

RAFAEL MEZZOMO

**FARELO DE SOJA TRATADO COM TANINOS EM DIETAS COM ALTO TEOR DE
CONCENTRADO PARA BOVINOS DE CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M617f
2013

Mezzomo, Rafael, 1985-

Farelo de soja tratado com taninos em dietas com alto teor de concentrado para bovinos de corte / Rafael Mezzomo. – Viçosa, MG, 2013. xii, 166f. : il. ; 29cm.

Orientador: Pedro Veiga Rodrigues Paulino.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Rúmen - Fermentação. 2. Proteínas. 3. Nitrogênio na nutrição animal. 4. Carne bovina. 5. Ácidos graxos.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.
II. Título.

CDD 22. ed. 636.0852

RAFAEL MEZZOMO

**FARELO DE SOJA TRATADO COM TANINOS EM DIETAS COM ALTO TEOR DE
CONCENTRADO PARA BOVINOS DE CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 18 de fevereiro de 2013.

Marcos Inácio Marcondes

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira
(Coorientador)

Mário Fonseca Paulino

Mario Luiz Chizzotti

Pedro Veiga Rodrigues Paulino
(Orientador)

*À minha Família: Mãe, Pai e
Nara. A minha esposa, Daiany.
E aos verdadeiros amigos,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, João e Marga, pelo incentivo, compreensão e exemplo de caráter e honestidade, durante todos os momentos da minha vida.

À minha irmã, Nara, pela confiança e amor a mim prestados.

À minha querida Daiany, pela paz, apoio, incentivo, a mim passados e é claro, por me aturar nos momentos de estresse causados por essa fase.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial o Departamento de Zootecnia, pela oportunidade da formação profissional e realização deste curso.

Ao Prof. Pedro Veiga Rodrigues Paulino pela orientação e confiança.

Ao Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho, Prof. Mário Fonseca Paulino, Prof. Marcos Inácio Marcondes e Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira pelas críticas construtivas para o aprimoramento deste trabalho. E aos demais professores da Universidade Federal de Viçosa pela contribuição na minha formação profissional.

Aos estagiários e bolsistas de iniciação científica, Livian, Rafael, Mateus, Jaque, Emilia, Lucão, Mazon, Dani, entre outros, pelo comprometimento, grande auxílio na condução experimental, pela amizade e agradável convivência.

A Taiane, um dos meus braços direitos, na condução desse trabalho, serei eternamente grato pelo seu fiel apoio e compromisso.

A Marcilia, meu outro braço direito, pelo compromisso, esforço, dedicação e firmeza principalmente durante fases difíceis.

Aos grandes amigos e compadres Mateus e Nizio, pela vivência durante toda graduação, mestrado e agora doutorado me proporcionando momentos de paz, felicidade e harmonia, mesmo em momentos que estávamos distantes.

Aos grandes amigos João Paulo, Ivanna, também meus compadres pela amizade e ensinamentos e desensinamentos durante essa minha fase.

Aos amigos pós-graduando Marcio, Simone, Gustavo, Goiano, Vitor, Mozart, Eric, Luiz Jana, Laurinha, Lais, Luiz Fernando, Poliana e tantos outros, pelo incentivo, sugestões e agradável convivência.

À todos os funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial ao Marcelo, Zezé, Pum, Joelcio e Seu Jorge pelo auxílio fundamental na realização deste trabalho.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA), Fundação de Amparo à Pesquisa Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), conselho nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio na execução dessa pesquisa.

À Nutron e a Silva Team pelo apoio no experimento.

À todas as pessoas que direta e, ou, indiretamente contribuíram para realização desse trabalho o meu MUITO OBRIGADO! Vocês serão lembrados com muito respeito e carinho.

BIOGRAFIA

RAFAEL MEZZOMO, filho de João Mezzomo e Maria Margaret Mezzomo, nasceu em São Miguel do Oeste, Santa Catarina, em 04 de dezembro de 1985.

Iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade do Estado de Santa Catarina, em Chapecó - SC, em março de 2004, concluindo em agosto de 2008.

Em agosto de 2008, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, concluindo dia 23 de fevereiro de 2010.

Em março de 2010 iniciou o curso de doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, desenvolvendo estudos na área de Nutrição de Ruminantes.

Em outubro de 2011 assumiu o cargo de professor efetivo na Universidade Federal Rural da Amazonia – UFRA, Campus de Parauapebas, na área de produção de ruminantes e forragicultura.

Submeteu-se a defesa de tese em 18 de fevereiro de 2013.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| RESUMO | viii |
| ABSTRACT | xi |
| INTRODUÇÃO GERAL | 14 |
| Literatura Citada | 23 |
| CAPITULO 1 - Quantidade e qualidade da PNDR de diferentes fontes proteicas tratadas com tanino..... | 28 |
| Introdução..... | 30 |
| Metodologia | 32 |
| Resultados e Discussão..... | 37 |
| Conclusão..... | 48 |
| Literatura Citada | 49 |
| CAPÍTULO 2 - Farelo de soja tratado com tanino em dietas de alto concentrado na alimentação de bovinos: eficiência dietética da proteína, parâmetros ruminais, consumo e digestibilidade total e parcial | 51 |
| Introdução..... | 53 |
| Materiais e Métodos..... | 55 |
| Resultados | 66 |
| Discussão | 75 |
| Conclusão..... | 85 |

| | |
|--|-----|
| Literatura Citada | 86 |
| CAPÍTULO 3 – Desempenho e características de carcaça de bovinos super precoces alimentados com farelo de soja tratado com tanino | 91 |
| Introdução..... | 93 |
| Materiais e Métodos..... | 94 |
| Resultados | 103 |
| Discussão | 112 |
| Conclusão..... | 125 |
| Literatura Citada | 125 |
| CAPÍTULO 4 - Parâmetros qualitativos de carcaça de bovinos super-precoces alimentados com farelo de soja tratado com tanino | 129 |
| Introdução..... | 132 |
| Materiais e Métodos..... | 133 |
| Resultados | 145 |
| Discussão | 155 |
| Conclusões | 165 |
| Literatura Citada | 165 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 169 |

RESUMO

MEZZOMO, Rafael, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2013. **Farelo de soja tratado com taninos em dietas com alto teor de concentrado para bovinos de corte.** Orientador: Pedro Veiga Rodrigues Paulino. Coorientadores: Sebastião de Campos Valadares Filho e Luiz Gustavo Ribeiro Pereira.

Foram realizados quatro experimentos, onde inicialmente objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes tipos de tanino sobre a quantidade e qualidade da PNDR de diferentes alimentos proteicos. Posteriormente avaliar a inclusão do alimento que apresentasse melhor resposta no experimento 1 sobre os parâmetros metabólicos (Capítulo 2) desempenho produtivo (Capítulo 3) e características quantitativas da carne (Capítulo 4) de animais bovinos Nelore super-precoces alimentados com dietas com alto teor de concentrado. No 1º experimento foram avaliados o farelo de amendoim (FA), farelo de soja integral (FSi) e farelo de soja normal (FS). Foram analisados 54 tratamentos a partir da combinação de três alimentos proteicos (FA, FSi, FS), três misturas de tanino (tipo A, B e C), quatro níveis da mistura de tanino ao alimento (0%, 1%, 2,5% e 5% de inclusão) e umedecimento ou não da amostra. As amostras foram analisadas seguindo a técnica de três estágios. A divergência do valor nutricional protéico, baseada em variáveis discriminatórias entre os grupos, foi estimada por meio de análise de agrupamento. Foram formados oito agrupamentos, sendo o grupo 1 o de melhor qualidade e o grupo 8 de pior qualidade. Os tratamentos FS-U A 2,5% e FS-U A 5% (que representam o farelo de soja tratado com tanino condensado tipo A nos níveis de 2,5 e 5% e que passaram pelo processo de solubilização) foram os que apresentaram melhores características de quantidade e qualidade da PNDR. No experimento 2, 3 e 4; as dietas apresentavam relação volumoso/concentrado de 16/84, sendo o farelo de soja substituído pelo farelo de soja tratado nos níveis 0, 33, 66 e 100% na matéria seca, tendo ainda um tratamento FST+U (Farelo de soja tratado mais ureia) onde o farelo de soja foi integralmente substituído por farelo de soja tratado para atender às exigências de PNDR e por uréia para satisfazer os requisitos de PDR. Para o experimento 2 foram utilizados 5 animais delineados em QL 5x5 e para o experimento 3 e 4 foram utilizados 42 bovinos Nelore, machos não-castrados, com peso corporal inicial de $244,5 \pm 4,99$ kg e idade média inicial de nove meses. No experimento 2, o

consumo de extrato etéreo e de FDNcp foram os únicos parâmetros relativos à ingestão de alimentos afetados ($P < 0,05$) pela substituição do farelo de soja convencional (FS) pelo farelo de soja tratado com tanino (FST). Para digestibilidade ruminal e intestinal houve efeito linear ($P < 0,05$) apenas para a proteína bruta (PB), apresentando comportamento decrescente para a digestibilidade ruminal e crescente para a digestibilidade intestinal desse nutriente. A ingestão de proteína não degradada no rúmen e proteína metabolizável apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$) ao substituir-se o FS pelo FST. A ingestão de proteína degradada no rúmen e proteína microbiana no abomaso apresentaram resultados lineares decrescentes ($P < 0,05$), uma vez que substituição do FS pelo FST levou à diminuição desses parâmetros. No experimento 3 houve queda linear no consumo de MS ($P < 0,05$) ao substituir-se o FS convencional pelo FST. Por outro lado, não foi observada redução no ganho de peso e de carcaça ($P > 0,05$). A eficiência de deposição de carcaça teve efeito quadrático com menor nível em aproximadamente 60% de substituição do FS pelo FST. Houve modificação na composição do ganho de carcaça quando adicionou-se FST ($P < 0,05$) com aumento da deposição de tecido muscular e diminuição da deposição de gordura. A AOL aumentou linearmente ($P > 0,05$) com a substituição do FS pelo FST, enquanto a EGS diminuiu linearmente ($P < 0,05$). No experimento 4 não foi observado nenhum efeito estatístico ($P > 0,05$) para o perfil de ácidos graxos na digesta abomasal. No músculo observou-se apenas diferença ($P < 0,05$) para o ácido esteárico (C18:0), e ácidos graxos monoinsaturados. Para os ácidos graxos depositados na gordura subcutânea foi verificado aumento linear na deposição de ácidos graxos poliinsaturados ($P < 0,05$) à medida que substituiu-se o FS convencional pelo FS tratado com tanino. Não houve interação ($P > 0,05$) entre os tratamentos e o tempo de armazenamento de bifes de *Longissimus dorsi* (LD) para os parâmetros relativos à coloração. Quanto ao tempo de armazenamento, todas as variáveis apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$), no entanto, não houve diferença entre níveis de inclusão de tanino e o contraste do tratamento FST+U ($P > 0,05$). Houve interação entre o tempo de armazenamento e os tratamentos experimentais (T. x dia) para a oxidação de lipídeos ($P < 0,05$). Apresentando diferenças entre o tempo de armazenamento apenas para os tratamentos 0, 66% de substituição do FS pelo FST e para o tratamento FST+U

($P < 0,05$). Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) para força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, perdas por descongelamento, cozimento e totais na carne. A utilização de farelo de soja tratado com tanino em substituição ao farelo de soja convencional melhora a conversão de PB para PM, provocando modificações na composição do ganho dos animais, aumentando a taxa de ganho de tecido magro na carcaça. No entanto, ao mesmo tempo provoca redução no consumo de matéria seca dos animais, promovendo melhor conversão alimentar. Aumenta também o teor de ácidos graxos poli-insaturados da gordura subcutânea

ABSTRACT

MEZZOMO, Rafael, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2013. **Soibean mail treated with tannins in diets with high grain.** Advisor: Pedro Veiga Rodrigues Paulino. Co-advisors: Sebastião de Campos Valadares Filho and Luiz Gustavo Ribeiro Pereira.

