 2,5 cm de espessura de cada uma das 80 amostras do músculo *Longissimus dorsi*. Os bifes foram identificados e embalados à vácuo em filme flexível de baixa permeabilidade de oxigênio. As amostras foram maturadas por 14 dias (temperatura de 0-2°C) e, então, congeladas a -20°C para análise posterior.

4.2.7.1 Determinação objetiva da cor

No momento da realização das análises instrumentais, as amostras foram retiradas das embalagens e deixadas em exposição ao ambiente por 20 minutos para determinação da cor objetiva utilizando o sistema CIELab, onde L^* é o croma associado à luminosidade ($L^* = 0$ preto, 100 branco), a^* é o croma que varia do verde (-) ao vermelho (+), e b^* que varia do azul (-) ao amarelo (+). A medida da cor foi realizada em três pontos distintos da amostra, utilizando um espectrofotômetro modelo CM2500d (Konica Minolta Brasil, São Paulo, Brasil) com iluminante padrão D65, ângulo de observação de 10° e abertura do obturador de 30mm. Os valores de cor foram considerados como a média das três leituras.

4.2.7.2 Determinação da força de cisalhamento e perdas por cocção

As amostras foram pesadas individualmente e em seguida foi inserido um termômetro no centro geométrico de cada amostra, as quais foram colocadas em forno elétrico industrial (Modelo F130/L – Fornos Elétricos Flecha de Ouro Ind. e Com. Ltda, São Paulo, Brasil) a 170 °C até atingirem temperatura interna de 40 °C, quando foram viradas e permaneceram até atingir a temperatura interna de 71 °C, conforme recomendado pela American Meat Science Association (AMSA, 1995).

Em seguida, as amostras permaneceram em temperatura ambiente (22°C) até resfriarem, foram novamente pesadas, envolvidas em filme plástico e colocadas em geladeira (temperatura entre 4-6°C) durante 24 horas. Após esse período foram retirados 6 cilindros (1,27 cm de diâmetro) de cada amostra, no sentido paralelos das fibras. Os cilindros foram cisalhados utilizando um equipamento Warner-Bratzler shear force para determinação da força de cisalhamento. A força de cisalhamento de cada amostra foi considerada como a média das 6 repetições.

As perdas por cocção (expressa em percentagem) foram calculadas pela diferença entre o peso final (após a cocção) e o peso inicial (antes da cocção) da amostra.

4.2.7.3 Oxidação lipídica – TBARS

As amostras de carne – *Longissimus dorsi* (150 g) - foram trituradas e homogeneizadas antes de serem analisadas para substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), conforme metodologia proposta por Vyncke et al. (1975). As leituras das absorbâncias foram realizadas em 530 e 638 nm. Preparou-se também uma curva com 5 pontos utilizando-se uma solução de tetraetoxipropano (TEP) de concentração conhecida. Para obter-se a concentração de malonaldeído nas amostras utilizou-se a equação fornecida pela curva e os resultados foram expressos em µg malonaldeído/kg carne.

4.2.7.4 Análise sensorial

4.2.7.4.1 Painel consumidor

As análises sensoriais foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia de Alimentos da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA – USP), em cabines individuais, com utilização de iluminação branca.

As amostras de carne foram retiradas das embalagens e colocadas em bandejas plásticas devidamente identificadas, contendo uma solução de salmoura a 10% durante 15 minutos, com o objetivo de garantir uma salga homogênea.

Em seguida, as amostras foram transferidas para outra bandeja de alumínio e levadas ao forno (temperatura de 180 °C), onde foram cozidas utilizando o mesmo procedimento adotado para as amostras utilizadas na análise instrumental. Após a retirada dos bifês do forno, eles foram cortados em amostras em forma de paralelepípedos de 2,5 x 1,5 x 1,5 cm e mantidos nas bandejas junto com o caldo da carne em estufa (temperatura de 60 °C) até o momento da degustação.

Os provadores (n = 120) receberam as amostras (n = 6), uma de cada tratamento, de forma monádica, em uma bandeja que continha, além das amostras, um copo de plástico com água, um guardanapo, uma bolacha de água e sal, um palito de dente e uma ficha para avaliação da amostra (Anexo 1).

Foi aplicado o teste sensorial de aceitação do consumidor, onde foram avaliados o aroma, a textura, a suculência, o sabor e a qualidade global, utilizando uma escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de “desgostei muitíssimo” (nota 1) a “gostei muitíssimo” (nota 9).

4.2.7.4.2 Painel treinado

A análise sensorial com provadores treinados foi realizada através de um painel composto por 20 provadores treinados, que analisaram os parâmetros de odor, sabor, suculência, maciez e aceitabilidade global da carne bovina (ABNT, 2014).

Os avaliadores selecionados foram treinados durante um período de três meses, de acordo com as diretrizes da ISO 8586:2012 (ISO, 2012), seguindo os seguintes passos: recrutamento; entrevista pré-seleção; treinamento geral; treinamento na identificação e reconhecimento de gostos e odores específicos; treinamento no uso de escalas; treinamento no desenvolvimento e no uso dos descritores; e treinamento específico de acordo com a categoria do produto.

As amostras de músculo do contrafilé (*Longissimus dorsi*) foram assadas em forno comercial, sem condimentos, até atingirem a temperatura interna de aproximadamente 72 °C. Cada avaliador recebeu duas sub-amostras de carne de cada tratamento, ou seja, um total de oito sub-amostras, de aproximadamente 2 cm² e, após provar, preencheu a ficha de avaliação (Anexo 2) utilizando uma escala hedônica não estruturada (AMSA, 2015).

4.2.8 Análise estatística

O experimento foi estruturado em um delineamento em blocos incompletos casualizados. Os dados de desempenho animal - peso inicial (PI), peso final (PF), consumo de matéria seca (CMS), ganho de peso diário (GPD) e eficiência alimentar (EA), - de características da carcaça - peso da carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL), rendimento de carcaça (RC) e espessura de gordura subcutânea (EGS) -, e de características da carne - composição, cor, força de cisalhamento, perdas por cocção, oxidação lipídica - foram analisados utilizando-se o procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (Statistical Analyses System, SAS Inst. Inc. Cary, NY) de acordo com o modelo: $Y_{ijk} = \mu + T_k + B_l e_{ijk}$,

onde:

Y_{ij} é a variável dependente;

μ é a média geral;

T_i é o efeito fixo do tratamento ($k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$);

B_j é o efeito aleatório do bloco período ($l = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$);

e_{ij} é o erro aleatório experimental.

A baía foi considerada a unidade experimental. As médias foram obtidas pelo procedimento LSMEANS. O efeito dos teores de inclusão do caroço de algodão foi obtido

através dos polinômios ortogonais linear (L) e quadrático (Q). Foram realizados dois contrastes: OS vs. CA0 e OS vs. CA32. Os tratamentos foram comparados usando o teste *F* da análise de variância.

O cálculo dos graus de liberdade dos efeitos fixos foi ajustado pelo método de Kenward-Roger.

Para os dados referentes às características da carne, a baía continuou sendo a unidade experimental, porém, para essas variáveis, resultante da média de duas observações (2 animais/baía).

Os dados de frequência referentes à análise sensorial da carne foram normalizados utilizando-se o procedimento RANK do pacote estatístico SAS e analisados através de teste não paramétrico (Teste do Qui-Quadrado).

A normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias dos dados foram previamente analisadas através do procedimento UNIVARIATE do pacote estatístico SAS. Observações que apresentarem valores de resíduo estudentizado fora do limite de ± 3 serão removidas do banco de dados.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de desempenho e características da carcaça dos animais estão apresentados na Tabela 11.

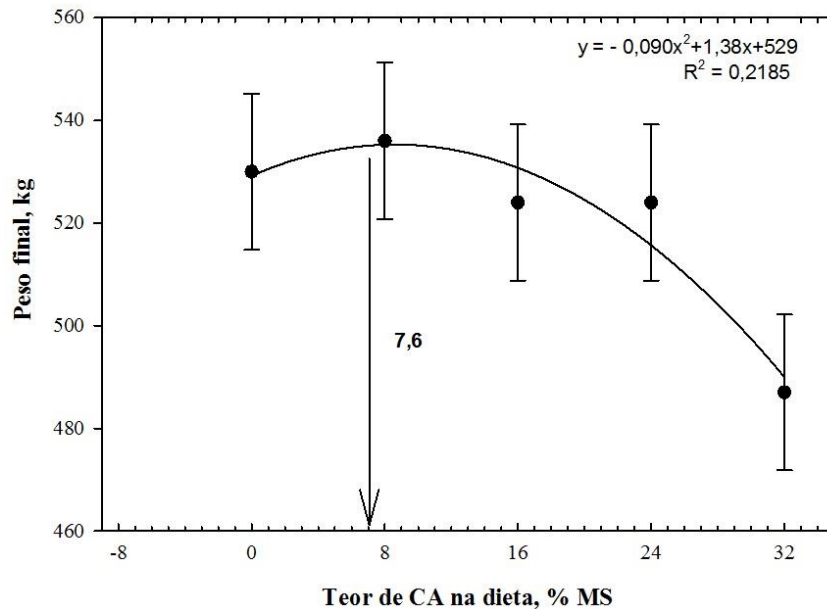
A inclusão de caroço de algodão elevou o peso final dos animais de forma quadrática ($P < 0,001$). O peso final máximo ocorreu com inclusões de 7,6% de caroço de algodão na dieta (Figura 4).

A elevação do teor de lipídios na dieta (7,71% MS) através da inclusão de óleo de soja não afetou ($P = 0,0785$) o peso final dos animais em comparação à dieta controle, sem inclusão de caroço de algodão.

Por outro lado, os animais alimentados com dietas contendo 32% de caroço de algodão apresentaram um peso final menor ($P < 0,001$) em comparação com os animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja, (487 kg e 519 kg para os tratamentos CA32 e OS respectivamente). Como esses dois tratamentos apresentam o teor de lipídios relativamente semelhantes (6,39% e 7,71% MS para os tratamentos CA32 e OS respectivamente), esse

resultado indica que a redução no peso final dos animais não foi causada somente pela elevação no teor de lipídios na dieta devido à inclusão de CA.

Figura 4 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o peso final dos animais



De maneira geral, a inclusão de caroço de algodão na dieta reduziu o CMS dos animais. Durante o período de adaptação, a inclusão de CA na dieta reduziu linearmente o CMS dos animais ($P < 0,001$). No período de tratamento, a inclusão de CA apresentou efeito quadrático ($P < 0,005$) sobre o CMS. O CMS máximo, entretanto, foi muito discreto e decorrente de um teor de inclusão muito reduzido de CA na dieta (máximo CMS observado quando se incluiu 0,22% MS de CA, Figura 5). O mesmo comportamento ocorreu quando analisamos o período total de confinamento, onde a inclusão de CA na dieta apresentou efeito quadrático sobre o CMS dos animais ($P < 0,001$), com uma pequena elevação de consumo devido à inclusão de uma quantidade muito pequena de CA na dieta (0,70% MS; ponto de máximo, Figura 5).

A inclusão de óleo de soja reduziu o CMS dos animais ($P < 0,05$) durante todos os períodos avaliados (adaptação, tratamento e confinamento total) em comparação com os animais alimentados com a dieta controle sem caroço de algodão.

Os animais alimentados com dietas contendo 32% de caroço de algodão apresentaram um CMS menor ($P < 0,001$) que os animais alimentados com dietas contendo óleo de soja durante todo o período experimental, na média 9,85 vs. 6,94 kg/cab./d para os tratamentos OS

e CA32, respectivamente. Assim como observado para o peso final, mesmo com os teores semelhantes de lipídios totais, podemos observar que a inclusão de CA foi mais prejudicial do que a inclusão de óleo de soja em reduzir o CMS dos animais.

Com base nesses resultados, o provável mecanismo de redução do CMS devido à inclusão de CA na dieta, como sendo devido à elevação no teor de lipídios, não pode ser totalmente explicado. Como os tratamentos OS e CA32 apresentaram um teor de lipídios relativamente semelhantes, era de se esperar que, não havendo redução de consumo devido à inclusão de óleo de soja na comparação com o tratamento controle (contraste OS vs. CA0), a elevação no teor de lipídios devido à inclusão de CA na dieta também não deveria reduzir o CMS dos animais, o que não aconteceu (contraste OS vs. CA32; $P < 0,001$). Como não isolamos totalmente os fatores envolvidos (ex. o teor de FDN das dietas OS e CA32 não eram semelhantes), fica difícil explicar o motivo exato desse resultado, mas, em todo caso, já observamos um comportamento que merece ser melhor investigado em futuras pesquisas.

De acordo com Coppock e Wilks (1991), devido ao fato do caroço de algodão armazenar seu conteúdo de lipídios no interior da semente, ele seria menos deletério à fermentação ruminal e ao consumo do que fontes de gordura prontamente adicionadas à dieta.