Four experiments were carried, and the first trial was conducted to evaluate the effect of different tannins on the amount and quality of RUP of different foods rich in high biological value proteins. The other 3 trials (2, 3 and 4 chapter) was conducted to evaluate the effects of replacing traditional soybean meal to soybean meal treated with tannin on intake, digestibility, performance, carcass traits, yield of commercial carcass cuts, meat quality and fatty acid composition of beef bulls finished on feedlot fed high concentrate diets (84% of DM). Bulls were fed with cracked corn, whole cottonseed and sugar-cane bagasse in natura, soybean meal treated with CT (SBMT) and traditional soybean meal (SBM). The treatments consisted of 4 levels of replacement of soybean meal whith soybean treated with CT (0, 33, 66, and 100%) and one treatment with 2.5% of SBMCT (relative to 33% of SBMT) but without SBM, which was replaced by urea and corn (with the same level of CP of soybean meal) (SBM+U). To the trial 2, It was used five Nellore bulls, with 290 ± 11.2 kg body weight, fitted with rumen and abomasum cannula. To the trial 3 and 4, Forty-two crossbred Nellore bulls were used in the study, with an average initial body weight of 242.6 ± 5.12 kg. On trial 2, the ether extract and NDFap intake were the only parameters related to food intake affected ($P < 0.05$) by replacing the conventional soybean meal (SBM) by soybean meal treated with tannin (SBMT). Ruminal and intestinal digestibility were linear ($P < 0.05$) only for crude protein (CP). Rumen undegraded protein intake and metabolizable protein intake showed increased linear ($P < 0.05$) with the substitution SBM by SBMT. Rumen degradable protein intake and microbial protein (g/day) showed linear decrease ($P < 0.05$), with the substitution SBM by SBMT. On trial 3, no significant effects ($P > 0.05$) of treatments were observed for some of the variables evaluated: average daily gain, EBW gain, carcass daily gain and carcass yield in relation to body weight. On the other hand, dry matter intake (DMI), rib fat thickness (RFT) and flank yield decreased linearly ($P < 0.05$). Feed conversion (FC) had a quadratic behavior ($P < 0.05$) with better FC with 60% with the

substitution SBM by SBMT. On trial 4, no significant effects ($P>0.05$) of treatments were observed for the profile of fatty acids in abomasal digesta. On muscle was observed only differences ($P <0.05$) for stearic acid (C18: 0) and monounsaturated fatty acids. To profile of fatty acid deposited in subcutaneous fat showed increased linear ($P<0.05$) with the substitution SBM by SBMT. There was no interaction ($P>0.05$) between the treatments and days of storage of beef steaks. No difference was observed between treatments for beef color variables ($P>0.05$). There was an interaction between storage time and treatments for TBARS ($P<0.05$). Differences were observed between the shelf life only for treatments 0, 66% and SBM+U treatment. The replacement traditional soybean meal to soybean meal treated with 2.5% of tannin (85% of condensed tannin and 15% of hydrolysable tannin) in high concentrate diets implies in changes in the composition of the animals gain by increasing the rate of gain of muscle tissue in the carcass. However, at the same time causes reduction in dry matter intake, promot better feed conversion. And implies changes in fatty acid profile, especially subcutaneous fat, with no changes on meat quality.

INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil e em países importadores nota-se significativo crescimento de mercados consumidores específicos, principalmente devido ao aumento do poder aquisitivo da população, que passa a buscar alimentos diferenciados e/ou com alta qualidade, como, por exemplo, carcaças bem acabadas (espessura de gordura subcutânea), carne bovina macia, com gordura intramuscular (realçando o sabor da carne), com perfil de ácidos graxos favoráveis a saúde humana e, também, produtos que, de alguma forma, apresentem algum impacto benéfico ao meio ambiente, como por exemplo, mitigação de metano. Porém, para se produzir esse tipo de alimento deve-se adotar sistemas de produção específicos, que produzam animais bem acabados (nível de gordura subcutânea e intramuscular satisfatório), abatidos em idade jovem (imprimindo maciez à carne), com alimentação que favoreça a deposição de ácidos graxos benéficos a saúde humana e com tecnologias que reduzam a emissão de metano.

Para o pecuarista produzir animais dentro desses sistemas, além de exigir a utilização de animais de padrão racial mais precoce, deve-se adotar um sistema de alimentação baseado em dietas com alta densidade energética e protéica para que o desempenho dos animais seja alto o suficiente para atingir peso de abate e acabamento de carcaça desejado em idade jovem. Esse tipo de alimentação implica em maiores investimentos, visto que maiores níveis de alimentos concentrados serão demandados.

A fração protéica das rações merece atenção especial, pois seu custo relativo é um dos mais elevados. Além disso, animais jovens apresentam maiores exigências nutricionais de proteína. Dessa forma, a substituição parcial

ou total de fontes de proteína verdadeira pelo nitrogênio não-protéico (NNP) tem sido foco de várias pesquisas, pois sabe-se que o ruminante, devido às características anatômicas e fisiológicas do seu estômago, é o único animal capaz de converter NNP em proteína microbiana, a qual apresenta excelente qualidade. No entanto, quando se trata de sistemas com rápida e alta produtividade utilizando-se animais jovens, há alta demanda de proteína metabolizável, a qual não é facilmente suprida somente pela proteína microbiana produzida no rúmen e, portanto, simplesmente garantir ótima eficiência de síntese de proteína microbiana não é o suficiente, sendo então importante dar ênfase à proteína não degradada no rúmen (PNDR). Além do mais, a produção de proteína microbiana no rúmen não é derivada somente de fontes de NNP, mas também da degradação de proteínas verdadeiras.

Quando a dieta tem baixa quantidade e/ou baixa qualidade de proteína bruta (PB), é desejável que esta seja degradada no rúmen e, com isso, convertida em proteína microbiana, principalmente pelo seu perfil aminoacídico. Entretanto, quando se trata de dietas com maiores teores de PB, deve-se minimizar relativamente sua degradação ruminal, de modo que parte da proteína seja digerida no intestino delgado, evitando possíveis perdas de aminoácidos no rúmen, decorrentes da fermentação microbiana. Para isso, procura-se fornecer alimentos com proteína não degradável no rúmen (PNDR) elevado (Prado et al. 2004; Zeoula et al 2006; Atkinson et al. 2007; Caldas Neto et al. 2008) ou proteger parte da proteína dietética para que não ocorra degradação ruminal, principalmente considerando-se fontes protéicas mais nobres e de maior custo.

A utilização de alimentos com alta proporção de PNDR tem apresentado algumas limitações quanto ao seu uso em sistemas de produção comerciais, principalmente devido aos resultados controversos de pesquisas, justificados por problemas no perfil aminoacídico dessas fontes protéicas (ex.: glúten de milho) e a reduzida disponibilidade de ingredientes ricos em PNDR disponíveis no mercado, o que limita sua aquisição por apresentar custo mais elevado..

Por outro lado, algumas pesquisas têm sido direcionadas à proteção de proteínas dietéticas naturalmente degradáveis no rúmen para que parte delas passe pela cavidade rúmen-retículo sem sofrer nenhum tipo de fermentação microbiana. Dentro das várias opções disponíveis para se atingir esse efeito, o uso de aditivos baseados em taninos (T) extraídos de fontes vegetais representa alternativa de grande potencial, em virtude de não ser considerado um produto medicamentoso e por trazer benefícios adicionais ao sistema de produção de carne bovina, baseado na intensificação da produção com o uso de animais jovens.

Os taninos são polímeros fenólicos solúveis em água resultantes do metabolismo secundário das plantas (Archana et al., 2010), podendo ser encontrados nas folhas, na casca, no fruto, nas sementes e na seiva, estando principalmente nos vacúolos das células, onde não interferem no metabolismo da planta. Estes compostos formam ligações cruzadas com proteínas através de grupos hidroxila presentes nos seus diversos compostos fenólicos. Quando se encontram na forma não oxidada, reagem com proteínas através de ligações hidrofóbicas e pontes de hidrogênio e quando oxidados se transformam em quinonas, formando ligações covalentes com alguns grupos funcionais das proteínas (Nozella, 2001). Por exemplo, algumas madeiras

apresentam teor de polifenóis acima de 35% como o cerne do Quebracho (Long, 1991), a casca de Acácia Negra e de espécies provenientes de manguezais (Lelis & Gonçalves, 2001).

Nas plantas, os taninos constituem um meio de defesa contra bactérias, fungos, vírus, estresse ambiental e ingestão por herbívoros (Archana et al., 2010). Na indústria, a principal utilidade dos taninos é no curtimento de couro, pois possuem capacidade de se ligar com proteínas do couro e impedir sua putrefação (Nozella, 2001).

Na nutrição de ruminantes, o tanino condensado é historicamente conhecido como fator antinutricional por reduzir o consumo, devido aos seus efeitos de adstringência. No entanto, quando administrados em níveis e condições adequadas podem exercer efeitos benéficos na utilização de nutrientes, na saúde e na produção animal, reduzindo a taxa de degradabilidade ruminal da proteína (Frutos et al. 2000; Hervás, 2001; Lelis & Gonçalves, 2001; Battestin et al., 2004; Alves et al. 2006; Mezzomo et al. 2011), reduzindo a incidência de timpanismo ruminal (Clarke & Reid, 1972), reduzindo a emissão de gases via eructação (Puchala et al., 2005; Beauchemin et al., 2007), exercendo função anti-helmintica (Min & Hart, 2003) e reduzindo a biohidrogenação ruminal a ponto de modificar o perfil lipídico da carne e/ou leite (Vasta et al., 2009a).

Utilizando dessas características supracitadas, quando taninos condensados são adicionados em dietas de ruminantes, se ligam, principalmente às proteínas, impedindo que ocorra sua degradação total no rúmen, pois os microrganismos não conseguem fermentar os complexos tanino-proteína. Além da complexação, a redução da degradabilidade ruminal

da proteína no rúmen têm sido parcialmente atribuída à inibição da atividade enzimática microbiana, a partir da formação de complexos tanino-enzima e a possível inibição do crescimento de algumas classes bacterianas (Archana et al., 2010).

Dentre os efeitos positivos associados à adição de tanino condensado (TC) à dieta, destacam-se: (i) a proteção da proteína dietética contra a degradação ruminal; (ii) a diminuição do desperdício de amônia; (iii) o aumento da absorção de aminoácidos provenientes da dieta no intestino delgado, (iv) a prevenção do timpanismo, (v) a redução da produção de gás metano no rúmen e, mais recentemente, (vi) modificação no perfil de ácidos graxos da carne (Archana et al., 2010).

Nos ruminantes, quando o tanino condensado é adicionado ao alimento tem-se evidenciado diminuição na degradação ruminal da proteína, diminuindo assim, a PDR e aumentando a PNDR consumida. Partindo-se do pressuposto observado por Mezzomo et al. (2011), em que, mesmo diminuindo a quantidade de PDR da dieta não há diminuição da quantidade de proteína microbiana produzida no rúmen e, também, que o complexo tanino-proteína se desfaz em meio ácido com pH inferior a 3,0; tem-se um aumento da quantidade de proteína disponível para absorção no intestino delgado (proteína de origem microbiana, cuja síntese não é reduzida e PNDR aumentada com a adição de tanino condensado), melhorando a eficiência de utilização da proteína, podendo melhorar o desempenho animal e/ou reduzir os custos da alimentação, pois atinge-se a mesma quantidade de proteína metabolizável reduzindo a quantidade de proteína bruta fornecida na dieta.

Estes autores também observaram em ensaios com bovinos de corte fistulados no rúmen e abomaso, alimentados com dieta de 87% de concentrado e 5% de farelo de soja como fonte de proteína verdadeira, aumento de 37,6% na PNDR da dieta sem que fossem observadas reduções na quantidade de proteína microbiana produzida no rúmen, quando se adicionou 40 g/kg de MS de tanino condensado (TC) há dieta. Essa combinação levou ao aumento de 24% no fluxo de proteína metabolizável (PM). Frente a esse aumento na PM e pressupondo que as exigências para energia e outros nutrientes estejam sendo atingidas, obtém-se ganho potencial adicional de aproximadamente 440 gramas por animal por dia (Marcondes et al., 2010), sugerindo que esses animais teriam maior ganho de peso ao se acrescentar 40 g/ de TC por kg de MS como aditivo alimentar. No entanto, ensaios de desempenho animal seriam necessários para validar essa hipótese.

Além disso, tem sido evidenciado que os taninos condensados reduzem a biohidrogenação ruminal *in vitro* (Khiaosa-Ard et al. 2009; Vasta et al., 2009a) e aumentam a expressão da enzima $\Delta 9$ -desaturase no músculo de ovinos (Vasta et al. 2009b).

Sabe-se que produtos alimentícios de ruminantes como carne e leite contêm elevadas concentrações de ácidos graxos saturados que estão associados com o crescente risco de doenças cardiovasculares (Kromhout et al., 1995). No entanto, a carne de ruminantes contém uma família de ácidos graxos, o ácido linoléico conjugado (CLA), que possui atividades biológicas benéficas para os seres humanos. O CLA cis-9, trans-11 (ácido rumênico) é capaz de reduzir a incidência de câncer (Ip et al., 1991), diabetes (Houseknecht et al., 1998) e aterosclerose (Lee et al., 2005). O teor de CLA da carne e do

leite está fortemente ligado à biohidrogenação ruminal (BH) de cis-9, cis-12 C18: 2 (ácido linoléico, LA) e cis-9, cis-12, cis-15 C18: 3 (ácido linolênico, LNA). Durante a biohidrogenação, LA e LNA são gradualmente isomerizados e saturados para formar vários dienos de carbono 18 e intermediários isômero monoeno; sendo o produto final desta via o C18:0 (ácido esteárico; Bessa et al., 2007). A taxa e a extensão desta via são fortemente dependentes da dieta do animal (Sackmann et al., 2003). Além disso, o ácido rumênico também pode ser formado endogenamente no músculo ou na glândula mamária a partir de trans-11 C18: 1 (ácido vacênico, VA) através da ação de enzima $\Delta 9$ -desaturase (Corl et al., 2001).

Diversos estudos têm investigado possíveis estratégias de alimentação para aumentar o teor de ácidos graxos poliinsaturados e ácido rumênico (RA) na carne e leite, através da manipulação da BH ruminal. Segundo Griinari et al. (2000) a forma mais eficaz para aumentar a concentração do CLA cis-9, trans-11 em produtos de ruminantes é favorecer a produção ruminal de ácido vacênico, que no músculo (Santora et al., 2000) e na glândula mamária (Griinari et al., 2000) vai ser parcialmente convertido à ácido rumênico pela ação da enzima $\Delta 9$ -desaturase.

Os taninos são conhecidos pelo seu efeito inibitório sobre os microrganismos ruminais (Min et al. 2003, 2005). No entanto, não há informações específicas disponíveis na literatura sobre a interação entre os taninos e os microrganismos envolvidos na biohidrogenação (BH) de ácidos graxos poliinsaturados. Em recentes estudos in vitro, a incubação de fluido ruminal com taninos reduziu a BH de ácido linoléico (Vasta et al., 2009a) e

ácido linolênico (Khiaosa-Ard et al., 2009). Este resultado foi atribuído a uma diminuição da atividade dos microorganismos ruminais devido aos taninos.

Vasta et al. (2009b) observaram que a suplementação de taninos de quebracho em cordeiros alimentados com forragem fresca ou ração concentrada reduziu a biohidrogenação ruminal. Em particular, a última etapa de BH foi inibida em maior medida que as etapas anteriores, levando ao acúmulo do isômero trans C18:1, tendo com isso implicações importantes no perfil de ácidos graxos da carne, pois o isômero C18:1 é o precursor da biossíntese endógena do CLA cis-9, trans-11. Além disso, a carne dos cordeiros suplementados com tanino condensado apresentou maiores percentagens de ácidos graxos poliinsaturados e menor porcentagem de ácidos graxos saturados em comparação com a carne dos animais não suplementados.

Esses resultados demonstram que a inclusão de taninos pode ser uma estratégia útil para melhorar as propriedades saudáveis da carne, no que diz respeito à sua composição em ácidos graxos. Entretanto, a possível alteração no perfil de ácidos graxos da carne pode levar a alteração em algumas características sensoriais, como maciez e, principalmente, coloração, sendo necessário avaliar esses parâmetros na carne proveniente de animais alimentados com tanino condensado.

Além da possível melhora no perfil de ácidos graxos da carne e no possível aumento no desempenho dos animais alimentados com tanino condensado, muitos estudos têm relatado que animais alimentados com volumosos contendo tanino condensado podem apresentar diminuição na

emissão de metano (Pinares-Patiño et al, 2003; Woodward et al, 2004; Puchala et al, 2005).

Existem dois mecanismos pelos quais, possivelmente, os TC reduzem as emissões de metano pelos ruminantes: (i) indiretamente, através de uma redução na digestão da fibra, que diminui a produção de H₂ e (ii) diretamente, através de uma inibição do crescimento de microrganismos metanogênicos (Tavendale et al. 2005).

O mecanismo direto ainda traz muitas dúvidas, no entanto Tavandale et al. (2005) observaram inibição no crescimento da *Methanobrevibacter ruminantium* (principal metanogênica ruminal) quando adicionado tanino ao meio em até sete dias de incubação.

Por outro lado, Carulla et al. (2005) relataram redução de emissão de metano em ovelhas alimentadas com extrato de TC, sendo que, a suplementação da dieta com 2,5% de TC diminuiu em cerca de 12% a produção de metano. No entanto, essa redução deveu-se, ao menos em parte, à diminuição da digestibilidade aparente total da FDN (5%). Não obstante, Tavandale et al. (2005), em estudos *in vitro*, encontraram redução na produção de metano em amostras com tanino condensado. Observaram também redução na produção de ácidos graxos voláteis (AGV's) e acúmulo de H₂, sugerindo que a redução de CH₄ ocorreu por redução da fermentação da matéria orgânica.

Como as dietas com menores teores de fibra digestíveis estão associadas com baixas emissões de metano (Johnson & Johnson, 1995), a redução de metano de alguns estudos pode ter sido devido a uma mudança na composição dos nutrientes. Mesmo assim, ainda há incerteza sobre a eficácia

de extratos de taninos para reduzir as emissões de metano entérico de bovinos, sugerindo a necessidade de mais estudos acerca do assunto, principalmente em dietas de alta inclusão de concentrado, onde já ocorre menor produção de metano.

Em suma, a diminuição na emissão de metano, a melhora no perfil de ácidos graxos de cadeia longa na carne e a redução nos custos de produção da carne são três aspectos muito visados por pesquisadores, pecuaristas e até mesmo consumidores de produtos de origem animal.

Neste contexto, de acordo com os pressupostos aqui apresentados, definiu-se como objetivo, avaliar os efeitos da adição de taninos condensados purificados (TC) a diferentes ingredientes concentrados protéicos e avaliar a inclusão do concentrado que se obtiver melhor resposta aos taninos sobre o desempenho produtivo, parâmetros nutricionais, perfil de ácidos graxos na carne e qualidade da carcaça e da carne de bovinos jovens confinados.

Literatura Citada

- ALVES, A.R. ; BEELEN ; GONZAGA NETO, S. ; LIMA, J.S.B. ; PEREIRA, W.E. ; M. FILHO, E.C. ; BELTRÃO, F.A.S. ; CRUZ, S.E.S.B. S. ; BEELEN, R. Consumo e digestibilidade do feno de sabiá por caprinos e ovinos recebendo suplementação com polietilenoglicol. In: 43^o Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa : SBZ, 2006.
- ARCHANA, A.B., JADHAV, M.V., KADAM, V.J., Potential of tannins: a review. **Asian Journal of Plant Sciences**. v.9, p.209–214. 2010.
- ATKINSON, R. L., TOONE, C. D.; LUDDEN. P. A. Effects of supplemental ruminally degradable protein versus increasing amounts of supplemental ruminally undegradable protein on site and extent of digestion and ruminal characteristics in lambs fed low-quality forage. **Journal of Animal Science**. v.85, p.3322–3330. 2007.

- BATTESTIN, V., MATSUDA, L.K., MACEDO, G.A. Fontes e aplicação de taninos e tanases em alimentos. **Alimentos e Nutrição**. v.15, p.63-72, 2004.
- BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S.M.; MARTINEZ, T.F.; McALLISTER, T. A. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions for cattle. **Journal of Animal Science**. v.85, p.1990-1996, 2007.
- BESSA, R. J. B.; ALVES, S. P.; JERÔNIMO, E.; ALFAIA, C. M.; PRATES, J. A. M.; SANTOS-SILVA, J. Effect of lipid supplements on ruminal biohydrogenation intermediates and muscle fatty acids in lamb. **European Journal of Lipid Science and Technology**. v.109, p.868–883. 2007.
- CALDAS NETO, S.F.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N.; BRANCO, A.F.; KAZAMA, R.; GERON, L.J.V. MAEDA, E.M.; FERELI, F. Proteína degradável no rúmen na dieta de bovinos: digestibilidades total e parcial dos nutrientes e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, p.1094-1102, 2008.
- CARULLA, J. E., M. KREUZER, A. MACHMILLER, HESS. H. D. Supplementation of Acacia mearnsii tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**. v.56, p.961–970. 2005.
- CLARKE, R. T. J., REID C. S. W. Foamy Bloat of Cattle. A Review. **Journal of Dairy Science**. v.57, p.753-785. 1972.
- CORL, B. A.; BAUMGARD, L. H.; DWYER, D. A.; GRIINARI, J. M.; PHILLIPS, B. S.; BAUMANN, D. E. The role of $\Delta 9$ -desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA. **Journal of Nutritional Biochemistry**. v.12, p.622–630. 2001.
- FRUTOS, P., HERVÁS, G., GIRÁLDEZ F. J., FERNÁNDEZ, M., MANTECÓN, A.R. Digestive utilization of quebracho-treated soya bean meals in sheep. **Jornal of Agricultural Science**. v134, p.101-108, 2000.
- GRIINARI, J. M.; CORL, B. A.; LACY, S. H.; CHOUINARD, P. Y.; NURMELA, K. V. V.; BAUMAN, D. E. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ - desaturase. **Journal of Nutrition**. v.130, p.2285–2291. 2000.
- HERVÁS, G. **Los taninos condensados de quebracho en la nutrición de ovejas**, 2001. Tese (Doutorado), Universidad de León – Departamento de Producción Animal I. 2001.
- HOUSEKNECHT, K.; VANDEN HEUVEL, J. P.; MOYA-CAMARENA, S. Y.; PORTOCARRERO, C. P.; PECK, L. W.; NICKEL, K. P.; BELURY, M. A. Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty fa/fa rat. **Biochemical and Biophysical Research Communications**. v.244, p.678–682. 1998.

- IP, C.; CHIN, S. F.; SCIMECA, J. A.; PARIZA, M. W. Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. **Cancer Research**. V.51, p.6118-6124. 1991.
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v.73 , p.2483-2492, 1995.
- KHIAOSA-ARD, R.; BRYNER, S. F.; SCHEEDER, M. R. L.; WETTSTEIN, H.-R.; LEIBER, F.; KREUZER, M.; SOLIVA, C. R. Evidence for the inhibition of the terminal step of ruminal α -linolenic biohydrogenation by condensed tannins. **Journal of Dairy Science**. v.92. p.177–188, 2009.
- KROMHOUT, D.; MENOTTI, A.; BLOEMBERG, B.; ARVANIS, C.; BLACKBURN, H.; BUZINA, R.; DONTAS, A. S.; FIDANZA, F.; GIAMPAOLI, S.; JANSEN, A.; KARVONEN, M.; KATAN, M.; NISSINEN, A.; NEDELJKOVIC, S.; PEKKANEN, J.; PEKKANEN, M.; PUNSAR, S.; RÄSÄNEN, L.; SIMIC, B.; TOSHIMA, H. Dietary saturated and trans fatty acids and cholesterol and 25-year mortality from coronary heart disease: The seven countries study. **Preventive Medicine**. v.24, p.308–315. 1995.
- LEE, J. H.; CHO, K. H.; LEE, K. T.; KIM, M. R. Antiatherogenic effects of structured lipid containing conjugated linoleic acid in C57BL/6J mice. **Journal of Agricultural and Food Chemical**. v.53, p.7295–7301. 2005.
- LELIS, C. C. R.; GONÇALVES, A . C. Teores de taninos da casca da madeira de cinco leguminosas arbóreas. **Floresta e Ambiente**. v.8, p.167-173. 2001.
- LONG, R. Quebracho based polyphenols for use in Wood panel adhesive system. **Holz als Roh-und Werkstoff**. v.49, p.485-487, 1991.
- MARCONDES, M.I. GINBELLI, M.P.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, M.P. Exigências nutricionais de proteína para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I. CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de Zebuínos puros e cruzados – BR-Corte**. p.113-133. 2010.
- MEZZOMO, R. ; PAULINO, P. V. R. ; DETMANN, E. ; VALADARES FILHO, S. C. ; PAULINO, M. F. ; MONNERAT, J.P.I.S.; DUARTE, M. S. ; SILVA, L. H. P. ; MOURA, L. S. Influence of condensed tannin on intake, digestibility and efficiency of protein utilization in beef steers fed high concentrate diet. **Livestock Science**. v. 141 p.1-11. 2011.
- MIN, B. R.; ATTWOOD, G. T.; MCNABB, W. C.; MOLAN, A. L.; BARRY, T. N. The effect of condensed tannins from *Lotus corniculatus* on the proteolytic activities and growth of rumen bacteria. **Animal Feed Science and Technology**. v.121, p.45–58. 2005.
- MIN, B. R.; BARRY, T. N.; ATTWOOD, G. T.; MCNABB, W. C. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh

- temperate forages: A review. **Animal Feed Science and Technology**. v.106, p.3–19. 2003.
- MIN, B.R., HART, S.P. Tannins for suppression of internal parasites. **Journal of Animal Science**. v.81, p.102-109, 2003.
- NOZELLA, E.F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP. 2001.
- PINARES-PATIÑO, C. S., M. J. ULYATT, G. C. WAGHORN, K. R. LASSEY, T. N. BARRY, C. W. HOLMES, JOHNSON. D. E. Methane emission by alpaca and sheep fed on lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birdsfoot trefoil. **Journal of Agricultural Science**. v.140, p.215–226. 2003.
- PRADO, O.P.P.; ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F. Digestibilidade dos nutrientes de dietas com diferentes níveis de proteína degradável no rúmen e fonte de amido de alta degradabilidade ruminal em ovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.4, p.521-527, 2004.
- PUCHALA, R.; MIN, B. R.; GOETSCH, A. L.; SAHLU, T. The effect of condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. **Journal of Animal Science**. v. 83, p. 182-186, 2005.
- SACKMANN, J. R.; DUCKETT, S. K.; GILLIS, M. H.; REALINI, C. E.; PARKS, A. H.; EGGELSTON, R. B. Effects of forage and sunflower oil levels on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. **Journal of Animal Science**. v.81, p.3174–3181. 2003.
- SANTORA, J. E.; PALMQUIST, D. L.; ROEHRIG, K. L. Transvaccenic acid is desaturated to conjugated linoleic acid in mice. **Journal of Nutrition**. v.130, p.208–215. 2000.
- TAVENDALE, M. H., L. P. MEAGHER, D. PACHECO, N. WALKER, G. T. ATTWOOD, SIVAKUMARAN. S. Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. **Animal Feed Science and Technology**. v.123, p.403–419. 2005.
- VASTA, V.; MAKKAR, H. P. S.; MELE, M.; PRIOLO, A. Ruminal biohydrogenation as affected by tannins in vitro. **British Journal of Nutrition**. v.102 p.82-92. 2009a.
- VASTA, V.; MELE, M.; SERRA, A.; SCERRA, M.; LUCIANO, G.; LANZA, M.; PRIOLO, A. Metabolic fate of fatty acids involved in ruminal biohydrogenation in sheep fed concentrate or herbage with or without tannins. **Journal of Animal Science**. v.87, p.2674–2684, 2009b.
- WOODWARD, S. L., G. C. WAGHORN, LABOYRE, P. Condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) reduce methane emissions from

dairy cows. **Proc. New Zealand Society of Animal Production.** v.64, p.160–164. 2004.

ZEOULA, L.M.; FERELI, F.; PRADO, I.N. GERON, L.J.V.; CALDAS NETO, S.F.; PRADO, O.P.P.; MAEDA, E.M. Digestibilidade e balanço de nitrogênio de rações com diferentes teores de proteína degradável no rúmen e milho moído como fonte de amido em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.35, n.5, p.2179-2185, 2006.

CAPITULO 1 - Quantidade e qualidade da PNDR de diferentes fontes proteicas tratadas com tanino

Resumo - Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes tipos de tanino sobre a quantidade e qualidade da PNDR de diferentes alimentos proteicos. Foram avaliados o farelo de amendoim (FA), farelo de soja integral (FSi) e farelo de soja normal (FS). Foram analisados 60 tratamentos a partir da combinação de três alimentos proteicos (FA, FSi, FS), três misturas de tanino (tipo A, B e C), quatro níveis da mistura de tanino ao alimento (0%, 1%, 2,5% e 5% de inclusão) e umedecimento ou não da amostra. Para o umedecimento separou-se 50 g de cada amostra, para que esta fosse solubilizada com 100 ml de água à pH 5,5 (garantindo proporções de 1:2 peso:volume) e deixadas em repouso por 6 horas, sendo posteriormente secadas. As amostras foram incubadas, em triplicata, para a quantificação da proteína degradada no rúmen (PDR), proteína não degradada no rúmen (PNDR) e digestibilidade intestinal da proteína. A digestibilidade intestinal da PNDR foi conduzida seguindo a técnica de três estágios. A proporção de PDR e PNDR na PB foi estimada mediante a relação entre a quantidade de PB incubada no rúmen e a proteína não degradada no rúmen após 16 horas de incubação ruminal. A PNDR digestível foi calculada multiplicando-se a PNDR pela digestibilidade intestinal obtida *in vitro*. A divergência do valor nutricional protéico, baseada em variáveis discriminatórias entre os grupos, foi estimada por meio de análise de agrupamento. Foram formados 8 agrupamentos, sendo o grupo 1 o de melhor qualidade e o grupo 8 de pior qualidade. Os tratamentos FS-U A 2,5% e FS-U A 5% (que representam o farelo de soja tratado com tanino condensado tipo A nos níveis de 2,5 e 5% e que passaram pelo processo de solubilização) foram os que apresentaram melhores características de quantidade e qualidade da PNDR. Para aumentar o teor de PNDR da dieta recomenda-se a utilização de farelo de soja tratado, em meio aquoso, com 2,5% tanino com 85% de tanino condensado e 15% de tanino hidrolisável. Recomenda-se também testar a inclusão desse ingrediente em avaliações *in vivo* para determinar a possibilidade de aumento de produtividade e o nível de inclusão a ser adotado.

Palavras chave: degradação, rúmen, proteína.

Evaluation of the amount and quality of RUP in different protein sources treated with tannins

Abstract - This trial was conducted to evaluate the effect of different tannins on the amount and quality of RUP of different foods rich in high biological value proteins. It was evaluated the peanut meal (PM), and two types of soybean meal (SBM1 and SBM2). 60 treatments were analyzed from the combination of three protein concentrates (PM, SBM1 and SBM2), three mixtures of tannin (type A, B and C), four levels of tannin inclusion (0%, 1%, 2.5% and 5%) and moistening or not the sample. For moistening were separated 50g of each proteinconcentrate, and solubilized in 100 ml of water at pH 5.5 (1:2 weight:volume), allowed to stand for 6 hours, and then was dried . The samples were incubated in triplicate for quantification of protein degraded in the rumen (RDP), rumen undegraded protein (RUP) and intestinal digestibility of RUP. The intestinal digestibility of RUP was conducted according to the technique of three stages. The divergence of protein nutritional value, based on discriminatory variables between groups was estimated by cluster analysis. It was formed eight groups (group I was the better and group IIV was worst). The treatments with SBM1 treated with tannins type A at the levels of 2.5 and 5%, and began the process of moistening were better amount and quality characteristics of RUP (group I). To increase the RUP content diet is recommended to use soybean meal treated in watery ambient with 2.5 or 5% to tannin type A (85% of condensed tannins and 15% of hydrolysable tannin). It is also recommended to test in vivo the inclusion of this ingredient to determine the possibility productivity animal increased.

Keywords: degradation, rumen, protein.

Introdução

Animais ruminantes possuem metabolismo protéico muito intenso no rúmen, principalmente, devido à atuação dos microrganismos na digestão dos alimentos, que, ao mesmo tempo em que degradam proteínas, sintetizam-nas (proteína microbiana), podendo também formar proteínas através de nitrogênio de origem não protéica. Por isso, diferentemente de animais monogástricos, para ruminantes a qualidade da proteína absorvida depende da abundância de aminoácidos que chegam ao intestino, de origem microbiana e parte da dietética, e não somente dos aminoácidos que são ingeridos pelos animais (Kertz, 2010). Do total de proteína que chega ao intestino delgado, parte dela é proteína da dieta que não sofreu a ação dos microrganismos ruminais, conhecida como proteína não degradada no rúmen (PNDR) e o restante é proteína microbiana, nitrogênio amoniacal e proteína endógena, sendo as duas últimas em quantidades bem menos expressivas (Santos, 2011).

A quantidade de aminoácidos absorvidos depende da qualidade e da quantidade de proteína que chega ao duodeno, portanto, quando a proteína dietética apresenta baixa qualidade seria adequado apresentar alta degradabilidade ruminal, para que esta seja convertida em proteína microbiana (a qual apresenta alto valor biológico), e, por outro lado, quando a proteína dietética apresenta alto valor biológico, seria adequado que esta passasse pelo rúmen sem sofrer digestão microbiana e fosse absorvida no intestino (Van Soest, 1994). No entanto, devido à intensa capacidade fermentativa das bactérias ruminais, sob via de regra, qualquer proteína ingerida é passível de degradação ruminal. Para minimizar essa fermentação, em algumas situações,

utilizam-se ferramentas para a proteção de proteínas, com o objetivo de evitar a degradação ruminal e, posteriormente, disponibilizar os aminoácidos para absorção intestinal, visando proteger da fermentação ruminal as proteínas de alto valor biológico. Para cumprir essa função, utiliza-se, por exemplo, os taninos.

Os taninos são polímeros conhecidos por complexar-se com proteínas e, assim, diminuir sua degradação a nível ruminal (Mezzomo et al., 2011). Sua ação ocorre principalmente por 2 tipos de ligação, as ligações de hidrogênio e as ligações hidrofóbicas, sendo que esta última é efetiva somente em meio aquoso.

Além disso, os taninos se classificam em condensados e hidrolisáveis. Os taninos hidrolisáveis apresentam, sob via de regra, maior capacidade de se ligar as proteínas, no entanto, como o próprio nome indica, estes são passíveis de serem degradados por hidrólise química ou enzimática nas várias unidades estruturais que os compõem, diminuindo ou anulando a capacidade de ligação com as proteínas (Khanbabaee e Van Ree, 2001). Por outro lado, os taninos condensados não são degradados por processos enzimáticos naturais e seu alto peso molecular diminui a capacidade de união com as proteínas, quando comparado ao tanino hidrolisável (Archana et al., 2010).

Objetivou-se, portanto, avaliar os efeitos de diferentes misturas de taninos sobre a quantidade e qualidade da PNDR de alimentos ricos em proteína de alto valor biológico, para identificar qual combinação de alimento protéico, mistura de taninos, nível de adição da mistura ao alimento e umedecimento ou não do alimento, proporcionasse a maior quantidade de

PNDR digestível, para que posteriormente essa combinação seja utilizada em experimentos com animais.

Metodologia

Local, alimentos utilizados e níveis de tanino condensado

O experimento foi realizado no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

Foram avaliados três alimentos proteicos: farelo de amendoim (FA), farelo de soja integral (FSi) e farelo de soja (FS). Onde o FSi é o farelo de soja, tostado com uma menor extração de óleo para que este apresente em torno de 8% de extrato etéreo. A esses alimentos foram adicionados três diferentes misturas de taninos (A, B e C) nas proporções de 0; 1; 2,5 e 5 % de cada mistura de taninos na matéria natural do alimento. A composição química dos alimentos utilizados é apresentada na Tabela 1.

As misturas de tanino testadas diferem-se por distintas combinações de de tanino condensado (TC) e tanino hidrolisável (TH). A mistura A teve maior porcentagem de tanino condensado (85/15), a mistura B teve proporção de 55/45 para TC/TH e a mistura C apresentou maior participação de tanino hidrolisável (20/80). Como fonte de tanino condensado utilizou-se extrato de quebracho (*Schinopsis sp.*), e como fonte de tanino hidrolisável utilizou-se castanha (*Castanea sativa*) e tara (*Caesalpinia spinosa*). Sendo todas as misturas comerciais.

Além da adição de tanino; separou-se 50 g de cada amostra de alimento, já devidamente misturada com os diferentes taninos em diferentes proporções, para que estas, fossem solubilizadas com 100 ml de água à pH 5,5

(garantindo proporções de 1:2 peso:volume) e deixadas em repouso por 6 horas. Após o repouso as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada (60° C) por 72h.

Tabela 1- Composição química dos alimentos

| Alimento | MS (%) | Item ¹ | | | | | |
|-------------------------|--------|-------------------|-------|------|-------|------|-------|
| | | MO | PB | EE | FDNcp | FDA | CNF |
| Farelo de amendoim | 92,16 | 95,67 | 52,02 | 0,53 | 11,46 | 9,88 | 31,66 |
| Farelo de soja | 88,27 | 93,45 | 43,81 | 1,33 | 13,77 | 8,52 | 34,54 |
| Farelo de soja integral | 90,10 | 95,47 | 43,50 | 8,64 | 10,44 | 9,21 | 32,89 |

¹ % da matéria seca (MS); MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; CNF: carboidratos não fibrosos totais; FDA: fibra em detergente ácido.

Posteriormente, todas as amostras (tratadas ou não com água) foram processadas em moinho de facas (1 e 2 mm) e armazenadas em frascos de polietileno para posteriores análises.