Os resultados do presente estudo, indicam que outros fatores (ex. teor de FDN), ou mesmo a interação de fatores (ex. teor de lipídio e teor FDN), podem estar envolvidos nos efeitos deletérios da inclusão de elevados teores de CA na dieta sobre o CMS dos animais.

Nossos resultados diferem daqueles observados por Cranston et al. (2006), que observaram aumento no CMS dos animais alimentados com 15,1% de CA em dietas contendo elevados teores de concentrado em relação à dieta sem CA. Segundo esses autores, o aumento do CMS dos animais alimentados com a dieta contendo CA está relacionado com um possível efeito de diluição na ingestão de energia, conforme apresentado na revisão de Galyen e Defoor (2003), devido à elevação no teor de FDN da dieta através da inclusão de CA. Dessa forma, os animais alimentados com dietas contendo teores de FDN mais elevados poderiam aumentar o CMS como forma de manter a ingestão de energia.

No experimento I, a inclusão de CA na dieta reduziu linearmente ($P < 0,01$) o CMS dos animais. O tempo de ingestão (min kg FDN^{-1}) também apresentou redução linear ($P = 0,016$) em resposta à inclusão de CA, justificando a redução no CMS. Esses resultados estão de acordo com o observado nesse experimento II, porém diferentes das observações propostas por Cranston et al. (2006) sobre a elevação no CMS dos animais.

Por outro lado, Pesce (2008) não observou efeito da inclusão de 10% ou 20% de CA na dieta de bovinos Nelore sobre o CMS dos animais. De acordo com Coppock et al. (1987), a

inclusão de até 25% de CA na dieta de bovinos não foi capaz de afetar o CMS dos animais, resultado diferente daqueles observados no presente experimento.

Costa et al. (2011) também observaram uma redução no CMS dos animais decorrente da elevação no teor de CA da dieta, porém para eles essa resposta seria devida à elevação no teor de lipídios da dieta.

Figura 5 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o consumo de matéria seca dos animais durante os períodos de adaptação, período de tratamento e período total de confinamento

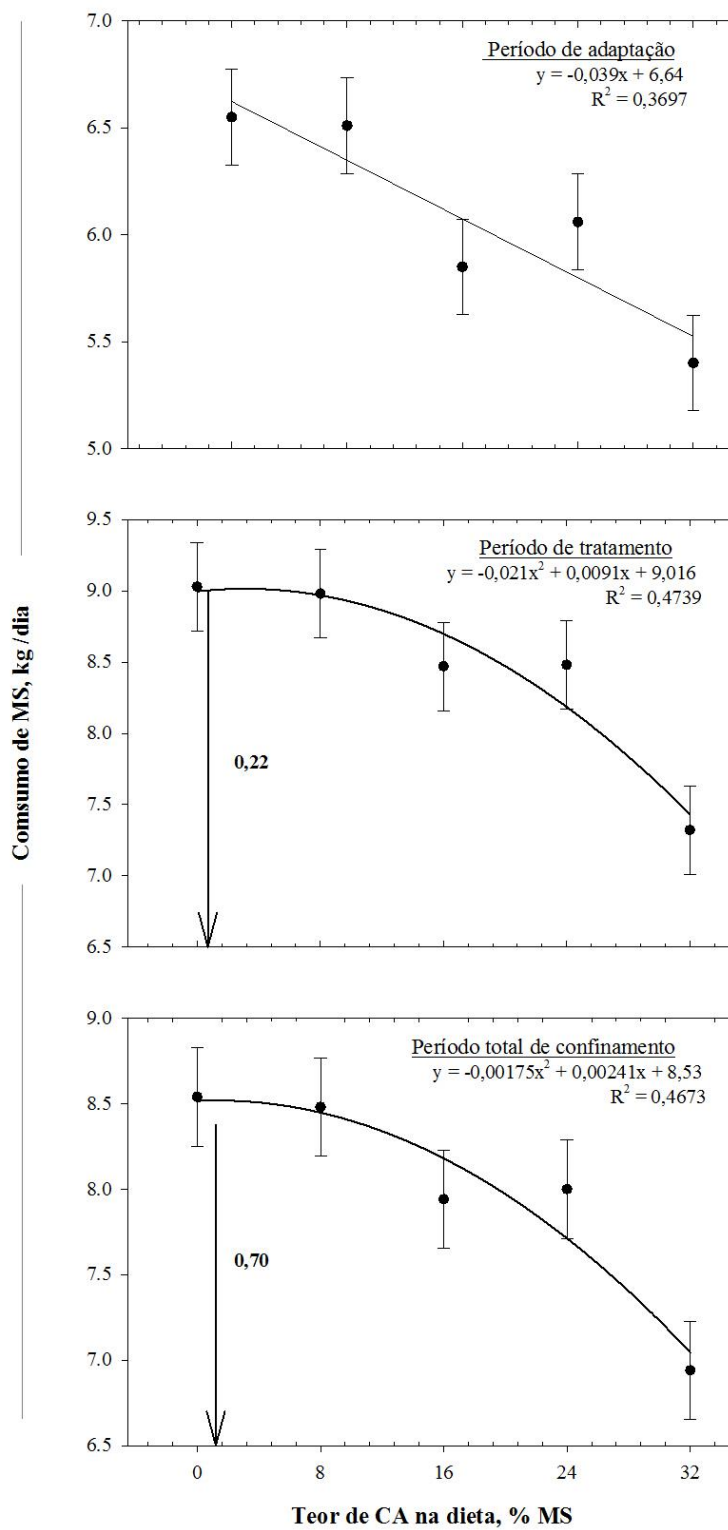


Tabela 6 - Desempenho animal e características da carcaça de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais

Itens	Tratamentos ¹										Valor de P ³		
	OS	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32	EPM ²	Teores de CA		OS vs. CA0	OS vs. CA32		
		49	49	49	42	42		L	Q				
<i>Desempenho Animal</i>													
N	49	49	49	49	42	42	-	-	-	-	-	-	
Peso inicial, kg	349	349	349	350	349	350	13,8	-	-	-	-	-	
Peso final, kg	519	530	536	524	524	487	15,2	<0,001	<0,001	0,0785	<0,001	<0,001	
Período de adaptação: d 1 – d 21													
CMS, kg d ⁻¹	6,19	6,55	6,51	5,85	6,06	5,40	0,224	<0,001	0,451	<0,05	<0,001	<0,001	
GPD, kg	0,86	0,94	0,98	0,87	1,07	0,77	0,127	0,5490	0,4167	0,6773	0,6117	0,6117	
EA	0,142	0,144	0,151	0,150	0,176	0,146	0,0221	0,5973	0,5433	0,9560	0,8949	0,8949	
Período de tratamento: d 22 – d 133													
CMS, kg d ⁻¹	8,26	9,03	8,98	8,47	8,48	7,32	0,309	<0,001	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001	
GPD, kg	1,36	1,44	1,49	1,39	1,37	1,10	0,038	<0,001	<0,001	0,0434	<0,001	<0,001	
EA	0,165	0,160	0,166	0,165	0,162	0,151	0,0049	<0,05	0,0052	0,2309	<0,005	<0,005	
Período total de confinamento: d 1 – d 133													
CMS, kg d ⁻¹	7,85	8,54	8,48	7,94	8,00	6,94	0,288	<0,001	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001	
GPD, kg	1,28	1,36	1,41	1,31	1,32	1,04	0,039	<0,001	<0,001	0,088	<0,001	<0,001	
EA	0,164	0,160	0,167	0,166	0,166	0,151	0,0061	0,1939	<0,05	0,384	<0,05	<0,05	
<i>Características da Carcaça</i>													
PCQ, kg	282	289	293	283	279	254	9,56	<0,001	<0,005	0,1077	<0,001	<0,001	
RC, %	54,2	54,4	54,7	54,0	53,1	52,1	0,298	<0,001	<0,05	0,3882	<0,001	<0,001	
AOL, cm ²	86,0	91,4	92,2	93,4	88,8	70,2	5,03	0,009	0,045	0,4621	0,0402	0,0402	
EGS, mm	4,35	4,55	4,40	4,65	4,28	2,86	0,406	<0,005	<0,05	0,6171	<0,005	<0,005	

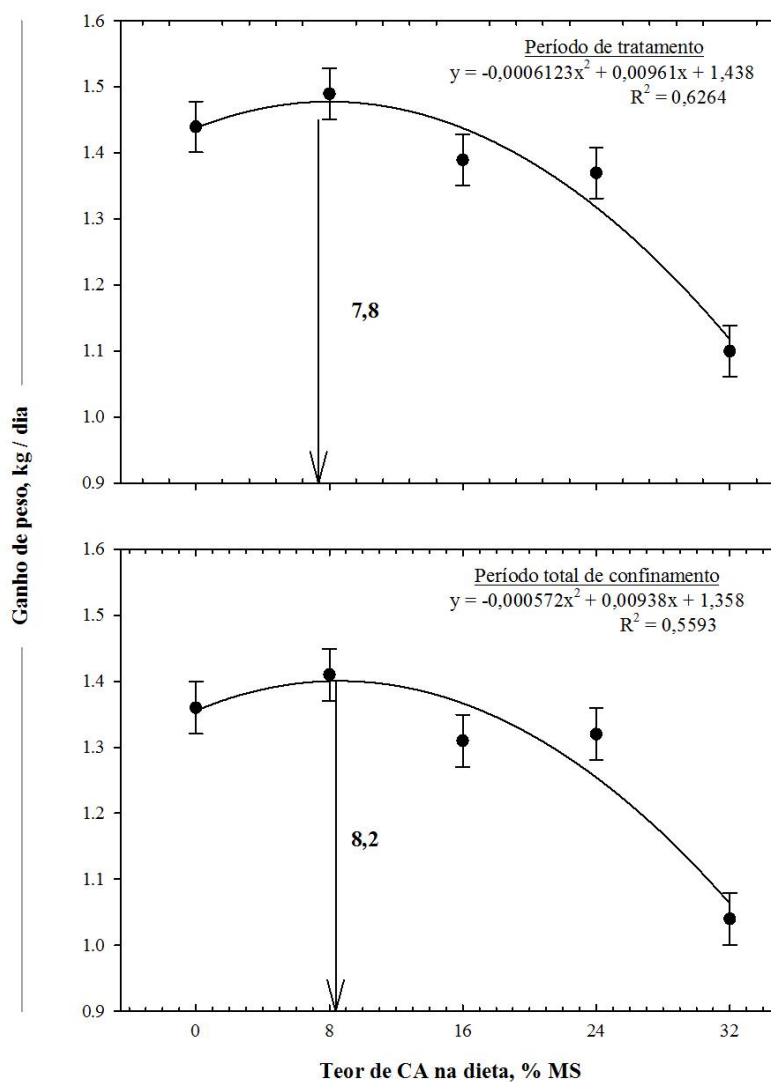
¹OS = óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem carvão de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

Não foram observados efeitos dos tratamentos sobre o GPD dos animais ($P > 0,05$) durante o período de adaptação. Entretanto, durante o período de tratamento e período total de confinamento, a inclusão de CA na dieta elevou o GPD dos animais de forma quadrática ($P < 0,001$). O GPD máximo foi observado com 8% de inclusão de CA na dieta (Figura 6).

Figura 6 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o ganho de peso dos animais durante os períodos de tratamento e período total de confinamento



Durante o período de tratamento, a adição de óleo de soja na dieta dos animais reduziu o GPD ($P = 0,0434$) em comparação com o tratamento controle, sem CA. Esse efeito não foi observado no período de adaptação ($P = 0,6773$) e nem durante o período total de confinamento ($P = 0,088$), onde a inclusão de óleo de soja não alterou o GPD dos animais em comparação ao tratamento controle.

Seguindo a mesma tendência dos resultados observados para o peso final e para o CMS, a inclusão de CA na dieta foi mais prejudicial em reduzir o GPD dos animais quando comparada com a inclusão de óleo de soja durante o período de tratamento e o período total de confinamento. Durante o período total de confinamento, por exemplo, os animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja apresentaram GPD de 1,28 kg/cab./d enquanto os animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA apresentaram GPD de 1,04 kg/cab./d ($P < 0,001$).

A redução no GPD, apresentada pelos animais alimentados com 32% de CA em comparação com os animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja se justifica pelo menor CMS dos animais do tratamento CA32.

Mesmo reduzindo o CMS dos animais devido inclusões bem pequenas de CA na dieta (<1% MS), o GPD se manteve elevado até inclusões de aproximadamente 8% de CA. De acordo com os dados do experimento I, mesmo reduzindo o CMS dos animais a inclusão de CA na dieta não afetou a digestibilidade da FDN e da PB. Por outro lado, a digestibilidade dos lipídios totais aumentou devido à inclusão de CA na dieta dos animais.