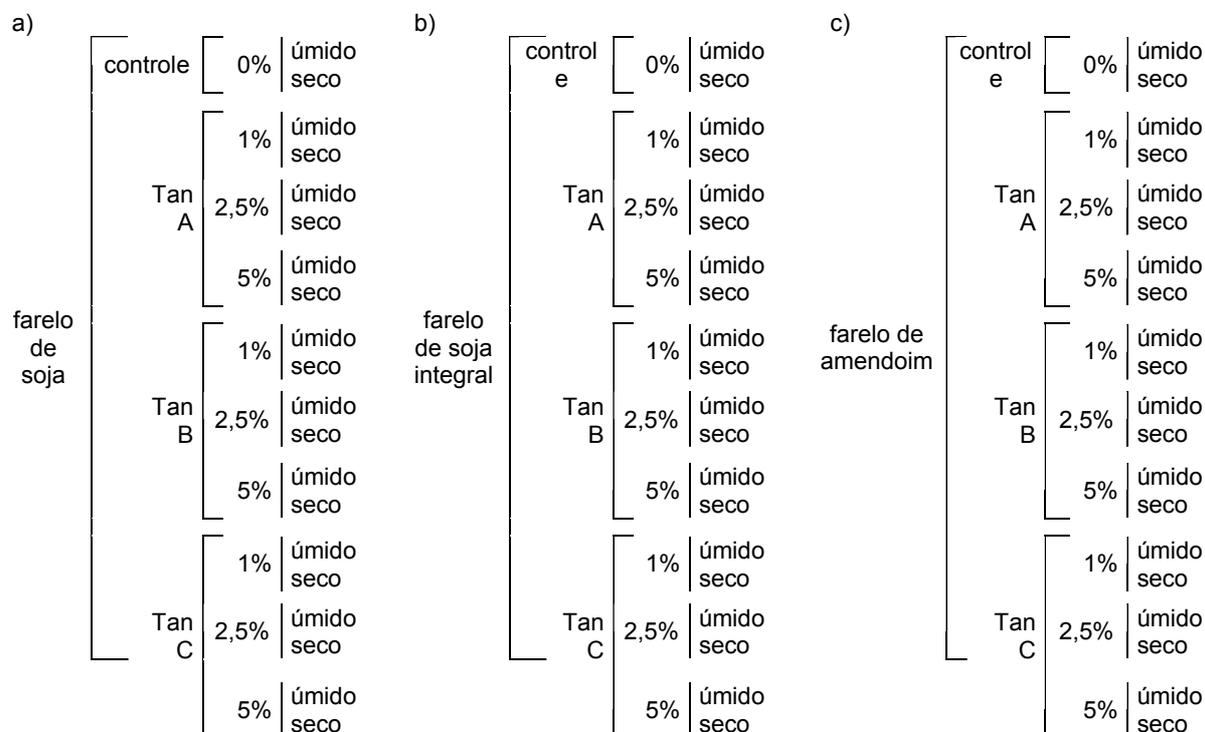


Figura 1 – Representação esquemática do tratamento dos concentrados testados.

Foram analisados 54 tratamentos (em triplicata) a partir da combinação de três alimentos protéicos, três misturas de tanino, três níveis da mistura de taninos e umedecimento ou não da amostra, representados pela figura 1. Além disso, considerou-se como controle o alimento umedecido ou não, sem a inclusão de tanino, somando mais 6 tratamentos.

A representação de cada tratamento se dá da seguinte maneira:

XX-U T W%

Em que:

- “XX”: é o ingrediente da mistura, podendo ser representado pelas siglas FS, FSi ou FA, significando, respectivamente, farelo de soja, farelo de soja integral ou farelo de amendoim;
- a presença da sigla “U” representa o tratamento com água (a ausência da sigla U indica que a amostra não passou pelo tratamento de solubilização);
- “T” se refere ao tipo de tanino que é utilizado, podendo ser as misturas A, B ou C, conforme descrito anteriormente;
- “W%” representa a quantidade de TC incluído na amostra, que foi de 0%, 1%, 2,5% ou 5%.

Avaliação da composição química

Em cada alimento utilizado foram quantificados os teores de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), cinza insolúvel em detergente neutro (CIDN), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), fibra em detergente ácido (FDA) e extrato etéreo (EE), seguindo os métodos INCT-CA G-003/1; INCT-CA M-001/1; INCT-CA N-001/1; INCT-CA F-002/1; INCT-CA M-002/1; INCT-CA N-004/1 INCT-CA F-004/1 e INCT-CA G-

004/1, respectivamente, descritos por Detmann et al. (2012a). Para calcular os carboidratos não fibrosos (CNF), utilizou-se a fórmula (Detmann e Valadares Filho, 2010): $CNF = MO - (PB + EE + FDNcp)$.

Avaliação das características proteicas digestivas

As amostras foram incubadas, em triplicata, para quantificação da proteína degradada no rúmen (PDR), proteína não degradada no rúmen (PNDR) e digestibilidade intestinal da proteína, sendo utilizadas amostras processadas a 2 mm.

A digestibilidade intestinal da PNDR foi conduzida seguindo o método descrito por Calsamiglia e Stern (1995). Primeiramente, as amostras foram alocadas em sacos de náilon de 44 micras (com proporção de 20-25 mg de amostra/cm²) e incubadas *in situ* por 16 horas. Utilizaram-se 3 bovinos, mestiços, fistulados no rúmen, e alimentados com dieta contendo, na base da matéria seca, 65% de concentrado, composto por milho moído, farelo de soja, uréia e núcleo mineral, e 35% de silagem de milho, utilizada como volumoso. Após a incubação ruminal, os sacos foram lavados com água corrente até o total clareamento da mesma e colocados em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas.

Posteriormente, quantificou-se o nitrogênio (N) no resíduo (método INCT-CA N-001/1 Detmann et al., 2012b). Alíquotas do resíduo da incubação, contendo aproximadamente 15 mg de N, foram colocadas em tubos de centrífuga de 50 mL. Em seguida, os tubos foram incubados com 10 mL de solução 0,1 N de HCl, contendo 1 g/L de pepsina (pH=1,9), e colocados sob agitação à velocidade de 40 rpm, durante 1 hora, a 38°C. Decorrido esse

tempo, foram adicionados 0,5 mL de solução 1 N de NaOH, para neutralização da acidez, e 13,5 mL de solução de pancreatina, a qual continha 0,5 M de solução de KH_2PO_4 (pH=7,8), 50 ppm de thymol e 3 g/L de pancreatina. Posteriormente, as amostras foram mantidas sob agitação durante 24 horas, a 38°C, à velocidade de 40 rpm. Ao final da digestão, foram adicionados 3 mL de solução de ácido tricloroacético (TCA) 100% (peso/volume), para cessar a atividade enzimática e precipitar as proteínas não digeridas. As amostras foram centrifugadas por 15 min a 10.000 x g e o sobrenadante dos tubos foi utilizado para avaliação do N residual pelo método INCT-CA N-001/1 (Detmann et al. 2012b). A digestibilidade intestinal da PNDR foi calculada como a razão entre a quantidade de PB digerida após a incubação com pepsina e a quantidade de proteína incubada *in vitro*.

A quantidade de PDR foi determinada pela diferença entre o total de proteína incubada e a proteína residual presente no saquinho após as 16 horas de incubação. Já a PNDR foi expressa como o total de proteína residual em função do total de proteína incubada. A PNDR digestível (PNDRd) foi calculada multiplicando-se a PNDR pela digestibilidade intestinal obtida *in vitro*.

Procedimentos Estatísticos

A divergência do valor nutricional protéico, baseada em variáveis discriminatórias entre os grupos (sendo as variáveis: proteína degradada no rúmen, PDR e proteína não degradada no rúmen digestível, PNDRd), foi estimada por meio de análise de agrupamento, utilizando-se a distância euclidiana média com variáveis padronizadas e o método de agrupamento por

otimização (método de Tocher). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG).

Resultados e Discussão

Na tabela 5 é apresentado o agrupamento dos tratamentos com base no teor de PDR e PNDR digestível (PNDRd). Foram formados 8 agrupamentos, sendo o grupo um (I) formado pelos tratamentos com melhores características. O primeiro grupo (I) foi constituído por 2 tratamentos, o segundo grupo (II) por 5 tratamentos, o terceiro (III) por 4 tratamentos, o quarto (IV) por 1 tratamento, o quinto (V) por 31 tratamentos, o sexto grupo (VI) por 4 tratamentos, o sétimo grupo (VII) por 11 tratamentos e o oitavo grupo (VIII) constituído por 1 tratamento.

A variável de maior contribuição para discriminação foi a PDR (80,2%) seguida da PNDRd (19,8%).

Os grupos I, II, III e IV foram formados apenas por amostras que passaram pelo tratamento de solubilização em meio aquoso e que foram tratados com algum tipo de tanino. Já os últimos três grupos (VI, VII, e VIII) foram formados somente por tratamentos que não passaram pelo processo de solubilização das amostras, no entanto, alguns desses tratamentos tiveram a adição de tanino condensado.

Tabela 2 – Porcentagem de proteína bruta degradável no rúmen (PDR, %) e o erro padrão da média (\pm) sobre a proteína bruta total do alimento (PB) de três alimentos protéicos, umedecidos (U) ou não, tratados com 3 misturas de taninos (A, B e C) e 3 níveis de inclusão dentro de cada alimento (1; 2,5 e 5%).

| Item ¹ | Nível da mistura de taninos | | | | |
|-------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 0% | 1% | 2,5% | 5% | |
| FA | | 71,14 \pm 6,65 | | | |
| | A | - | 64,53 \pm 4,96 | 56,17 \pm 1,73 | 50,38 \pm 3,70 |
| | B | - | 60,02 \pm 4,04 | 57,58 \pm 3,46 | 50,62 \pm 3,92 |
| | C | - | 53,91 \pm 2,40 | 54,35 \pm 3,54 | 50,15 \pm 1,99 |
| FA - U | | 54,24 \pm 6,44 | | | |
| | A | - | 38,00 \pm 1,82 | 37,77 \pm 1,33 | 41,33 \pm 5,96 |
| | B | - | 44,26 \pm 2,19 | 39,14 \pm 2,09 | 31,12 \pm 3,48 |
| | C | - | 46,65 \pm 3,06 | 41,54 \pm 2,77 | 37,40 \pm 2,50 |
| FSi | | 56,20 \pm 2,74 | | | |
| | A | - | 56,37 \pm 2,27 | 53,81 \pm 2,60 | 52,95 \pm 2,46 |
| | B | - | 52,94 \pm 2,07 | 52,20 \pm 1,29 | 51,60 \pm 3,96 |
| | C | - | 54,71 \pm 3,75 | 50,46 \pm 2,53 | 51,58 \pm 3,54 |
| FSi - U | | 55,12 \pm 4,17 | | | |
| | A | - | 49,60 \pm 3,92 | 45,83 \pm 2,53 | 38,94 \pm 2,36 |
| | B | - | 46,25 \pm 1,28 | 43,84 \pm 2,86 | 42,61 \pm 1,22 |
| | C | - | 46,13 \pm 4,51 | 44,69 \pm 2,03 | 42,58 \pm 2,70 |
| FS | | 74,01 \pm 2,08 | | | |
| | A | - | 69,65 \pm 3,58 | 70,98 \pm 3,22 | 70,68 \pm 1,04 |
| | B | - | 73,86 \pm 3,63 | 71,40 \pm 2,48 | 66,45 \pm 0,48 |
| | C | - | 71,95 \pm 1,89 | 69,87 \pm 7,56 | 66,28 \pm 3,05 |
| FS - U | | 64,38 \pm 7,57 | | | |
| | A | - | 36,87 \pm 3,29 | 23,22 \pm 2,09 | 22,53 \pm 1,67 |
| | B | - | 31,24 \pm 2,54 | 30,70 \pm 2,45 | 21,29 \pm 2,77 |

| | | | | | |
|--|---|---|------------|------------|------------|
| | C | - | 33,01±3,39 | 32,19±2,61 | 22,05±1,25 |
|--|---|---|------------|------------|------------|

¹ FA = Farelo de amendoim; FS_i = farelo de soja integral; FS = Farelo de soja. A, B e C = misturas de de tanino com diferentes relações de tanino condensado/tanino hidrolizável (TC/TH), sendo 85/15, 55/45 e 20/80, respectivamente.