O efeito quadrático observado no GPD dos animais, mesmo com a redução no CMS, pode estar relacionado com o aumento da digestibilidade dos lipídios totais da dieta, com o aumento na proporção de propionato e manutenção do pH ruminal, conforme observado no experimento I. Os níveis de inclusão de até 8% de CA, onde o CMS não foi tão reduzido, pode explicar a melhora de desempenho dos animais.

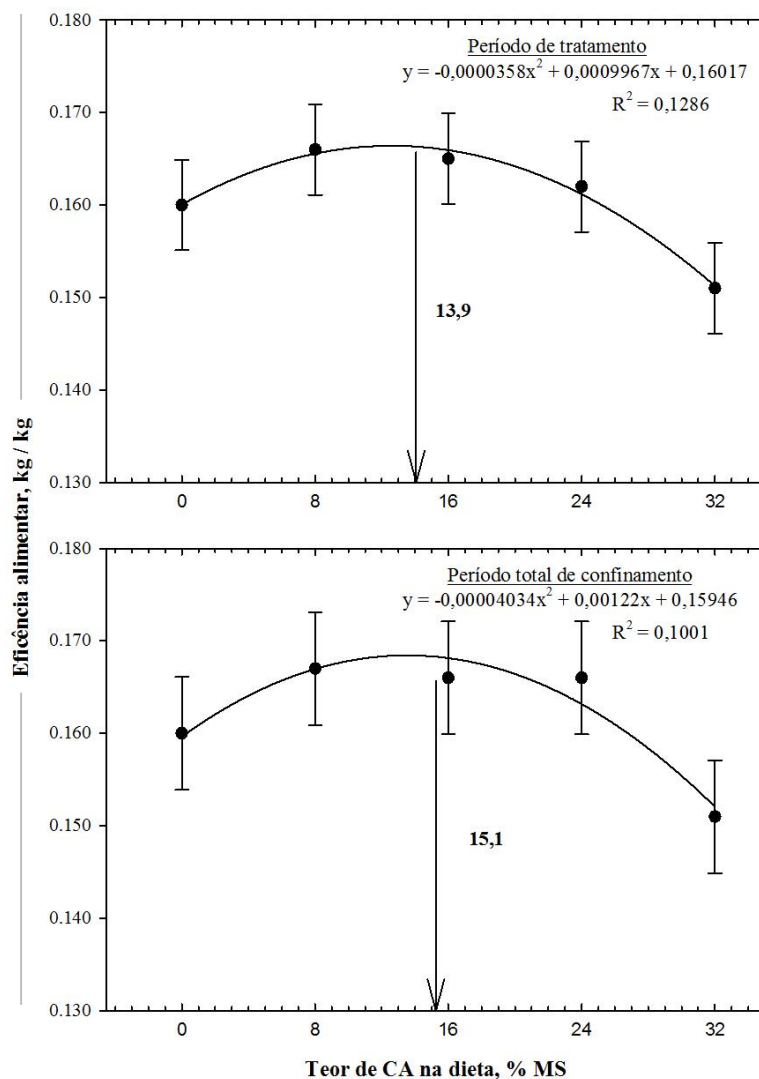
Não foram observados efeitos dos tratamentos ($P > 0,05$) sobre a eficiência alimentar (EA) dos animais durante o período de adaptação. Entretanto, durante o período de tratamento ($P = 0,0052$; efeito quadrático) e período total de confinamento ($P < 0,05$; efeito quadrático), a inclusão de CA na dieta aumentou a EA dos animais. A EA máxima ocorreu com 14,5% de CA na dieta (Figura 7).

Nota-se que mesmo apresentando o mesmo efeito quadrático para as variáveis de CMS, GPD e EA, o ponto de máxima resposta à inclusão de CA na dieta variou bastante entre elas. De maneira geral, o efeito deletério da inclusão de CA sobre o CMS é maior, quando comparado com as respostas em GPD e EA. Os animais apresentaram uma redução no CMS com inclusões relativamente pequenas de CA na dieta (menor que 1% MS).

Ao contrário do que ocorreu com o CMS, o GPD e a EA dos animais aumentaram de forma significativa com inclusões mais elevadas de CA. Mesmo com um CMS menor, até o

teor de aproximadamente 14% de inclusão de CA na dieta, os animais conseguiram expressar um aumento de GPD e, conseqüentemente, uma maior EA.

Figura 7 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre a eficiência alimentar (GPD/CMS) dos animais durante os períodos de tratamento e período total de confinamento



A inclusão de óleo de soja na dieta não afetou ($P > 0,05$) a EA dos animais durante nenhuma fase do período experimental em comparação ao tratamento controle sem caroço de algodão. Isso indica uma ausência do provável efeito deletério da elevação do teor de lipídios até 7% MS em dietas contendo elevados teores de concentrado e baixos teores de FDN (nesse caso aproximadamente 22% MS).

Em contrapartida, a elevação do teor de lipídios totais através da inclusão de 32% de CA na dieta para os mesmos teores daquele observado na dieta contendo óleo de soja

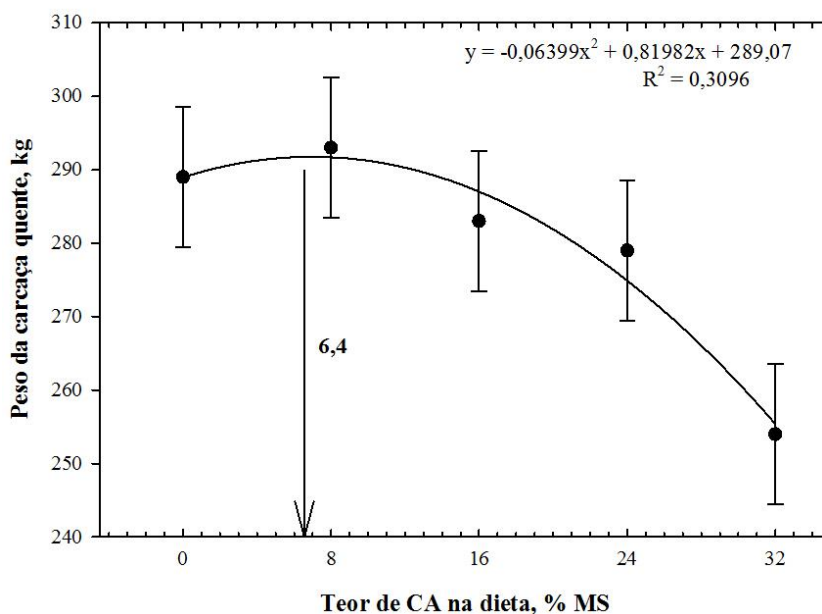
(aproximadamente 7% MS) causou uma redução ($P < 0,05$) na EA dos animais na comparação com o tratamento OS. Isso ocorreu tanto no período de tratamento ($P < 0,005$) quanto no período total de confinamento ($P < 0,05$).

Esse resultado indica que o efeito deletério da inclusão de elevados teores de CA na dieta não é devido somente à elevação da fração lipídica, mas, provavelmente, de uma interação entre a elevação no teor de lipídios e no teor da fração fibrosa (FDN), já que a inclusão de CA elevou a proporção desses dois componentes da dieta ao mesmo tempo.

De maneira geral, e de acordo com o que foi observado para os dados de desempenho animal, os dados referentes às características da carcaça (PQC, RC, AOL e EGS) também apresentaram resposta quadrática ($P < 0,05$) à inclusão de CA na dieta.

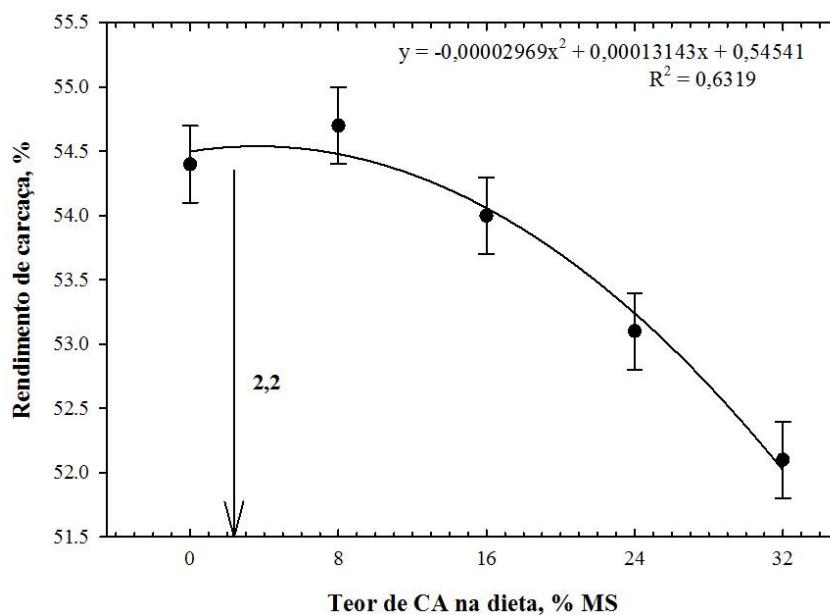
O PCQ máximo ocorreu com 6,4% de CA na dieta (Figura 8), um teor ligeiramente inferior ao observado para o PF dos animais, que apresentou máxima resposta devido à inclusão de 7,6% MS de CA na dieta.

Figura 8 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o peso da carcaça quente dos animais



O rendimento de carcaça foi mais sensível à inclusão de CA na dieta do que o peso da carcaça quente. O máximo rendimento foi observado com inclusões de apenas 2,2% de CA na dieta (Figura 9). Teores maiores que esses já causaram uma redução no rendimento da carcaça dos animais.

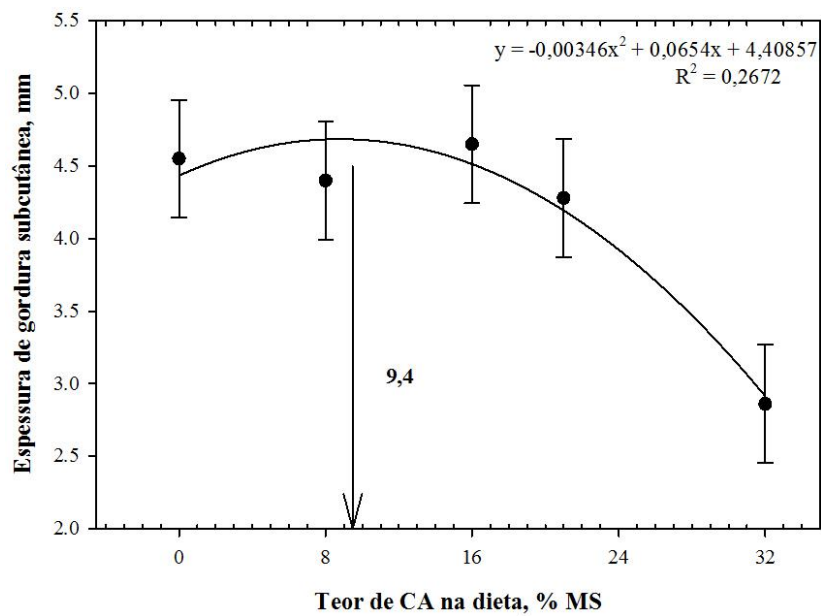
Figura 9 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o rendimento de carcaça dos animais



A espessura de gordura subcutânea (Figura 10) também respondeu de maneira quadrática à inclusão de CA na dieta ($P < 0,05$), com a máxima resposta observada no teor de inclusão de 9,4% de CA.

Comparado ao tratamento controle, sem CA na dieta, a inclusão de óleo de soja não afetou nenhuma das características da carcaça avaliadas ($P > 0,05$).

Figura 10 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre a espessura de gordura subcutânea dos animais



A composição química da carne dos animais está apresentada na Tabela 12.