Tabela 3 – Digestibilidade intestinal da proteína não degradada no rúmen (PNDR; %) e o erro padrão da média (±) de três alimentos protéicos, umedecidos (U) ou não, tratados com 3 misturas de taninos (A, B e C) e 3 níveis de inclusão dentro de cada alimento (1; 2,5 e 5%).

| Item | Nível da mistura de taninos | | | | |
|---------------------|-----------------------------|---|------------|------------|------------|
| | 0 | 1 | 2,5 | 5 | |
| FA | | | | 79,13±1,80 | |
| | A | - | 70,61±0,72 | 75,31±2,17 | 76,20±0,22 |
| | B | - | 74,98±2,07 | 77,66±1,95 | 76,25±1,79 |
| | C | - | 74,66±0,57 | 78,67±0,70 | 75,40±1,42 |
| FA - U | | | | 77,05±1,45 | |
| | A | - | 75,76±1,66 | 75,60±1,12 | 76,08±1,60 |
| | B | - | 72,28±2,14 | 74,46±1,19 | 75,83±1,57 |
| | C | - | 75,87±1,77 | 78,17±1,13 | 76,52±0,60 |
| FS _i | | | | 79,23±0,91 | |
| | A | - | 80,62±1,27 | 78,20±0,69 | 80,38±1,01 |
| | B | - | 75,32±1,12 | 74,25±1,08 | 75,60±1,78 |
| | C | - | 77,29±1,02 | 78,47±1,33 | 78,13±2,13 |
| FS _i - U | | | | 72,17±1,89 | |
| | A | - | 74,57±1,96 | 70,73±1,15 | 73,19±1,35 |
| | B | - | 72,24±1,41 | 69,43±1,80 | 77,84±0,72 |
| | C | - | 72,64±0,63 | 69,49±1,94 | 75,66±1,21 |
| FS | | | | 73,67±1,94 | |
| | A | - | 74,70±1,06 | 74,25±1,62 | 71,75±2,03 |
| | B | - | 75,04±1,29 | 75,81±1,58 | 72,40±1,19 |
| | C | - | 74,25±2,08 | 71,02±1,10 | 70,04±0,68 |

| | | | | | |
|--------|---|---|------------|------------|------------|
| | | | 52,32±0,40 | | |
| FS - U | A | - | 76,06±2,49 | 75,60±2,17 | 67,92±1,14 |
| | B | - | 72,38±2,31 | 68,70±1,60 | 67,13±1,92 |
| | C | - | 67,36±2,89 | 65,35±1,97 | 67,06±2,61 |

[†] FA = Farelo de amendoim; FSi = farelo de soja integral; FS = Farelo de soja. A,B e C = tipos de tanino com diferentes relações de taninino condensado/tanino hidrolivavel (TC/TH), sendo 85/15, 55/45 e 20/80, respectivamente.

Tabela 4 – Porcentagem de proteína não degradada no rúmen digestível (PNDRd, %) e o erro padrão da média (±) de três alimentos protéicos, umedecidos (U) ou não, tratados com 3 misturas de de tanino (A, B e C) e 3 níveis de inclusão dentro de cada alimento (1; 2,5 e 5%).

| Item | Nível de tanino | | | | |
|---------|-----------------|---|------------|------------|------------|
| | 0 | 1 | 2,5 | 5 | |
| | | | 22,83±2,34 | | |
| FA | A | - | 25,04±0,29 | 33,00±2,10 | 37,81±3,15 |
| | B | - | 29,98±1,05 | 32,94±0,27 | 37,66±0,28 |
| | C | - | 34,41±0,43 | 35,91±0,48 | 37,59±1,31 |
| | | | 35,26±1,01 | | |
| FA - U | A | - | 46,95±0,33 | 47,05±0,26 | 44,63±0,56 |
| | B | - | 40,29±1,20 | 45,32±0,76 | 52,23±1,62 |
| | C | - | 40,48±1,31 | 45,70±0,09 | 47,90±1,80 |
| | | | 34,70±1,07 | | |
| FSi | A | - | 35,17±1,06 | 36,13±0,35 | 37,82±1,55 |
| | B | - | 35,45±1,01 | 35,49±1,12 | 36,59±1,70 |
| | C | - | 35,00±0,37 | 38,88±1,01 | 37,83±0,68 |
| | | | 32,39±4,03 | | |
| FSi - U | A | - | 37,58±0,09 | 38,31±9,12 | 44,69±0,11 |
| | B | - | 38,83±0,64 | 38,99±0,61 | 44,67±0,14 |
| | C | - | 39,13±0,69 | 38,44±1,42 | 43,44±2,69 |
| | | | 19,15±0,95 | | |
| FS | A | - | 22,67±0,93 | 21,55±0,48 | 21,04±1,29 |

| | | | | | |
|--------|---|---|------------|------------|------------|
| | B | - | 19,62±0,81 | 21,68±0,20 | 24,29±0,69 |
| | C | - | 20,83±0,24 | 21,40±0,09 | 23,62±1,74 |
| | | | 18,64±1,56 | | |
| FS - U | A | - | 48,02±1,58 | 58,05±3,15 | 52,62±5,90 |
| | B | - | 49,77±4,30 | 47,61±1,10 | 52,84±1,15 |
| | C | - | 45,13±0,53 | 44,31±1,05 | 52,27±1,65 |

¹ FA = Farelo de amendoim; FSi = farelo de soja integral; FS = Farelo de soja. A,B e C = tipos de tanino com diferentes relações de taninino condensado/tanino hidrolivavel (TC/TH), sendo 85/15, 55/45 e 20/80, respectivamente

O tanino é um composto formado, basicamente, por núcleos polifenólicos com muitas zonas apolares, como o anel benzênico, as quais podem interagir com zonas apolares das proteínas (Archana et al., 2010). Na presença de água, as regiões apolares de proteínas e dos polifenóis tendem a associar-se através de ligações Van Der Waals, diminuindo assim a superfície de zonas apolares expostas à água. As moléculas de água que estavam associadas às zonas apolares de uma forma ordenada, ficam livres para se juntarem ao solvente, dando assim origem ao chamado efeito hidrofóbico.

As interações hidrofóbicas entre os taninos e as proteínas são as principais forças que complexam as duas estruturas. Como as interações hidrofóbicas ocorrem somente com presença de água, fica claro o motivo dos tratamentos com tanino e que passaram por solubilização em água comporem os melhores agrupamentos formados, já que existem melhores interações entre o tanino e a proteína quando há presença de água. Esta complexação leva a uma diminuição da degradação da proteína pelas bactérias ruminais aumentando a proteína não degradada no rúmen.

Por outro lado, quando as misturas dos tratamentos que não receberam água, são ingeridas pelo animal e chegam ao lúmen ruminal, se misturam ao

meio aquoso que forma o bolo alimentar, podendo nesse momento se complexar com as proteínas pelos mesmos efeitos supracitados. Todavia, no rúmen, há um pool muito grande de outras proteínas, o que pode fazer com que o tanino livre perca efetividade em complexar as proteínas do alimento de interesse. Então, tratar os alimentos com água antes de fornecer aos animais parece ser importante para potencializar o complexação do tanino com as proteínas daquele alimento em si.

Por outro lado, a adição de água, mesmo sem a adição das misturas de taninos provocou um pequeno efeito de diminuição na quantidade de PDR e consequente aumento na quantidade de PNDR (Tabela 1). Tal efeito provavelmente se deu pelo método de secagem das amostras (estufa de ventilação forçada à 55° C) que elevou a temperatura da amostra durante este processo, podendo, portanto, provocar reação de Maillard, a qual complexa aminoácidos e proteínas com carboidratos, diminuindo a sua disponibilidade. Provavelmente o aumento na quantidade de PNDR não digestível (PNDRnd) observado na Figura 2, foi causada por este efeito.

Quando se avalia isoladamente o farelo de soja e seus respectivos tratamentos (Figura 1, a) observa-se que todas as amostras que não passaram pelo tratamento de solubilização ficaram dispostas nos últimos 2 agrupamentos (Tabela 5). Por outro lado, as amostras de farelo de soja que passaram pelo tratamento de solubilização, ou seja, foram umedecidas após a inclusão da mistura de taninos, e receberam pelo menos 1 % de mistura de tanino em sua mistura, foram dispostas nos 4 primeiros agrupamentos. Mais especificamente os tratamentos FS-U A 2,5% e FS-U A 5% (que representam o farelo de soja tratado com tanino condensado tipo A nos níveis de 2,5 e 5% de inclusão e que

passaram pelo processo de solubilização) foram os que apresentaram as melhores características de quantidade e qualidade da PNDR (grupo I, tabela 5), apresentando, em média 20,27% de PDR (Tabela 5), enquanto que o farelo de soja sem nenhum tipo de tratamento apresentou 72,87% de PDR (em relação a PB total; Tabela 2). Ou seja, houve uma redução de 52,6 pontos percentuais no teor de PDR, e conseqüentemente aumento na quantidade de PNDR, e o que é mais importante, de PNDR digestível (Figura 2).

Tabela 5 – Agrupamento dos tratamentos com base no teor de PDR, digestibilidade (DIGI) intestinal da proteína não degradável no rúmen (PNDR) e PNDR digestível (PNDRd).

| Grupos | GI | GII | GIII | GIV | GV | GVI | GVII | GVIII | Contribuição das variáveis (%) |
|--|-------------|-----------|-------------|-----------|--------------|--------------|-----------|-----------|--------------------------------|
| PDR (% da PB) | 20,27 | 29,29 | 21,46 | 28,94 | 43,44 | 57,04 | 70,34 | 72,63 | 80,2 |
| PNDR (% da PB) | 79,73 | 70,71 | 78,54 | 71,06 | 56,56 | 42,96 | 29,66 | 27,37 | - |
| DIGI PNDR | 79,96 | 76,06 | 64,85 | 56,13 | 75,59 | 75,90 | 73,24 | 59,09 | - |
| PNDRd | 63,75 | 53,78 | 50,93 | 39,89 | 42,75 | 32,61 | 21,72 | 16,17 | 19,8 |
| Tratamentos pertencentes aos grupos | FS-U A 2,5% | FA-U A 5% | FS-U B 2,5% | FS-U C 1% | FSi-U A 1% | FSi-U B 1% | FA B 2,5% | FS 0% | FS C 2,5% |
| | FS-U A 5% | FA-U B 5% | FS-U B 5% | | FSi-U C 5% | FA-U C 2,5% | FA C 2,5% | FS A 1% | |
| | | FA-U C 5% | FS-U C 2,5% | | FSi-U C 2,5% | FSi-U B 2,5% | FA A 2,5% | FS A 2,5% | |
| | | FS-U A 1% | FS-U C 5% | | FA-U C 1% | FA-U B 1% | FA B 1% | FS A 5% | |
| | | FS-U B 1% | | | FA-U B 2,5% | FSi-U B 5% | | FS B 1% | |
| | | | | | FSi-U C 1% | FS-U 0% | | FS B 2,5% | |
| | | | | | FSi-U A 2,5% | FA B 5% | | FS C 5% | |
| | | | | | FSi-U A 5% | FSi B 5% | | FS B 5% | |
| | | | | | FA-U A 1% | FSi C 1% | | FS C 1% | |
| | | | | | FA-U A 2,5% | FSi C 2,5% | | FA 0% | |
| | | | | | FSi C 5% | FSi B 1% | | FA A 1% | |
| | | | | | FA-U 0% | FA C 5% | | | |
| | | | | | FSi B 2,5% | FSi 0% | | | |
| | | | | | FA A 5% | FSi A 1% | | | |

FAC 1% FSi A 2,5%

FSi A 5%

O maior efeito da complexação do tanino com o farelo de soja, provavelmente se dá pelo perfil aminoacídico desse alimento, já que os taninos têm maior capacidade de complexação quando há a presença de alguns aminoácidos específicos na cadeia lateral da proteína, o que facilita a aproximação das zonas apolares para que ocorram as interações. O farelo de soja (FS) possui aproximadamente 14,41 % da MS (Valadares filho et al. 2012) de aminoácidos com cadeias laterais apolares (glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina e prolina), enquanto que o farelo de amendoim possui 9,87 % da MS (Valadares filho et al. 2012). Portanto, a maior quantidade desses aminoácidos no FS possivelmente promoveu um maior número de interações hidrofóbicas, as quais possibilitaram um maior aumento na PNDR do alimento ao ser tratado com tanino.

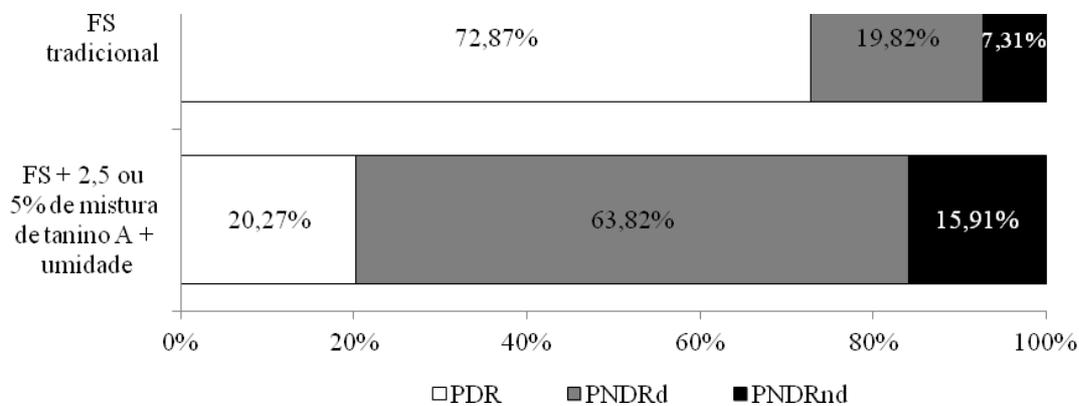


Figura 2 – Avaliação descritiva das porções da proteína bruta do farelo de soja tradicional e farelo de soja tratado com tanino e exposto a ambiente úmido. Branco: proteína degradada no rúmen; Cinza: proteína não degradada no rúmen digestível; preto: proteína não degradada no rúmen e não digestível.

Além disso, o farelo de soja apresenta maior concentração de um AA em específico, a prolina (2,4 versus 1,39% da MS; Valadares et al. 2012). Diversos autores

verificaram a existência de interações hidrofóbicas, principalmente em proteínas ricas em prolina (Oh et al. 1980; Murray et al. 1994; Hatano et al. 1996; Baxter et al. 1997; Wroblewski et al. 2001; Charlton et al. 2002a e 2002b; Jobstl et al. 2006;). Estes estudos indicam que os locais de ligação majoritários em peptídios ricos em prolina são os resíduos de prolina, e que um local particularmente favorecido é o primeiro resíduo de prolina de uma sequência Prolina-Prolina. O resíduo de prolina pode ser considerado um bom local de ligação, já que proporciona uma superfície plana, rígida e hidrofóbica favorável para interações com outras superfícies planas e hidrofóbicas como são os anéis benzênicos dos taninos.

A quantidade de PNDR digestível, que representa a quantidade de PNDR que foi digerida pós-rúmen, aumentou de 19,82% para 63,82% quando o farelo de soja foi tratado com 2,5 ou 5% de tanino tipo A em um ambiente úmido (Figura 2).

A diminuição da PDR e aumento na quantidade de PNDRd indica que o tratamento do farelo de soja com 2,5 ou 5% do tanino tipo A foi a melhor opção de melhora na quantidade de PNDR. Portanto, é conveniente indicar o tratamento do farelo de soja com tanino condensado tipo A à níveis de 2,5 e 5%, desde que passam por tratamento de solubilização na proporção de 1:2 (peso:volume) em meio aquoso.

A avaliação das alterações encontradas para o farelo de amendoim demonstraram que o tratamento deste farelo com 5% de qualquer mistura de tanino em meio aquoso provoca uma eficiente complexação de suas proteínas, já que estes se encontram agrupados no grupo GII que apresenta excelentes características (Tabela 5). No entanto, a necessidade de utilizar 5% de taninos em sua mistura torna a sua utilização mais onerosa.

A utilização de taninos no farelo de soja integral (FSi) não se mostrou eficiente, visto que todos os tratamentos que envolveram tal ingrediente se encontram em um mesmo grupo (GV; Tabela 5). No entanto, a falta de diferenças para este ingrediente não são elucidadas.

Os tratamentos que apresentaram melhores resultados foram tratados com a mistura “A” de tanino, a qual apresentou 85% de tanino condensado e 15% de tanino hidrolisável. Os taninos condensados, apesar de apresentarem menor capacidade de se ligar com proteínas do que os taninos hidrolisáveis (Khanbabaee e Van Ree, 2001), possuem maior estabilidade das ligações quando expostos em ambientes de alta atividade enzimática. Como pressupõe-se que o tratamento com água, feito nos alimentos antes da exposição destes ao ambiente ruminal (incubação *in situ*), foi efetiva em complexar os taninos com a proteína, acredita-se que os taninos condensados tiveram maior capacidade de manter a ligação com as proteínas, uma vez que estes não são degradados pelos microrganismos ruminais, ao contrario dos taninos hidrolisáveis (Khanbabaee e Van Ree, 2001).

Conclusão

Para aumentar o teor de PNDR da dieta recomenda-se a utilização de farelo de soja tratado, em meio aquoso, com 2,5 tanino com 85% de tanino condensado e 15% de tanino hidrolisável. Recomenda-se também testar a inclusão desse ingrediente em avaliações *in vivo* para determinar a possibilidade aumento de produtividade animal e o melhor nível de inclusão a ser adotado na dieta final.

Literatura Citada

- ARCHANA, A.B., JADHAV, M.V., KADAM, V.J., Potential of tannins: a review. **Asian J. Plant Sci.** v.9, p.209–214. 2010.
- BAXTER, NJ, LILLEY, TH, HASLAM, E E WILLIAMSON, MP Multiple interactions between polyphenols and a salivary proline-rich protein repeat result in complexation and precipitation **Biochemistry** v.36, p.5566-5577. 1997.
- CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, p.1459-1465, 1995.
- CHARLTON, AJ, BAXTER, NJ, KHAN, ML, MOIR, AJG, HASLAM, E, DAVIES, AP E WILLIAMSON, MP Polyphenol/peptide binding and precipitation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** v.50, p.1593-1601. 2002a.
- CHARLTON, AJ, HASLAM, E E WILLIAMSON, MP Multiple conformations of the proline-rich protein/epigallocatechin gallate complex determined by time-averaged nuclear Overhauser effects **Journal of the American Chemical Society** v.124, p.9899-9905. 2002b.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A. ; VALADARES FILHO, S.C.; BERCHIELLI, T.T.; CABRAL, L.S.; LADEIRA, M.M.; SOUZA, M.A.; QUEIROZ, A.C.; SALIBA, E.O.S.; PINA, D.S.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2012a. p.214.
- DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; CABRAL, L.S. Avaliação do nitrogênio total (proteína bruta) pelo método de kjeldahl. In. DETMANN, E.; SOUZA, M.A. ; VALADARES FILHO, S.C.; BERCHIELLI, T.T.; CABRAL, L.S.; LADEIRA, M.M.; SOUZA, M.A.; QUEIROZ, A.C.; SALIBA, E.O.S.; PINA, D.S.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema. p.51-68. 2012b.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.62, p.980-984. 2010.
- HATANO, T E HEMINGWAY, RW Association of (+)-catechin and catechin-(4 alpha->8)- catechin with oligopeptides **Chemical Communications** v.22 p.2537-2538. 1996.
- JOBSTL, E, HOWSE, JR, FAIRCLOUGH, JPA E WILLIAMSON, MP Noncovalent cross-linking of casein by epigallocatechin gallate characterized by single molecule force microscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** v54, p.4077-4081. 2006.

- KHANBABAEE, K E VAN REE, T, Tannins: Classification and definition. **Natural Product Reports**. v.18 p.641-649. 2001.
- KERTZ, A. F. Urea Feeding to Dairy Cattle: A Historical Perspective and Review. **The Professional Animal Scientist**. v.26, p. 257–272. 2010.
- MEZZOMO, R. ; PAULINO, P. V. R. ; DETMANN, E. ; VALADARES FILHO, S. C. ; PAULINO, M. F. ; MONNERAT, J.P.I.S.; DUARTE, M. S. ; SILVA, L. H. P. ; MOURA, L. S. Influence of condensed tannin on intake, digestibility and efficiency of protein utilization in beef steers fed high concentrate diet. **Livestock Science**. v. 141 p.1-11. 2011.
- MURRAY, NJ, WILLIAMSON, MP, LILLEY, TH E HASLAM, E Study Of The Interaction Between Salivary Proline-Rich Proteins And A Polyphenol By 1H-NMR Spectroscopy **European Journal of Biochemistry** v.219, p.923-935. 1994b.
- OH, H.I., HOFF, J.E., ARMSTRONG, G.S. AND HAFF, L.A. Hydrophobic interaction in tannin-protein complexes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.28, p.394-398. 1980.
- SANTOS, F.A.P. Metabolismo de Proteínas In: Telma Teresinha Berchielli; Alexandre Vaz Pires; Simone Gisele de Oliveira. (Eds.) -**Nutrição de Ruminantes**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, p. 255-286, 2011.
- VALADARES FILHO, S.C., MACHADO, P.A.S., CHIZZOTTI, M.L. AMARAL, H.F.; MAGALHÃES, K.A. ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPELLE, E.R. **CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em www.ufv.br/cqbal. Acesso em setembro de 2012.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. London: Comstock Publishing Associates, 1994. 476p.
- WROBLEWSKI, K, MUHANDIRAM, R, CHAKRABARTTY, A E BENNICK, A. The molecular interaction of human salivary histatins with polyphenolic compounds. **European Journal of Biochemistry** v.268, p.4384-4397. 2001.

CAPÍTULO 2 - Farelo de soja tratado com tanino em dietas de alto concentrado na alimentação de bovinos: eficiência dietética da proteína, parâmetros ruminais, consumo e digestibilidade total e parcial

Resumo: Objetivou-se avaliar os efeitos da substituição de farelo de soja tradicional por farelo de soja tratado com tanino sobre o consumo, digestibilidades parcial e total e eficiência dietética da proteína em bovinos super-precoces alimentados com dietas de alto teor de concentrado. Para tanto, foram utilizados cinco bovinos Nelore, machos não-castrados, com peso corporal de $290 \pm 11,2$ kg, fistulados no rúmen e no abomaso. As dietas apresentavam relação volumoso/concentrado de 16/84, sendo o farelo de soja (FS) substituído pelo farelo de soja tratado com tanino (FST) nos níveis 0, 33, 66 e 100% na matéria seca, tendo ainda um tratamento FST+U onde o farelo de soja foi integralmente substituído por farelo de soja tratado para atender às exigências de PNDR e por uréia para satisfazer os requisitos de PDR (tratamento FST+U). O consumo de extrato etéreo e de FDNcp foram os únicos parâmetros relativos à ingestão de alimentos afetados ($P < 0,05$) pela substituição do FS pelo FST. Para digestibilidade ruminal e intestinal houve efeito linear ($P < 0,05$) apenas para a proteína bruta, apresentando comportamento decrescente para a digestibilidade ruminal e crescente para a digestibilidade intestinal desse nutriente. A ingestão de proteína não degradada no rúmen e proteína metabolizável apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$) ao substituir-se o FS pelo FST. A ingestão de proteína degradada no rúmen e proteína microbiana no abomaso apresentaram resultados lineares decrescentes ($P < 0,05$), uma vez que substituição do FS pelo FST levou à diminuição desses parâmetros. A substituição do farelo de soja tradicional por farelo de soja tratado com 2,5% de tanino (85% de tanino condensado e 15% de tanino hidrolisável) em dietas de bovinos alimentados com alto teor de concentrado implica em efeitos positivos sobre a utilização da proteína bruta, aumentando os níveis de proteína metabolizável e diminuindo o desperdício de nitrogênio, sem alterar os parâmetros ruminais, otimizando a assimilação de nitrogênio no ambiente ruminal.

Palavras chave: PNDR, proteína microbiana, rúmen.

Soybean meal treated with tannin in high concentrate diets for beef cattle: dietary protein efficiency, ruminal fermentation, methane emission, intake and digestibility

Abstract: This trial was conducted to evaluate the effects of replacing traditional soybean meal to soybean meal treated with tannin on intake, partial and total digestibility and dietary protein efficiency from beef cattle fed high concentrate diets (84% of DM). It was used five Nellore bulls, with 290 ± 11.2 kg body weight, fitted with rumen and abomasum cannula. Bulls were fed with cracked corn, whole cottonseed and sugar-cane bagasse in natura, soybean meal treated with tannin (SBMT) and traditional soybean meal (SBM). The treatments consisted of 4 levels of replacement of soybean meal with soybean treated with tannin (0, 33, 66, and 100%) and one treatment with 2.5% of SBMCT (relative to 33% of SBMT) but without SBM, which was replaced by urea and corn (with the same level of CP of soybean meal). SBMT was previously treated with 2.5% of CT plus 2.5 times the mix volume in water at pH 7.0. After 6 hours the mix was dried. The ether extract and NDFap intake were the only parameters related to food intake affected ($P < 0.05$) by replacing the conventional soybean meal (SBM) by soybean meal treated with tannin (SBMT). Ruminal and intestinal digestibility were linear ($P < 0.05$) only for crude protein (CP). Rumen undegraded protein intake and metabolizable protein intake showed increased linear ($P < 0.05$) with the substitution SBM by SBMT. Rumen degradable protein intake and microbial protein (g/day) showed linear decrease ($P < 0.05$), with the substitution SBM by SBMT. The replacement traditional soybean meal to soybean meal treated with 2.5% of tannin (85% of condensed tannin and 15% of hydrolysable tannin) in high concentrate diets implies in positive effects on the use of crude protein, increasing levels of metabolizable protein intake and reducing the waste of nitrogen without changing ruminal parameters, optimizing nitrogen assimilation in the rumen environment.