Tabela 7 - Composição química do músculo Longissimus dorsi de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais

Itens	Tratamentos ¹								Valor de P ³		
	OS	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32	Teores de CA		OS vs. CA0	OS vs. CA32	
							L	Q			
Umidade, %	72,48	72,23	76,21	78,03	74,82	74,80	0,448	0,029	0,910	0,332	
Proteína bruta, %	17,1	14,8	16,3	18,5	18,3	14,4	0,804	0,013	0,203	0,166	
Cinzas, %	2,31	2,12	2,53	2,78	2,41	2,46	0,300	0,037	0,409	0,544	
Lipídios totais, %	3,74	3,92	3,30	2,65	3,31	3,31	0,226	0,033	0,671	0,257	

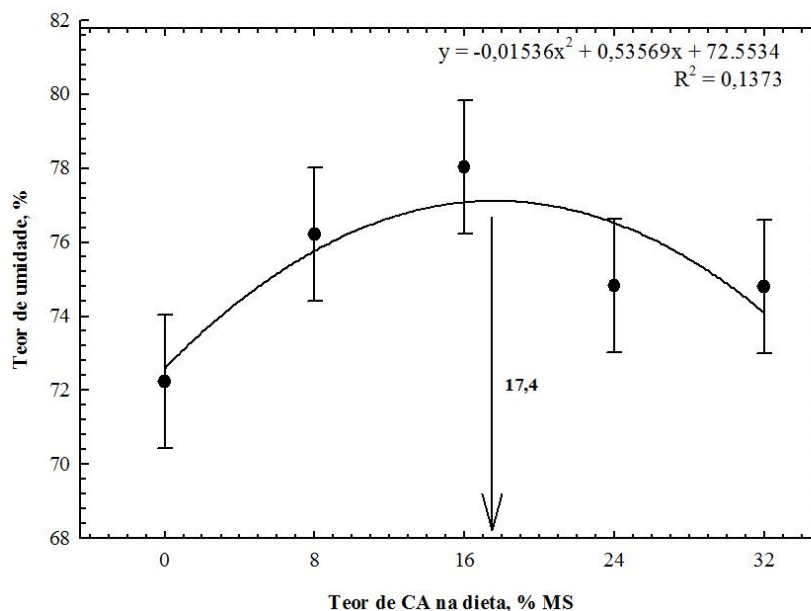
¹OS = óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem caroço de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

O teor de umidade da carne aumentou ($P = 0,029$; efeito quadrático) em resposta à inclusão de CA na dieta. O teor máximo de umidade foi obtido quando se incluiu na dieta 17,4% de CA (Figura 11).

Figura 11 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o teor de umidade da carne



De maneira semelhante, os teores de proteína ($P = 0,013$) e de cinzas ($P = 0,037$) também responderam de forma quadrática à inclusão de CA na dieta. O teor máximo de proteína foi obtido com a inclusão de 16,5% de CA na dieta (Figura 12), enquanto para o teor de cinzas a resposta máxima foi obtida com o teor de inclusão de 18% de CA (Figura 13).

A inclusão de óleo de soja na dieta elevou o teor de lipídios totais para aproximadamente 7,7% MS, e não afetou as características químicas da carne ($P > 0,05$) quando comparada com a dieta controle sem a inclusão de CA (Tabela 12).

As características químicas da carne também não diferiram ($P > 0,05$) entre os animais alimentados com dietas contendo 32% de CA daqueles alimentados com óleo de soja, ambos com aproximadamente 7% de lipídios totais na dieta. Esse resultado indica que as fontes de lipídios (óleo de soja e caroço de algodão) não influenciaram na composição química da carne dos animais.

Figura 12 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o teor de proteína bruta da carne

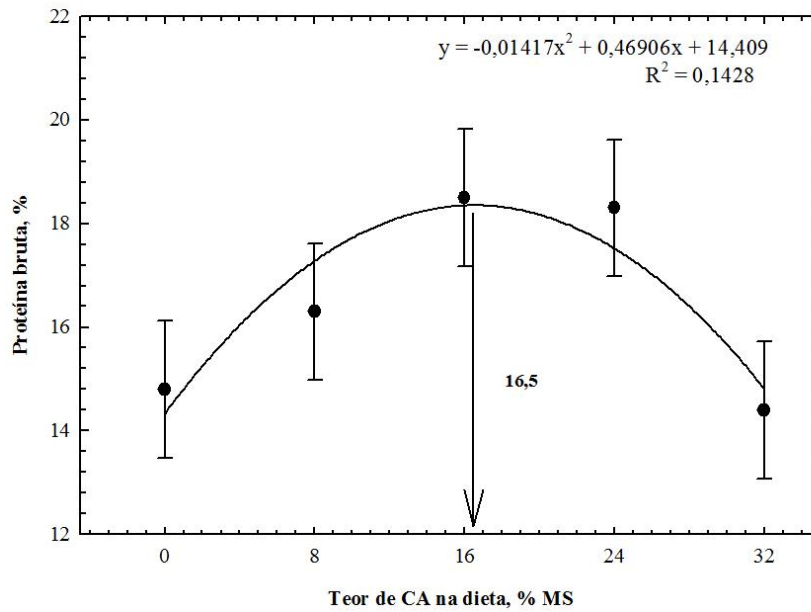
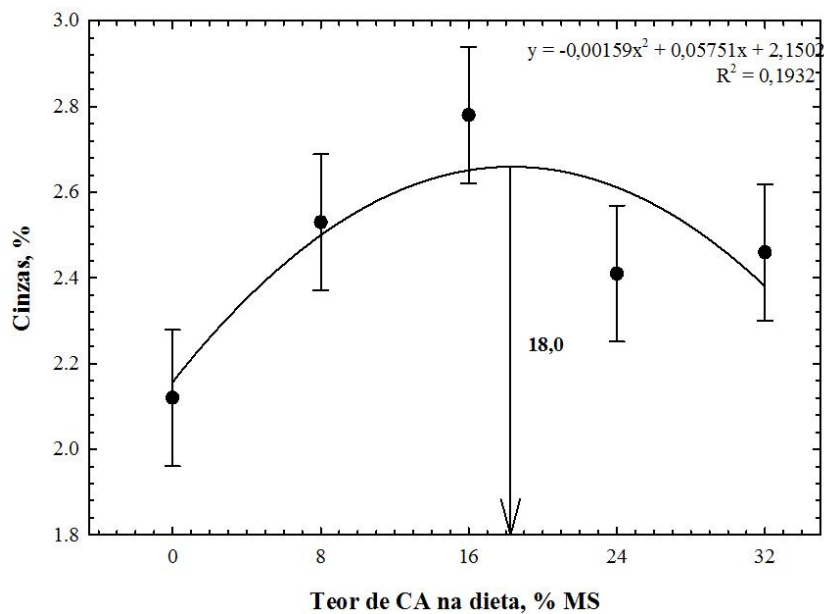


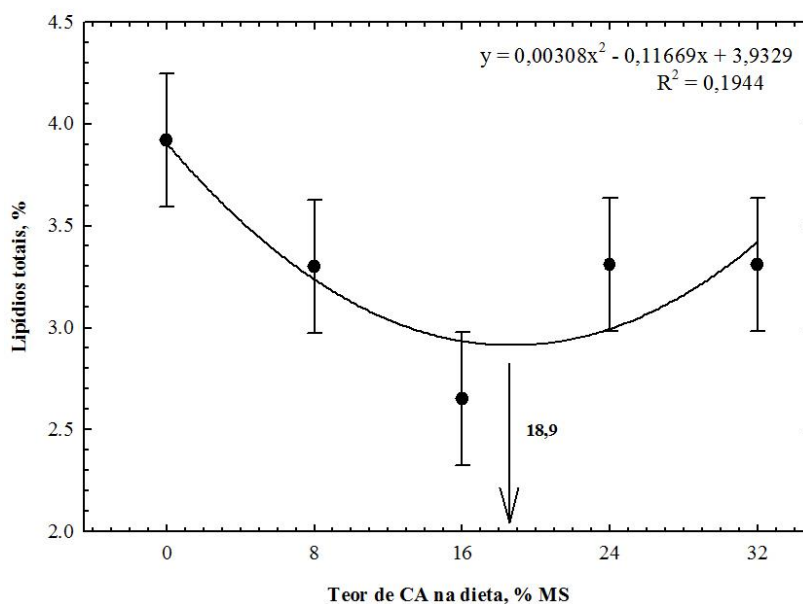
Figura 13 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o teor de cinzas da carne



O teor de lipídios na carne dos animais reduziu (efeito quadrático, $P = 0,033$) em resposta à inclusão de CA na dieta dos animais (Figura 14). Ao contrário do que havia ocorrido com os teores de umidade, PB e cinzas, a inclusão de CA proporcionou uma redução no teor de lipídios totais da carne dos animais, com a menor concentração de lipídios obtida

quando se incluiu 18,9% de CA na dieta. De acordo com Olivo e Olivo (2006), os teores de umidade e de gordura da carne apresentam correlação negativa, o que está de acordo com os resultados obtidos no presente estudo.

Figura 14 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre o teor de lipídios da carne



De acordo com Johnson et al. (2003), a quantidade de gordura depositada na carne é, em geral, resultado do balanço entre consumo de energia e gasto energético pelo animal. Se a ingestão de energia é maior que a demanda energética do animal, esse excesso de energia pode ser armazenado na forma de gordura.

De acordo com Abrahão et al. (2008), com exceção da gordura, existe pouca diferença na composição química da carne, para uma mesma espécie animal e um mesmo músculo estudado.

A redução no teor de lipídios na carne dos animais pode estar relacionada à redução no CMS e no GPD dos animais, conforme apresentado na Tabela 11. A redução no CMS resultou em menor GPD, o que pode ter reduzido a deposição de tecido adiposo na carne dos animais.

Mesmo assim, os valores médios de lipídios totais observados neste estudo (3,37%) apresentam-se mais elevados que os resultados apresentados na literatura para bovinos Nelore

(LOPES et al., 2012; ANDRADE et al., 2010; RUBIANO et al., 2009) ou cruzados Nelore x Bosmara (CLIMACO et al., 2011).

Os valores médios de pH, coloração (L^* , a^* , b^*), perdas por cocção, força de cisalhamento e oxidação lipídica (TBARS) do músculo *Longissimus dorsi* estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Valores de pH, coloração (L*, a*, b*), perdas por cocção, força de cisalhamento e oxidação lipídica (TBARS) do músculo Longissimus dorsi de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais

Itens ⁴	Tratamentos ¹								Valor de P ³		
	OS	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32	Teores de CA		OS vs. CA0	OS vs. CA32	
							L	Q			
pH final	5,74	5,69	5,77	5,76	5,74	5,78	0,06	0,411	0,740	0,552	0,615
L*	35,7	34,5	35,8	37,3	35,7	34,5	1,27	0,884	0,083	0,427	0,452
a*	14,6	15,1	14,4	13,8	14,4	14,3	0,73	0,345	0,247	0,518	0,725
b*	12,2	13,0	13,3	11,9	11,2	11,6	1,24	0,108	0,838	0,566	0,671
Perdas por cocção, %	26,2	25,9	26,0	27,7	26,3	26,0	1,18	0,895	0,406	0,837	0,900
Força de cisalhamento, kg	3,40	3,48	3,33	3,35	3,72	3,30	0,17	0,981	0,787	0,729	0,679
TBARS, mg MDA kg ⁻¹	2,70	3,84	1,38	1,87	1,97	2,58	0,86	0,447	0,035	0,240	0,930

¹OS = óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem caroço de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

⁴L* = luminosidade (0 = preto e 100 = branco); a* = teor do verde (+) para o vermelho (-); b* = teor do azul (+) para o amarelo (-);

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos ($P > 0,05$) para os valores de pH final, coloração, perdas por cocção e força de cisalhamento.

O valor médio da força de cisalhamento no presente estudo foi de 3,43 kg, característico de amostras de carne consideradas macias (FORREST et al., 1975; TATUM et al., 1999).

As perdas por cocção também apresentaram resultados médios (26,3%) dentro dos valores relatados da literatura para bovinos Nelore (ABULARACH et al., 1998; ANDRADE et al., 2010). De acordo com Rubiano et al. (2009), a perda de peso por cocção indica a capacidade da carne em reter água e o aumento dos valores de PPC indica redução na capacidade da carne em reter água. Para Bianchini et al. (2007), à medida que se eleva o teor de lipídios na carne, a proporção de água diminui, reduzindo assim as perdas por cocção.

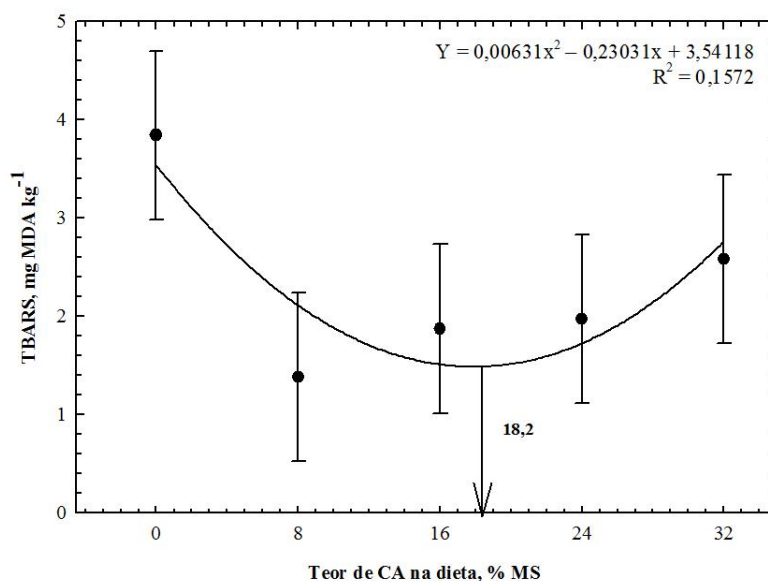
Os valores médios de pH (5,74) observados no presente estudo também se encontram adequados para manutenção da vida de prateleira (MACH et al., 2008; ANDRADE et al., 2010).

Os valores médios de luminosidade (35,5) e teor de vermelho (14,4) das amostras de carne também se apresentaram dentro dos limites definidos na literatura, porém os teores de amarelo apresentaram-se relativamente mais elevados (12,3; ABULARACH et al., 1998). Esse aumento nos valores relativos à intensidade do teor amarelo pode estar relacionado com o elevado teor de lipídios totais observados nas amostras de carne.

De acordo com Muchenje et al. (2009), o teor de luminosidade da carne bovina varia de 33 a 41. Carnes apresentando valores inferiores ou superiores a esses podem ser classificadas como excessivamente escuras e claras, respectivamente.

A oxidação dos lipídios (TBARS) apresentou resposta quadrática ($P = 0,035$) à inclusão de CA na dieta (Figura 15). Elevados valores de reação ao ácido tiobarbitúrico foram observados no tratamento controle sem inclusão de CA. A mínima resposta foi obtida quando se incluiu 18,2% de CA na dieta, sendo que a elevação de CA acima desse valor contribuiu para se elevar o teor de oxidação dos lipídios.

Figura 15 - Efeito da inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta sobre a oxidação dos lipídios da carne



A redução no teor de lipídios totais na carne pode estar relacionada com a redução na oxidação dos lipídios. Com uma menor concentração de lipídios, a capacidade de oxidação desses compostos também é reduzida.

De maneira geral, os valores médios de TBARS observados no presente estudo (2,39 mg MDA kg⁻¹) apresentaram-se mais elevados do que aqueles relatados na literatura (CAMPO et al., 2006; RESCONI et al., 2012; FUGITA, 2013; SILVA, 2014). De acordo com Rippoll et al. (2011), o teor máximo de 1 mg MDA kg⁻¹ foi definido para uma boa aceitação da carne pelos consumidores.

Novamente, a elevação no teor médio de lipídios totais da carne, observados no presente estudo, pode estar relacionada com a elevação no teor de MDA na avaliação da oxidação lipídica da carne.

Na avaliação sensorial da carne assada realizada através do painel consumidor não foram observados efeitos dos tratamentos sobre o sabor, odor e aceitabilidade geral da carne ($P > 0,05$; Tabela 14).

De acordo com Calkins e Hodgen (2007), o sabor e o aroma da carne são influenciados principalmente por dois tipos de componentes: solúveis em água (como açúcares livres, aminoácidos livres, peptídeos e outros compostos nitrogenados) e lipídios. As reações de *Maillard* entre aminoácidos e açúcares redutores, além da degradação térmica dos lipídios que

ocorrem durante o cozimento, são as principais formas de produção dos diferentes sabores da carne assada.

Como o teor de lipídios totais da carne dos animais foi influenciado pela inclusão de CA na dieta, poderíamos esperar uma diferença no sabor e odor da carne relacionado com a degradação térmica dos lipídios, porém, esse efeito, não foi detectado pelos provadores.

Segundo Calkins e Hodgen (2007), a oxidação dos ácidos graxos linoléico e araquidônico durante o preparo da carne leva à formação dos compostos 9-hidroxi-peróxido e 11-hidroxi-peróxido. Esses compostos, por sua vez, estão relacionados com a formação de outros compostos (2,4-decadienal, 2-nonenal, hexanal, dentre outros) responsáveis pela formação do sabor e aroma característicos da carne. Em concentrações muito elevadas, decorrente da oxidação do ácido linoléico, os compostos 2,4-decadienal e hexanal podem também produzir efeitos indesejáveis no sabor e aroma da carne.

Provavelmente, mesmo elevando o teor de lipídios totais da carne devido à inclusão de CA na dieta, o perfil de AG não sofreu grande alteração que pudesse levar à formação de diferentes compostos durante o preparo da carne assada e, conseqüentemente, alterar o sabor ou aroma da carne. Desta forma, Pesce (2008), por exemplo, não observou diferença para a maioria dos AG da carne de bovinos Nelore confinados alimentados com até 20% de CA na dieta na comparação com os animais alimentados com dieta sem inclusão de CA.

Tabela 8 - Avaliação sensorial - painel consumidor - da carne assada (*Longissimus dorsi*) de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais

Itens ⁴	Tratamentos ¹							Valor de P ³		
	OS	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32	Teores de CA		OS vs. CA0	OS vs. CA32
							L	Q		
Odor	4,22	4,32	4,26	4,36	3,76	4,12	0,195	0,866	0,776	0,754
Sabor	3,18	3,22	3,54	3,20	2,66	3,04	0,121	0,933	0,909	0,692
Aceitabilidade global	5,14	5,02	5,016	5,26	4,62	5,24	0,876	0,772	0,700	0,762

¹OS = óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem caroço de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

Na avaliação das características organolépticas da carne realizada pelos provadores treinados (Tabela 15), também não foram observados efeitos dos tratamentos sobre o odor e sabor ($P > 0,05$; Figuras 16-A e 16-B respectivamente). Entretanto, pode-se perceber pelas figuras 16A e 16B que existem várias avaliações direcionadas para o cheiro e gosto de fígado.

De acordo com os provadores treinados, a inclusão de CA na dieta reduziu linearmente ($P = 0,045$) a maciez da carne assada.

A maciez da carne aumentou ($P = 0,031$) devido à inclusão de óleo de soja na dieta comparada com a carne dos animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA (Tabela 15). Esse resultado não era esperado já que não foi observado efeito dos tratamentos sobre a força de cisalhamento da carne (Tabela 13; $P > 0,05$).

De acordo com Wood et al. (2003) a maciez da carne está bastante relacionada com a quantidade total de AG da carne. No presente estudo, o teor de lipídios totais da carne dos animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja não diferiu ($P > 0,05$) daquele observado nos animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA (Tabela 12) o que explica a ausência de efeito na avaliação da força de cisalhamento entre esses dois tratamentos.

Não foram observados efeitos dos tratamentos sobre a suculência da carne ($P > 0,05$) avaliada pelos provadores treinados. De acordo com Felício (2000) a carne de bovinos zebuínos apresenta suculência mediana em decorrência da ausência de gordura intramuscular.

Tabela 9 - Avaliação sensorial - painel treinado - da carne assada (*Longissimus dorsi*) de bovinos Nelore confinados, alimentados com as dietas experimentais

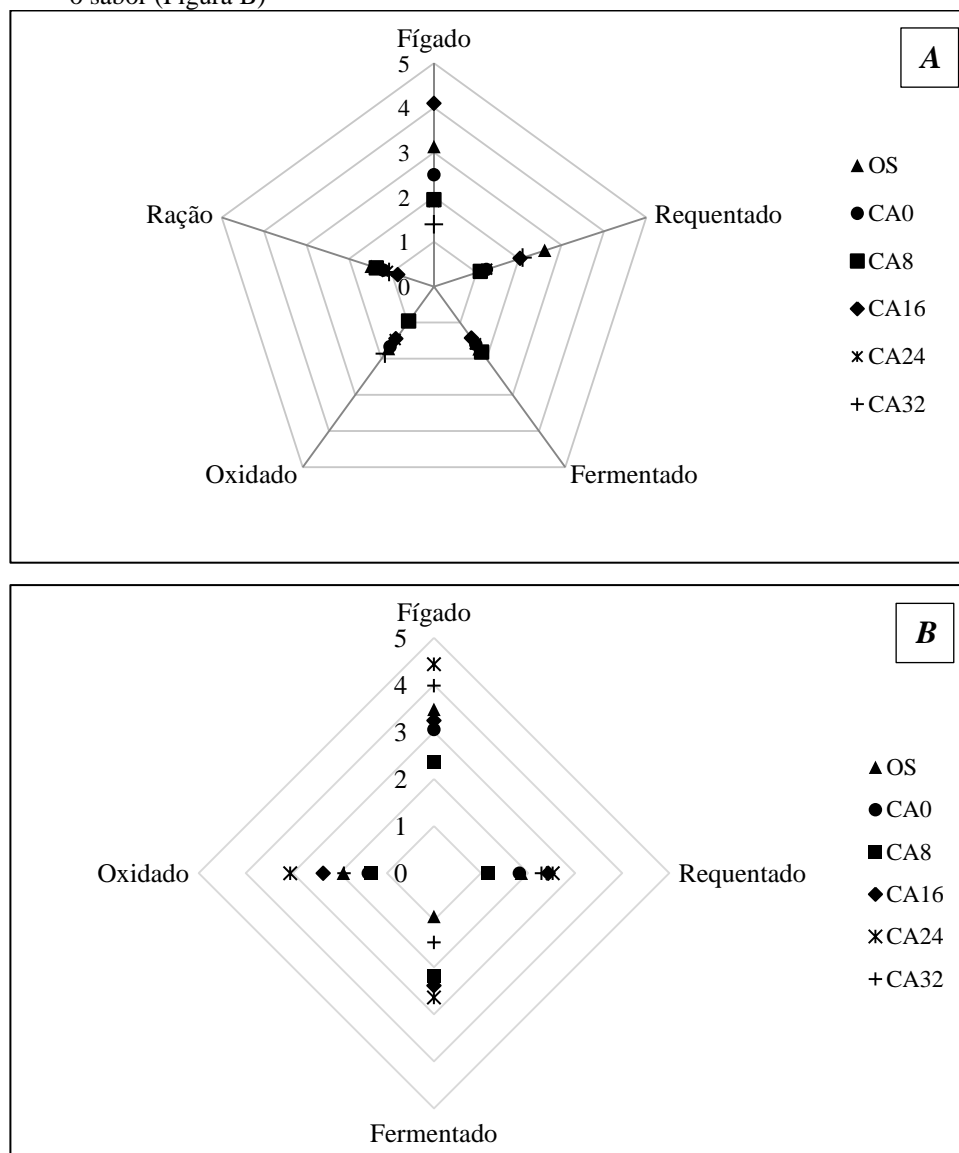
Itens ⁴	Tratamentos ¹							Valor de P ³			
	OS	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32	EPM ²	Teores de CA		OS vs. CA32	
	CA0	CA8	CA16	CA24	CA32	L		Q	OS vs. CA0		
Maciez	5,77	4,38	5,09	2,95	2,35	4,03	0,233	0,045	0,077	0,057	0,031
Suculência	4,32	4,03	4,34	3,59	2,82	3,34	0,189	0,051	0,123	0,234	0,144
Aceitabilidade global	5,62	4,09	5,16	3,67	2,61	4,03	0,255	0,158	0,178	0,061	0,049

¹OS = óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem caroço de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

Figura 16 - Avaliação sensorial - painel treinado - da carne assada (*Longissimus dorsi*) para o odor (Figura A) e o sabor (Figura B)



▲●■+ OS = óleo de soja (sem CA e contendo óleo de soja); CA0 = dieta controle sem caroço de algodão; CA8 = dieta contendo 8% de CA; CA16 = dieta contendo 16% de CA; CA24 = dieta contendo 24% de CA; CA32 = dieta contendo 32% de CA.

$P > 0,05$.

A inclusão de CA na dieta não afetou a aceitabilidade global da carne assada ($P > 0,05$). Entretanto, ao compararmos com os animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja, os animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA apresentaram uma menor aceitabilidade global da carne ($P = 0,049$). Esse fato pode estar relacionado com a diferença na maciez observada pelos provadores na comparação entre esses dois tratamentos. A carne dos animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja apresentou valores de maciez mais elevados ($P = 0,031$) do que aqueles animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA e isso pode ter levado os provadores a atribuir uma maior aceitabilidade geral a carne dos

animais alimentados com a dieta contendo óleo de soja na comparação com os animais alimentados com a dieta contendo 32% de CA.

4.4 CONCLUSÕES

A inclusão de CA em dietas contendo elevados teores de concentrado para bovinos confinados reduz o consumo de matéria seca dos animais.

Inclusões superiores à 15% de caroço de algodão em dietas contendo elevados teores de concentrado para bovinos confinados reduz a eficiência alimentar dos animais.

A elevação do teor de lipídios totais da dieta para 7,7% da MS através da inclusão de óleo de soja, apesar de reduzir o CMS, não afeta a eficiência alimentar dos animais nem a composição química da carne. Além disso, proporciona um aumento na aceitabilidade geral da carne pelos consumidores.

Apesar de algumas alterações na composição química, a aceitabilidade geral da carne pelos consumidores não é influenciada pela inclusão de até 32% de CA na dieta de bovinos confinados alimentados com elevados teores de concentrado.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, J. J. S.; MACEDO, L. M. A.; PEROTTO, D.; MOLETTA, J. L.; MARQUES, J. A.; PRADO, I. N.; MATSUSHITA, M.; PRADO, J. M. Características de carcaça de novilhas mestiças confinadas, submetidas a dietas com milho ou resíduo seco de fecularia de mandioca, **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 459-468, 2005.
- ABULARACH, M. L. S.; ROCHA, C. E.; FELÍCIO, P. E. Características de qualidade do contrafilé (*m. L. dorsi*) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 205-210, 1998.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (AMSA). **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. Chicago: National Livestock and Meat Board, 1995. p. 1-33.
- ANDRADE, P. L.; BRESSAN, M. C.; GAMA, L. T.; GONÇALVES, T. M.; LADEIRA, M. M.; RAMOS, E. M. Qualidade da carne maturada de bovinos Red Norte e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 8, p. 1791-1800, 2010.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC.). **Official methods of analysis**. 16. ed. Washington: AOAC, 1995.
- BIANCHINI, W.; SILVEIRA, A. C.; JORGE, A. M.; ARRIGONI, M. B.; MARTINS, C. L.; RODRIGUES, É.; HADLICH, J. C.; ANDRIGHETTO, C. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2109-2117, 2007.
- BROSH, A.; HOLZER, Z.; LEVY, D. Cottonseed for protein and energy supplementation of high-roughage diets for beef cattle. **Animal Production**, Bletchley, v. 48, n. 3, p. 513-518, 1989.
- CALKINS, C. R.; J.M.HODGEN. A fresh look at meat flavor. **Meat Science**, Barking, v. 77, n. 1, p. 63-80, 2007.
- CAMPO, M. M.; NUTE, G. R.; HUGHES, S. I.; ENSER, M.; WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, Barking, v. 72, n. 2, p. 303-311, 2006.
- CLÍMACO, S.M.; RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTI, I. Y.; ROCHA, M. A.; SILVA, L. D. F.; PEREIRA, E.S. Desempenho e características de carcaça de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 7, p. 1562-1567, 2011.
- COPPOCK, C. E.; LANHAM, J. K.; HORNER, J. I. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 18, p. 89-129, 1987.

COPPOCK, C. E.; WILKS, D. L. Feeding whole cottonseed and cottonseed meal to dairy and beef cattle. In: **ALTERNATIVE FEEDS FOR DAIRY AND BEEF CATTLE**, 1991, St. Louis. **Proceedings...** 1991. p.43.

COSTA, Q. P. B.; WECHSLER, F. S.; COSTA D. P. B.; POLIZEL NETO, A.; ROÇA, R. O.; BRITO, T. P. Desempenho e características de carcaça de bovinos alimentados com caroço de algodão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 3, p. 729-735, 2011.

CRANSTON, J. J.; RIVERA, J. D.; GALYEAN, M. L. Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 84, n. 9, p. 2186-2194, 2006.

CRANSTON, J. J.; RIVERA, J. D.; GALYEAN, M. L.; BRASHEARS, M. M.; BROOKS, J. C.; MARKHAM, C. E.; McBETH, L. J.; KREHBIEL, C. R. Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 84, n. 8, p. 2186-2199, 2006.

DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interaction between dietary lipids and fiber in the sheep 2. Digestibility studies. **Animal Production**, Bletchley, v. 19, n. 1, p. 67-76, 1974.

FELÍCIO, P. E. Fatores ante et post mortem que influenciam na qualidade da carne bovina. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Ed.). **Produção do novilho de corte**. Piracicaba SP: FEALQ-USP, 1997. p. 79-97.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. **Journal Biological Chemistry**, Bethesda, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1956.

FORREST, J. C.; ABERELE, E. D.; HEDRICK, H. B.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Principles of Meat Science**. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1975. p. 226.

FUGITA, C. A. **Desempenho produtivo e características da carcaça e da carne de bovinos (Angus vs. Nelore) terminados em confinamento com aditivos na dieta e de holandeses castrados em diferentes idades**. 2013. 91 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

GALYEAN, M. J.; DEFOOR, P. J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 81, n.14, p. E8-E16, 2003. Supplement, E

IM, S.; HAYAKAWA, F.; KURAIA, T. Identification and sensory evaluation of volatile compounds in oxidized porcine liver. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 52, p. 300-305, 2004.

ISO 8586:2012. **Sensory analysis** - General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors.

JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993.

JOHNSON, D. E.; FERRELL, C. L.; JENKINS, T. G. The history of energetic efficiency research: Where have we been and where are we going? **Journal of Animal Science**, Albany, v. 81, p. E27–E38, 2003. E. Supplement, 1

LOPES, J. E. L.; SALES, R. O.; AZEVEDO, A. R.; OLIVEIRA, A. L. T. Composição centesimal, perfil de ácidos graxos e colesterol da carne de cordeiros submetidos aos sistemas de produção com dieta experimental e convencional. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, Fortaleza, v. 6, n. 2, p. 31-50, 2012.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. Nova Odessa: Limbife – Laboratório de Análises de carne, 2000. 140 p.

MACH, N.; BACH, A.; VELARDE, A.; DEVANT, M. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. **Meat Science**, Barking, v. 78, n. 3, p. 232-238, 2008.

MOORE, J.A.; SWINGLE, R.S.; HALE, W.H. Effects of Whole Cottonseed, Cottonseed Oil or Animal Fat on Digestibility of Wheat Straw Diets by Steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v.63, n.4, p.1267-1273, 1986.

MUCHENJEA, V.; DZAMAC, B. K.; CHIMONYOA, M.; STRYDOM, P. E.; HUGO, A.; RAATS, J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, London, v. 112, n. 2, p. 279-289, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington: National Academy Press, 1996. 242 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, D.C.: NRC, 2001. 381 p.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 64-75, 2014.

OLIVO, R.; OLIVO, N. **O mundo das carnes**. 4. ed. Criciúma: Editora do Autor, 2006. 214 p.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Fat in lactation rations: Review. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 63, n. 1, p. 1-14, 1980.

PESCE, D.M.C. **Efeito da dieta contendo caroço de algodão no desempenho, características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de novilhos Nelore confinados**. 2008. 138 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

RESCONI, V. C.; ESCUDERO, A.; BELTRÁN, J. A.; OLLETA, J. L.; SÃNUDO, C.; CAMPO, M. M. Colour, lipid oxidation, sensory quality, and aroma compounds of beef steaks displayed under different levels of oxygen in a modified atmosphere package. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 1, p. 10-18, 2012.

RIPOLL, G.; ALCALDE, M. J.; HORCADA, A.; PANEA, B. Suckling kid breed and slaughter weight discrimination using muscle colour and visible reflectance. **Meat Science**, Barking, v. 87, n. 2, p. 151-156, 2011.

RUBIANO, G. A. G.; ARRIGONI, M. D. B.; MARTINS, C. L.; RODRIGUES, E.; GONÇALVES, H. C.; ANGERAMI, C. N. Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos superprecoces das raças Canchim, Nelore e seus mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2490- 2498, 2009.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: statistics; version 9.1.3. Cary: SAS, 2003. 965 p.

SILVA, A. P. **Efeito da condição sexual, tempo de confinamento, atmosfera modificada, metabolismo celulares e regiões anatômias do músculo sobre a oxidação e outras características de qualidade de carne bovina maturada**. 2014. 72 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

SULLIVAN, H. M.; BERNARD, J. K.; AMOS, H.; JENKINS, T. C. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 87, n. 3, p. 665-671, 2004.

TATUM, J. D.; BELK, K. E.; GEORGE, M. H.; SMITH, G. C. Identification of quality management practices to reduce the incidence of retail beef tenderness problems: development and evaluation of a prototype quality system to produce tender beef. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 77, n. 8, p. 2112-2118, 1999.

VAN NEVEL, C.; DEMEYER, D. I. Lipolysis and biohydrogenation of soybean in the rumen in vitro: inhibition by antimicrobials. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 78, n. 12, p. 2797-2806, 1995.

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

VYNCKE, W. Evaluation of direct thiobarbituric extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel (*Scomber scombrus*, L), *Fett, Seifen, Anstrichmittel*, v.77, n.12, p.239-240, 1975.

WEISS, W. P.; CONRAD, H. R.; PIERRE, R. S. A theoretically-base model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, n.1-2, p. 95-119, 1992.

WILES, P. G.; GRAY, I. K.; KISSLING, R. C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas Methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 1, p. 21-32, 2003.

5 CINÉTICA *IN VITRO* DE FERMENTAÇÃO RUMINAL

RESUMO

Cinética *in vitro* fermentação ruminal

A determinação da digestibilidade dos alimentos através de ensaios *in vivo* é uma técnica laboriosa, que necessita de grandes quantidades de ingredientes, e que muitas vezes é inviável para a avaliação de um único alimento. Os métodos *in vitro* apresentam-se como uma ferramenta mais barata e rápida. A utilização da técnica de produção cumulativa de gases é baseada na relação entre a digestibilidade *in vivo* dos alimentos e a produção *in vitro* de gases, em combinação com a composição química do alimento. Avaliou-se a cinética de fermentação ruminal do milho e do caroço de algodão através da produção cumulativa de gases. O inóculo ruminal foi colhido de dois animais contendo cânula no rúmen. Os animais estavam adaptados a uma dieta contendo 80% de concentrado. Foram utilizados cinco frascos (repetições) contendo 1g de substrato (milho ou CA), além de 5 frascos “brancos” (sem substrato). Após a inoculação, os frascos foram tampados e incubados em estufa com circulação de ar a 39°C. As leituras de pressão e volume dos gases acumulados nos frascos de incubação foram realizadas com transdutor de pressão nos tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas. O volume de gás foi corrigido para os valores obtidos nos frascos “brancos”. O milho apresentou maior potencial de produção de gases quando comparado ao caroço de algodão ($P < 0,001$). O tempo de colonização não apresentou diferença entre as duas fontes de energia ($P = 0,646$). O caroço de algodão apresentou uma maior taxa de degradação comparado com o milho ($P = 0,001$) e, conseqüentemente, uma redução ($P < 0,001$) no tempo necessário para atingir a máxima produção de gás. O milho apresentou um maior potencial de degradação quando comparado com o caroço de algodão, resultado esse que pode ser observado pela maior produção de gases. Por outro lado, apesar de não suportar um grande potencial de degradação, parte da fração fibrosa do caroço de algodão apresentou alta degradabilidade, o que pode ser observado na sua maior taxa de degradação quando comparado com o milho. A inclusão de elevados teores de CA na dieta de bovinos em detrimento do teor de milho pode reduzir o desempenho animal devido à redução no potencial de fermentação.

Palavras-chave: Algodão. Fermentation. Gás. Milho. Rumen.

ABSTRACT

In vitro gas production kinetics

Determining feed digestibility with live animals through *in vivo* assays is a time-consuming, laborious and often not feasible for the evaluation of a single ingredient. *In vitro* techniques are cheaper and can provide faster results. The use of cumulative gas production technique is based on the relationship between *in vivo* digestibility of food and *in vitro* gas production combined with food chemical composition. The objective of this experiment was to evaluate the ruminal fermentation kinetics of corn and cottonseed through the *in vitro* gas production technique. Rumen inoculum was collected from two Nellore steers containing rumen cannula, previously adapted to a diet containing 80% of concentrate. Five bottles for each energy source (corn and cottonseed), plus five additional bottles containing buffered medium and rumen fluid inoculum only (blanks) were used. As the bottles were filled they were immediately closed with rubber stoppers, shaken and placed in the incubator at 39°C. The volume of gas produced was recorded at 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 h of incubation using the pressure reading technique. Gas values were corrected for blank incubations. The corn had greater gas production than cottonseed ($P < 0.001$). Lag time was not different between the two energy sources ($P = 0.646$). Cottonseed had higher FDR than corn ($P = 0.001$) and shorter time to half asymptote ($P < 0.001$). Corn had higher potential of degradation compared with cottonseed observed by the higher gas production. Moreover, even with lower potential of degradation, the cottonseed fibrous fraction had a high degradability compared to corn. High levels of cottonseed in the diet can reduce animal performance due the reduction in the potential of fermentation of the energy source.

Key-words: Cottonseed. Corn. Fermentation. Gas. Rumen.

5.1 INTRODUÇÃO

O valor nutritivo dos ingredientes utilizados no preparo das dietas de ruminantes pode ser determinado pela concentração de seus constituintes químicos, assim como pela taxa e extensão da digestão desses constituintes. A determinação da digestibilidade dos alimentos através de ensaios *in vivo* é uma técnica laboriosa, que necessita de grandes quantidades de ingredientes, e que muitas vezes é inviável para a avaliação de um único alimento. Além disso, a técnica *in vivo* de avaliação de ingredientes apresenta, muitas vezes, erros associados à utilização de marcadores de digestão, marcadores microbianos, além de erros inerentes à variação animal. Os métodos *in vitro* apresentam-se como uma ferramenta mais barata e rápida (STERN et al., 1997).

Existem disponíveis várias técnicas *in vitro* de avaliação do valor nutritivo dos alimentos. A utilização da técnica de produção cumulativa de gases é baseada na relação entre a digestibilidade *in vivo* dos alimentos e a produção *in vitro* de gases, em combinação com a composição química do alimento (MENKE; STEINGASS, 1988). O método *in vitro* de produção de gases determina primariamente a digestão da fração solúvel e insolúvel dos carboidratos, enquanto a quantidade de gás produzido reflete a produção de ácidos graxos de cadeia curta, que representam a principal fonte de energia para os ruminantes. Os gases são derivados, diretamente, da degradação dos alimentos pelos microorganismos ruminais e, indiretamente, do tamponamento dos ácidos gerados na fermentação. O volume de gás oriundo da degradação de proteína e gordura é bem pequeno e muitas vezes negligenciado (GETACHEW et al., 1998, 2004). Todavia, seu efeito, nas primeiras horas de incubação, já foi descrito como sendo de alguma influência na produção total de gases (CONE et al., 1999).

A técnica de produção de gases é um método bastante útil para a estimativa da taxa e da extensão da degradação dos alimentos (GROOT et al., 1996; CONE et al., 1996). De acordo com France et al. (1993), a produção cumulativa de gases fornece informações mais detalhadas da cinética de fermentação ruminal do que as informações obtidas através da estimativa do desaparecimento do ingrediente do meio de fermentação.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica de fermentação das fontes de energia utilizadas nas dietas descritas nos capítulos anteriores (milho e caroço de algodão) através da técnica *in vitro* de produção cumulativa de gases.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

5.2.1 Preparo dos substratos

Os substratos incubados consistiram nas duas fontes de energia (milho e caroço de algodão) utilizadas nas dietas dos experimentos descritos nos capítulos anteriores. Cada um dos ingredientes foi seco a 55 °C durante 72 horas utilizando estufa com circulação de ar (MA 035/5, Marconi Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, Brasil) e posteriormente moídos em moinho de bola com câmara fechada modelo MA350 (Marconi Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, Brasil).

5.2.2 Frascos de incubação

A incubação foi realizada em frascos de vidro de 160 ml (Wheaton glass serum bottle, Sigma Aldrich, St. Louis, USA). Foram utilizados cinco frascos (repetições) contendo 1g de substrato (milho ou CA), além de 5 frascos “brancos” (sem substrato).

5.2.3 Preparo do meio de cultura

O meio de cultura foi preparado de acordo com Theodorou et al. (1994), descrito por Preston (1995). Consistiu da mistura de solução tampão (carbonato de amônio e bicarbonato de sódio), solução de macro mineral (fosfato de sódio, fosfato de potássio e sulfato de magnésio), solução de micro mineral (cloreto de cálcio, cloreto de manganês, cloreto de cobalto e cloreto ferroso), solução de resazurina 0,1%, e solução redutora (cisteína, hidróxido de sódio 1N e sulfito de sódio).

Cada uma das soluções foi preparada separadamente um dia antes da incubação. Depois de misturadas, a solução final foi mantida sob fluxo contínuo de CO₂ por aproximadamente 12 horas, até o momento da incubação.

5.2.4 Colheita do inóculo e incubação

O inóculo ruminal foi colhido de dois animais contendo cânula no rúmen. Os animais estavam adaptados a uma dieta contendo 80% de concentrado, formulada de acordo com o NRC (1996), visando atender às exigências de bovinos em fase de terminação.

O conteúdo ruminal de cada um dos animais foi obtido antes da alimentação matinal. Amostras de vários pontos do rúmen foram colhidas, filtradas através de uma camada de tecido de nylon de 100 micras e imediatamente armazenadas em garrafas térmicas previamente aquecidas (39° C) e insufladas com CO₂.

No laboratório, o conteúdo ruminal dos animais foi mantido a 39° C e sob fluxo contínuo de CO₂ até o momento da inoculação, que foi realizada com o auxílio de uma seringa graduada, através da adição de 25 ml de inóculo em cada frasco contendo 1g de substrato e 75 ml de meio de cultura. Imediatamente após a inoculação os frascos foram tampados e incubados em estufa com circulação de ar a 39° C (MA 035, Marconi Equipamentos para Laboratórios, Piracicaba, Brasil). Esse foi considerado o tempo zero de incubação.

5.2.5 Avaliação da produção de gases

As leituras de pressão e volume dos gases acumulados nos frascos de incubação foram realizadas com transdutor de pressão modelo AG100 (MPL Materiais para Laboratório, Piracicaba, SP) conectado a uma agulha (25mm x 7mm) nos tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas. Após a leitura, o volume de gás no interior dos frascos foi liberado até a pressão indicada pelo transdutor indicar valor zero.

Os resultados de produção de gases foram avaliados de acordo com o modelo de France et al. (1993):

$$Y = A \times \{1 - \exp[-b \times (t - L) - c \times (\sqrt{t} - \sqrt{L})]\}; \geq L,$$

onde Y é a produção cumulativa de gás (ml), A é a produção assintótica de gás (ml), t é o tempo de incubação (h), L é o tempo de colonização (h), b (h⁻¹) e c (h⁻¹) são taxas constantes.

A taxa fracional de produção de gases (kd, h^{-1}) no tempo para a metade da produção assintótica ($T_{1/2}$, h) foi calculada como:

$$FDR = b + \frac{c}{2 \times \sqrt{T_{1/2}}}$$

5.2.6 Análise estatística

Os parâmetros da cinética de produção de gases foram estimados através de regressão não linear utilizando o procedimento NLIN do pacote estatístico SAS. Os dados foram analisados através do procedimento MIXED, sendo o inóculo considerado efeito aleatório.

O cálculo dos graus de liberdade dos efeitos fixos foi ajustado pelo método de Kenward-Roger.

As médias foram obtidas pelo procedimento LSMEANS e comparadas utilizando o teste TUKEY.

A normalidade dos resíduos e a homogeneidades das variâncias dos dados foram previamente analisadas através do procedimento UNIVARIATE do pacote estatístico SAS. Observações que apresentarem valores de resíduo estudentizado fora do limite de ± 3 foram removidas do banco de dados.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à cinética de fermentação ruminal das duas fontes de energia utilizadas nos capítulos descritos anteriormente (milho e CA) estão apresentados na Tabela 16.

O milho apresentou um maior potencial de produção de gases quando comparado ao caroço de algodão ($P < 0,001$). Esse fato está relacionado com a composição química que cada uma das fontes de energia apresenta. De maneira geral, a produção total de gás está negativamente correlacionada com conteúdo de parede celular (FND e FDA), que tende a reduzir a atividade microbiana devido à manutenção de condições adversas à medida que o

tempo de incubação aumenta (SALLAM et al., 2007). Por outro lado, Biover et al. (2005) observaram uma correlação positiva entre a produção de gases e o teor de amido do substrato. Da mesma forma, Getachew et al. (2004) também observaram uma correlação positiva entre a produção de gases e teor de carboidratos não fibrosos do substrato. Como o milho apresenta grande quantidade de amido, era de se esperar uma maior produção de gases quando comparado com o CA, que apresenta grande quantidade de fibra, proteína e lipídios, componentes esses que não contribuem de maneira tão expressiva para a produção de gás durante o decorrer do período de incubação.

O tempo de colonização não apresentou diferença entre as duas fontes de energia ($P = 0,646$). De maneira geral, o processamento das fontes em moinho de facas para a realização da incubação já desconfigura, de certa forma, a real condição para a avaliação da colonização do substrato pelos microorganismos. Dessa forma, o tempo necessário para o início do processo de degradação é mais influenciado pelo tipo de substrato do que pela sua natureza física, ou seja, substratos mais facilmente fermentescíveis provavelmente apresentaram *lag time* menor quando comparados em estudos *in vitro*.

Tabela 10 - Cinética de fermentação ruminal *in vitro* das fontes energéticas utilizadas nas dietas experimentais

Itens	Fontes energéticas		EPM	Valor de P
	Milho	Caroço de Algodão		
A (ml)	338	82,7	7,05	< 0,001
L (h)	1,71	1,81	0,148	0,646
kd (h^{-1})	0,07	0,09	0,002	0,001
$T_{1/2}$	16,3	10,5	0,247	< 0,001

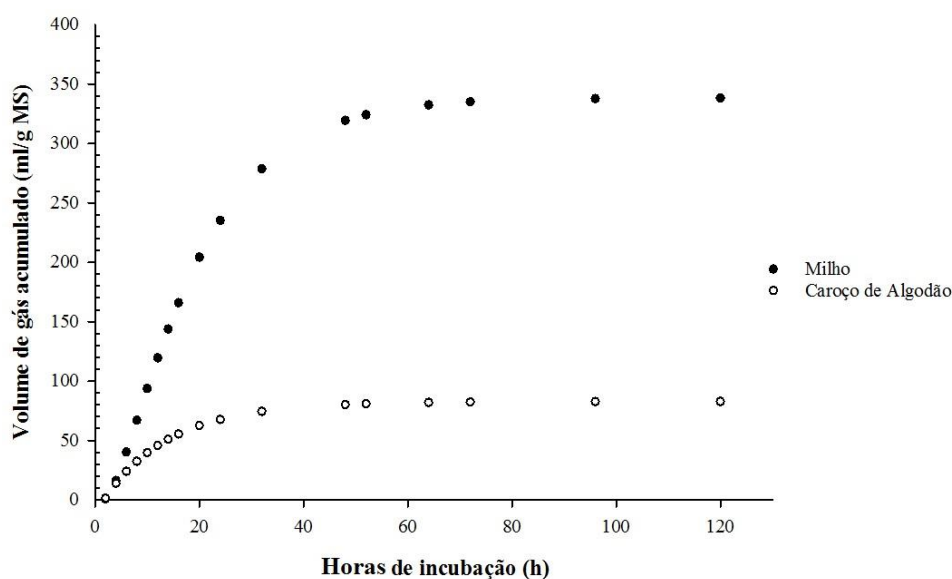
A = potencial máximo de produção de gases; L = tempo de colonização; kd = taxa de produção de gases; $T_{1/2}$ = tempo para atingir a metade da produção máxima de gases.

O caroço de algodão apresentou uma maior taxa de degradação comparado com o milho ($P = 0,001$). Apesar do elevado teor de fibra (FDN) que está negativamente correlacionado com o potencial de produção de gases (SALLAM et al., 2007), o caroço de algodão também apresenta grande quantidade de línter, uma fibra de alta digestibilidade e que pode ter contribuído para a elevação da taxa de degradação (BO et al., 2012) e, conseqüentemente, para a redução ($P < 0,001$) do tempo necessário para atingir a máxima produção de gás.

Conforme pode ser observado na figura 16, o caroço de algodão apresenta um baixo potencial de produção de gases, devido principalmente ao seu elevado teor de proteína bruta, extrato etéreo e FDN, constituintes que não favorecem a manutenção de elevadas taxas de produção de gases e, por esse motivo, o volume de gás acumulado durante o período de incubação é menor em comparação com o milho. Esses dados estão de acordo com Santos et al. (2003), que também observaram a menor produção de gás para o CA quando comparado com outras fontes de energia como feno, silagens, milho e polpa cítrica. De acordo com esses autores, a fração FDN do caroço é o principal substrato no fornecimento de energia para o crescimento microbiano.

Provavelmente, os elevados teores de proteína e extrato etéreo do caroço de algodão são os responsáveis por reduzir o potencial de degradação de parte da sua própria fração fibrosa, ou seja, pode existir uma possível interação entre a fração fibrosa e a fração lipídica e proteica do próprio caroço de algodão.

Figura 17 - Produção cumulativa de gases *in vitro* das fontes energéticas utilizadas nas dietas



Santos et al. (2003) também observaram maior taxa de degradação para o caroço de algodão quando comparado com o milho. De acordo com os autores, a presença de fibra solúvel pode explicar esse comportamento. Apesar de não ser capaz de suportar grandes produções de gás, a fibra solúvel do caroço de algodão proporciona elevadas taxas de degradação para esse ingrediente.

Esses resultados, de certa forma, fazem sentido com os resultados obtidos nos experimentos realizados *in vivo*. O aumento do teor de CA nas dietas dos animais reduziu a digestibilidade e o desempenho dos animais. Assim como observado nesse ensaio *in vitro*, o aumento do teor de FDN e extrato etéreo na dieta devido à inclusão de CA, em detrimento do teor de amido, não são suficientes para manter uma boa fermentação ruminal e, conseqüentemente, um bom desempenho dos animais.

A possível interação entre os seus próprios constituintes (fibra e extrato etéreo principalmente) pode afetar negativamente a fermentação ruminal, refletindo em um baixo desempenho animal *in vivo* e uma baixa produção de gases *in vitro*.

5.4 CONCLUSÃO

O milho apresenta um maior potencial de degradação quando comparado com o caroço de algodão, resultado esse que pode ser observado pela maior produção de gases.

Por outro lado, apesar de não suportar um grande potencial de degradação, parte da fração fibrosa do caroço de algodão apresenta alta degradabilidade, o que pode ser observado na sua maior taxa de degradação quando comparado com o milho.

A combinação das duas fontes energéticas (milho e caroço de algodão) na dieta de bovinos pode potencializar a fermentação ruminal devido à elevada taxa de degradação do CA e do bom potencial de degradação do milho. Entretanto, o teor ótimo de combinação das duas fontes deve ser avaliado com cautela, visto que o CA não consegue proporcionar o mesmo potencial de degradação e, portanto, manter um bom padrão de fermentação em detrimento do milho na dieta.

REFERÊNCIAS

BARAJAS, R.; ZINN, R. A. The feeding value of dry-rolled and steam-flaked corn in finishing diets for feedlot cattle: Influence of protein supplementation. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 76, n. 7, p. 1744–1752, 1998

BAS, P.; BERTHELOT, V.; POTTIER, E.; NORMAND, J. Effect of level of linseed on fatty acid composition of muscles and adipose tissues of lambs with emphasis on trans fatty acids. **Meat Science**, v. 77, n. 4, p. 678-688, 2007.

BESSA, R. J. B.; PORTUGAL, P. V.; MENDES, I. A.; SANTOS-SILVA, J. Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate, **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 96, n. 2-3, p. 185–194, 2005.

BO, Y.K.; YANG, H.J.; WANG, W.X.; LIU, H.; WANG, G.Q.; YU, X. Metabolizable energy, in situ rumen degradation and in vitro fermentation characteristics of linted cottonseed holls, delinted cottonseed holls and cottonseed liter residue. **Asian-Australasian journal of Animal Science**. Gwanak-gu. 25, n.2, p.240-247, 2012.

BROSH, A.; HOLZER, Z.; LEVY, D. Cottonseed for protein and energy supplementation of high-roughage diets for beef cattle. **Animal Production**, Bletchley, v. 48, n. 3, p. 513-518, 1989.

BROWN, M. S.; KREHBIEL, C. R.; DUFF, G. C.; GALYEAN, M. L.; HALLFORD, D. M.; WALKER, D. A. Effect of degree of corn processing on urinary nitrogen composition, serum metabolite and insulin profiles, and performance by finishing steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 78, n. 9, p. 2464-2474, 2000.

CHALUPA, W.; RICKABAUGH, B.; KRONFELD, D.; SKLAN, S. D. Rumen fermentation in vitro as influenced by long chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, Albany, v. 67, n.7, p. 1439-1444, 1984.

CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H.; VISSCHER, G.J.W. et al. Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with a fully automated time related gas production apparatus. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.61, p.113-128, 1996.

CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAUER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.

CORRIGAN, M. E.; ERICKSON, G. E.; KLOPFENSTEIN, T. J.; LUEBBE, M. K.; VANDER POL, K. J.; MEYER, N. F.; BUCKNER, C. D.; VANNESS, S. J.; HANFORD, K. J. Effect of corn processing method and corn wet distillers grains plus solubles inclusion level in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, n. 10, p. 3351-3362, 2009.

COSTA, Q. P. B.; WECHSLER, F. S.; COSTA, D. P. B.; POLLIZEL NETO, A.; ROÇA, R. O.; BRITO, T. P. Desempenho e características da carcaça de bovinos alimentados com dietas com caroço de algodão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 3, p. 729-735, 2011.

DE BIOVER, J.L.; AERTS, J.M.; VANACKER, J.M; DE BRABANDER, D.L. Evaluation of the nutritive value of maize silages using a gas production technique. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.252, p.123-124, 2005.

DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interaction between dietary lipids and fiber in the sheep 2. Digestibility studies. **Animal Production**, Bletchley, v. 19, n. 1, p. 67-76, 1974.

FRANCE, J.; DHANOA, M. S.; THEODOROU, M. K.; LISTER, S. J.; DAVIES, D. R.; ISAC, D. A model to interpret gas accumulation profiles associated with in vitro degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 163, n. 1, p. 99-111, 1993.

GALYEAN, M. L.; WAGNER, D. G.; OWENS, F. N. Corn particle size and site and extend of digestion by steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 45, n.1, p. 204-210, 1979.

GETACHEW, G. P. H. R.; DE-PETERS E. J.; TAYLOR, S. J. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.111, p.57-71, 2004.

GETACHEW, G. P. H. R.; BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutrition quality of feeds: a review. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.72, p.261-281, 1998.

GOROCICA-BUENFIL, M. A.; FLUHARTY, F. L.; REYNOLDS, C. K.; LOERCH, D S. C. Effect of dietary vitamin A restriction on marbling and conjugated linoleic acid content in Holstein steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 85, n. 12, p. 2243–2255, 2007.

GROOT, J. C. J.; CONE, J. W.; WILLIAMS, B. A.; DEBERSAQUES, F. M. A.; LANTINGA, E.A. Multiphasic analysis of gas production kinetics for in vitro fermentation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.64, p.77-89, 1996.

JENKINS, T. C.; WALLACE, R. J.; MOATE, P. J.; MOSLEY, E. E. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 86, n. 2, p. 397-412, 2008.

MCALLISTER, T. A.; GIBB, D. J.; BEAUCHEMIN, K. A.; WANG, Y. Starch type, structure and ruminal digestion. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, **Proceedings**. 2007. p. 30-41, 2007. Disponível em: <http://beefextension.com/proceedings/cattle_grains06/06-5.pdf>. Acesso em: 13 Março 2015.

MCALLISTER, T. A.; PHILLIPPE, R. C.; RODE, L. M.; CHENG, K. J. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. **Journal Animal Science**, Albany, v. 71, n.1, p. 205–212, 1993.

MENKE, K. H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. **Animal Research and Development**, v.28, n.1, p.7-55, 1988.

MOORE, J. A.; SWINGLE, R. S.; HALE, W. H. Effects of whole cottonseed, cottonseed oil or animal fat on digestibility of wheat straw diets by steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, n. 4, p. 1267-1273, 1986.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington: National Academy Press, 1996. 242 p.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 64-75, 2014.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 75, n. 3, p. 868-879, 1997.

OWENS, F. N.; SODERLUND, S. Ruminal and post ruminal starch digestion by cattle. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2007. **Proceedings...** 2007. p. 116-128, 2007. Disponível em: <http://beefextension.com/proceedings/cattle_grains06/06-5.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2015.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Fat in lactation rations: Review. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 63, n. 1, p. 1-14, 1980.

PESCE, D. M. C. **Efeito da dieta contendo caroço de algodão no desempenho, características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de novilhos Nelore confinados**. 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOUREAU, B. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 81, n. 8, p. 2178-2184, 1998.

PRESTON, T. R. Biological and chemical analytical methods. In: PRESTON, T. R. **Tropical animal feeding: a manual for research workers**. Rome: FAO, 1995. p. 191- 64.

RADUNZ, A. E.; WICKERSHAM, L. A.; LOERCH, S. C.; FLUHART, F. L.; REYNOLDS, C. K.; ZERBY, H. N. Effects of dietary polyunsaturated fatty acid supplementation on fatty acid composition in muscle and subcutaneous adipose tissue of lambs. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, n. 12, p. 4082-4091, 2009.

- SALLAM, S. M. A.; NASSER, M. E. A.; EL-WAZIRY A. M.; BUENO, I. C. S.; ABDALLA, A. L. Use of an in vitro rumen gas production technique to evaluate some ruminants feedstuffs. **Journal of Applied Sciences Research**, Satire, v. 3, n. 1, v. 34-41, 2007.
- SANTOS, R. A.; TEIXEIRA, J. C.; PEREZ, J. R. O.; PAIVA, P. C. A.; MUNIZ, J. A.; ARCURI, P. B. Estimativa da degradabilidade ruminal de alimentos utilizando a técnica de produção de gás em bovinos, ovinos e caprinos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 689-695, 2003.
- SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: statistics; version 9.1.3. Cary: SAS, 2003. 965 p.
- SCOTT, T. L.; MILTON, C. T.; ERICKSON, G. E.; KLOPFENSTEIN, T. J.; STOCK, R. A. Corn processing method in finishing diets containing wet corn gluten feed. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 81, n. 12, p. 3182-3190, 2003.
- SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; OWENS, F. N.; ANDWELTY, S. D. Effects of corn particle size on feedlot steer performance and carcass characteristics. **Animal Science Research Report**, Oklahoma, v. 31, n. 2, p. 99–104, 1995.
- SOUZA, R.A. **Caroço de algodão moído na alimentação de cordeiros(as) em confinamento**. 2014. 102 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.
- STERN, M. D.; BACH, A.; CALSAMIGLIA, S. Alternative Techniques for Measuring Nutrient Digestion in Ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 8, p. 2256-2276, 1997.
- SULLIVAN, H. M.; BERNARD, J. K.; AMOS, H.; JENKINS, T. C. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 87, n. 3, p. 665-671, 2004.
- THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S.; MCALLAN, A.B. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feed. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 48, n. 1, p. 185-197, 1994.
- TURGEON, O. A.; BRINK, D. R.; BRITTON, R. A. Corn particle size mixtures, roughage level and starch utilization in finishing steer diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 57, n. 3, p. 739-749, 1983.
- VERBIC, J.; STEKAR, J. M. A.; CEPON, M. R. Rumen degradation characteristics and fiber composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 54, p. 133-148, 1995.

ANEXOS

ANEXO A

Avaliação sensorial: Painel Consumidor

Escala hedônica estruturada

Experimente as amostras de carne e atribua um valor, conforme a escala abaixo:

Intensidade de odor	Intensidade de sabor	Aceitabilidade global
(1) Nenhum	(3) Muito mais forte que o ideal	(1) Desgostei muitíssimo
(2) Muito fraco	(2) Moderadamente mais forte que o ideal	(2) Desgostei muito
(3) Moderado fraco	(1) Ligeiramente mais forte que o ideal	(3) Desgostei regular
(4) Ligeiramente fraco	(0) Intensidade ideal	(4) Desgostei ligeiramente
(5) Ligeiramente intenso	(-1) Ligeiramente mais fraco que o ideal	(5) Gostei ligeiramente
(6) Moderadamente intenso	(-2) Moderadamente mais fraco que o ideal	(6) Gostei regularmente
(7) Muito intenso	(-3) Muito mais fraco que o ideal	(7) Gostei muito
(8) Extremamente intenso		(8) Gostei muitíssimo

Nº da amostra	Odor	Sabor	Aceitabilidade Global

Comentário:

ANEXO B

Avaliação sensorial: Painel Consumidor

Escala hedônica não estruturada

Nome do avaliador: _____ Data: ____/____/20____

Número da Amostra: _____

1. Cheire a amostra de carne e indique na escala abaixo a intensidade do aroma da mesma. Feche a boca para cheirar. Realize aspirações curtas.

Odor Fígado /sangue
 |-----|
 Nenhum Extremamente intenso

Odor requeimado
 |-----|
 Nenhum Extremamente intenso

Odor ácido/fermentado
 |-----|
 Nenhum Extremamente intenso

Odor oxidado/ranço
 |-----|
 Nenhum Extremamente intenso

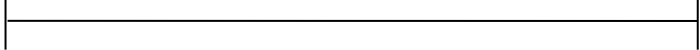
Odor de ração
 |-----|
 Nenhum Extremamente intenso

2. Prove a amostra de carne e usando a escala abaixo e indique a intensidade de sabor da mesma.

Sabor fígado/sangue
 |-----|
 Nenhum Extremamente intenso

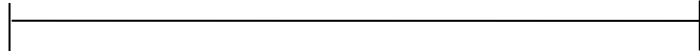
Sabor requeimado
 |-----|
 Nenhum Extremamente intenso

Sabor ácido/fermentado




Nenhum Extremamente intenso

Sabor oxidado/ranço



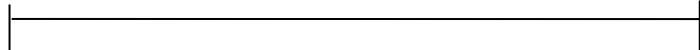
Nenhum Extremamente intenso

3. Prove a amostra de carne e usando a escala abaixo e indique a intensidade de suculência da mesma.



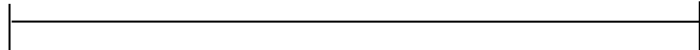
Extremamente seca Extremamente suculenta

4. Prove a amostra de carne e usando a escala abaixo e indique a intensidade da maciez da mesma.



Extremamente dura Extremamente macia

5. Prove a amostra de carne e usando a escala abaixo e indique a aceitabilidade global da mesma.



Desgostei muitíssimo Gostei muitíssimo