Keywords: RUP, microbial protein, rumen.

Introdução

Diversas estratégias vêm sendo testadas e utilizadas para redução dos custos da alimentação animal, em que, grande parte, foca-se na melhora da eficiência da utilização da proteína bruta (PB), visto sua importância perante o desempenho animal e seus altos custos de aquisição.

A principal modificação no metabolismo de ruminantes causada pelos taninos incide sobre a degradação de proteínas no rúmen, pois, por mecanismos de complexação, o tanino indisponibiliza parte da proteína para a fermentação microbiana e/ou complexa-se com enzimas digestivas diminuindo a degradação da proteína no rúmen (Archana et al. 2010).

Em situações onde a dieta fornece quantidade de nutrientes para obtenção de altas taxas de ganho de peso, a proporção de proteína na dieta é relativamente alta (acima de 13 ou 14% da MS), o que tem se tornado cada vez mais comum em confinamentos, principalmente quando são utilizados animais jovens e não-castrados. Nesse caso, a inclusão de uma fonte de tanino com o intuito de diminuir a degradação ruminal da proteína pode ser interessante, pois segundo Lazzarini et al. (2009), as necessidades mínimas dos microrganismos ruminais para que haja satisfatória degradabilidade ruminal e desenvolvimento da flora microbiana é uma dieta, fornecida *ad libitum*, com 7 a 8% de proteína bruta (PB). Em situações em que há alto teor de PB na dieta, subentende-se que os microrganismos estão sendo supridos, com sobra de proteína verdadeira oriunda da dieta, que, idealmente, deveria passar para o intestino delgado intacta, caracterizando a PNDR. Entretanto, quando se fornecem altos níveis de PB, não somente o necessário para o desenvolvimento pleno dos microrganismos é

utilizado, pois quase toda a proteína está disponível para degradação e a atividade microbiana no rúmen é intensa, sendo que muitas vezes tem-se desperdício na utilização da proteína em forma de amônia e ureia.

Uma alternativa para diminuir a quantidade de proteína disponível para a degradação microbiana é fornecendo alimentos protéicos que, de alguma forma, estejam impedidos de serem degradados no rúmen, mas que possam ser digeridos e absorvidos no intestino.

Baseando-se em experimentos *in vitro* e *in situ*, já se tem sucesso no aumento da PNDR de alguns alimentos proteicos, utilizando-se misturas de tanino condensado e hidrolisável (dados não publicados; capítulo 1), sendo que, dentre os ingredientes testados (farelo de soja, farelo de soja integral e farelo de amendoim), o farelo de soja apresentou maior quantidade e qualidade de PNDR, possibilitando o seu uso em dietas para animais em confinamento.

A diminuição da degradação da proteína no rúmen, em situações com altas taxas de ganho de peso, aumentaria a quantidade de proteína não degradada no rúmen, diminuindo a PDR. Obtendo-se aumento na PNDR sem a diminuição na quantidade de proteína microbiana sintetizada, tem-se, por consequência, maior quantidade de aminoácidos disponíveis para absorção no intestino delgado, melhorando a conversão de PB em PM, desde que o valor biológico da PNDR seja alto.

Neste contexto, este estudo foi desenvolvido para avaliar os efeitos da substituição de farelo de soja por farelo de soja tratado com tanino sobre o consumo, digestibilidades parcial e total dos nutrientes, eficiência dietética da proteína em bovinos super-precoces alimentados com dietas de alto teor de concentrado.

Materiais e Métodos

Animais, dietas experimentais e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Animais e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG.

Utilizaram-se cinco bovinos Nelore, machos não castrados, com peso corporal médio de $290 \pm 11,2$ kg, fistulados no rúmen e no abomaso, segundo técnica descrita por Leão & Coelho da Silva (1980). Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em quadrado latino 5x5, divididos em 5 períodos experimentais os quais somaram 125 dias de ensaio experimental, e mantidos em confinamento do tipo *tie stall* em baias individuais cobertas, dotadas de comedouro, com 2x3 m de área, piso de cimento e bebedouros automáticos.

Inicialmente, todos os animais foram pesados, identificados, vermifugados contra ecto e endoparasitas e submetidos a um período de adaptação à dieta com alta proporção de concentrado, na qual as quantidades de matéria seca (MS) foram paulatinamente aumentadas de 1% do peso corporal (PC) até que o consumo voluntário fosse atingido, aumentando-se 0,2% do PC em MS a cada três dias.

A alimentação basal foi composta de ração contendo 84% de concentrado, com base na MS total. O volumoso foi constituído de bagaço de cana *in natura* moído e os concentrados à base de milho moído grosso (peneira de 6 mm), farelo de soja (FS), FS previamente tratado com tanino (FST), caroço de algodão, uréia e núcleo mineral, conforme a Tabela 1. A composição dos alimentos utilizados na dieta encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica da dietas experimentais

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) | | | | |
|---|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0% | 33% | 66% | 100% | FST+U* |
| <i>Proporção dos ingredientes (% da MS)</i> | | | | | |
| Bagaço de cana cru | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| Caroço de algodão | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Milho moído grosso | 63,2 | 63,2 | 63,2 | 63,2 | 67,4 |
| Farelo de soja | 7,5 | 5,0 | 2,5 | - | - |
| Farelo de soja com tanino | - | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 2,5 |
| Uréia | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 1,07 |
| Núcleo mineral ¹ | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| <i>Composição química da dieta (g/kg da MS)</i> | | | | | |
| Matéria seca | 860,5 | 860,4 | 860,2 | 860,1 | 861,1 |
| Matéria orgânica | 951,03 | 950,48 | 949,12 | 948,60 | 950,86 |
| Proteína bruta | 134,51 | 134,55 | 134,64 | 134,68 | 137,51 |
| Extrato etéreo | 48,46 | 48,34 | 48,52 | 48,23 | 49,30 |
| FDNcp | 260,96 | 261,06 | 260,94 | 260,45 | 260,86 |
| CNFcp | 520,00 | 519,43 | 517,92 | 518,15 | 529,97 |

¹ Níveis de garantia (por kg do núcleo): Cálcio, 160 g; Cobalto, 21,6 mg; Cobre, 360 mg; Enxofre, 23 g; Ferro, 415 mg; Fósforo, 17 g; Iodo, 21 mg; Magnésio, 14 g; Manganês, 715 mg; Monensina 714,3 mg; NNP 337 g; Potássio, 45 g; Selênio, 6 mg; Sódio, 57 g; Vitamina A, 71500 UI; Vitamina D3, 8940 UI; Vitamina E, 298 UI; Zinco, 1715 mg).

* FST+U = tratamento com farelo de soja tratado para balancear PNDRd + ureia para fechar PDR,

Tratamentos experimentais

Os tratamentos experimentais consistiram na substituição do farelo de soja tradicional por farelo de soja previamente tratado com tanino em diferentes níveis de substituição (0, 33, 66 e 100%) e um tratamento (FST+U) onde houve o balanceamento do nível de PNDR digestível (PNDRd) somente com farelo de soja tratado com tanino (FST) e o balanceamento final da PB com uréia. Os níveis de PNDRd foram baseados

em dados de experimento prévio (Capítulo 1) onde, em ensaios de digestibilidade *in situ* e *in vitro* baseados na técnica de 3 estágios (Calsamiglia & Stern, 1995), observou-se PNDRd igual a 63 e 21 % da PB total, respectivamente, para FST e FS. Portanto, o tratamento FST+U, apesar de não ter a mesma quantidade de proteína de origem vegetal (farelo de soja) do tratamento controle, teoricamente, teve o mesmo nível de PNDR advindo do FS, sendo a proteína total da dieta complementada somente com uréia.

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica dos ingredientes que compuseram as dietas experimentais

| Alimentos | MS (g/kg) | Item (g/kg de MS) ¹ | | | | |
|---------------------------|--------------|--------------------------------|--------|-------|-------------------|-------|
| | | MO | PB | EE | FDN _{cp} | CNF |
| Bagaço de cana cru | 640,5 | 947,3 | 19,0 | 7,21 | 838,3 | 90,0 |
| Caroço de algodão | 882,4 | 966,6 | 261,7 | 238,0 | 410,3 | 56,6 |
| Milho moído grosso | 904,6 | 966,8 | 78,9 | 34,3 | 123,0 | 730,6 |
| Farelo de soja | 882,9 | 934,5 | 413,5 | 10,3 | 111,5 | 399,2 |
| Farelo de soja com tanino | 885,5 | 930,2 | 406,2 | 10,3 | 106,4 | 407,3 |
| Uréia | 960,6 | - | 2834,5 | - | - | - |

¹ % da matéria seca (MS); MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: estrato etéreo; FDN_{cp}: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; CNF: carboidratos não fibrosos totais.

Para a preparação do FST o farelo de soja foi tratado previamente com 2,5% sob a matéria natural, de uma mistura de tanino contendo 85% de tanino condensado e 15% de tanino hidrolisável; com pureza de, no mínimo, 70% e com a adição de 2,5 vezes o seu volume em água (250 litros de água para cada 100 kg de FS), para que houvesse complexação entre a proteína do farelo de soja e o tanino condensado. Após 6 horas de contato entre a água, o farelo de soja e o tanino, a mistura foi seca ao sol até atingir nível de umidade baixo o suficiente para seu armazenamento. Como fonte

de tanino condensado utilizou-se extrato de quebracho (*Schinopsis sp.*), e como fonte de tanino hidrolisável utilizou-se extrato de castanha (*Castanea sativa*) e tara (*Caesalpinia spinosa*).

A dieta foi fornecida duas vezes ao dia, às 8h00 e as 16h00 e ajustada de forma à se manterem sobras em torno de 10% do fornecido, para garantia de consumo *ad libitum* pelos animais, com água permanentemente à disposição.

Procedimentos experimentais e coleta de amostras

Cada período experimental teve duração de 25 dias, sendo 9 destinados à adaptação dos animais à dieta e os outros 16 às coletas de dados. Na avaliação e comparação dos efeitos dos tratamentos testados, foram observados o consumo voluntário, a digestibilidade aparente total e parcial da matéria seca e dos nutrientes, os parâmetros ruminais e a degradabilidade ruminal *in situ* da dieta.

Para quantificação de consumo voluntário de matéria seca total foram considerados os alimentos fornecidos bem como as sobras, computados do décimo ao décimo segundo dia de cada período experimental. Para quantificação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes foram feitas coletas totais de fezes durante três dias consecutivos, diretamente no piso das baias após defecação, durante o mesmo período da quantificação do consumo. Ao final de cada dia de coleta, as fezes foram pesadas, homogeneizadas e então retirada uma amostra correspondente a 10% da excreção fecal diária. Posteriormente, essa amostra foi pesada e pré-seca em estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72 horas, moída em moinho de facas com peneira

contendo crivos de 1 mm, sendo então elaborada uma amostra composta por animal em cada período, com base no peso seco total de cada dia de coleta.

Nesse mesmo período foram coletados aproximadamente 200 mL de digesta abomasal, em intervalos de 15 horas no seguinte esquema: dia 10; coletas às 7 e 22 horas; dia 11, coleta às 13 horas; dia 12, coleta às 4 e 19 horas e dia 13 às 10 horas. As amostras foram congeladas em ultra-freezer a -80°C e depois liofilizadas por 72 horas para retirada da água. Posteriormente, foram moídas em moinho tipo faca com peneira contendo crivos de 1 mm e elaborada uma amostra composta por animal por período.

Para estimar o fluxo de matéria seca abomasal foi utilizado dióxido de titânio, o qual foi acondicionado em cartuchos de papel e introduzido diretamente no rúmen dos animais por meio da fistula em três doses diárias de 2 g cada, as 07h00, as 15h00 e as 23h00, iniciando-se no dia 7 e indo até o dia 13 de cada período experimental. O teor de dióxido de titânio foi avaliado em espectrofotômetro UV/visível, conforme método INCT-CA M-007/1 descrito por Barros et al. (2012).

Quatro horas após fornecimento da dieta, no décimo terceiro dia de cada período experimental, foi coletada uma amostra de sangue de todos os animais, via punção da veia jugular, utilizando-se tubos de ensaio contendo gel separador e acelerador de coagulação. As amostras foram imediatamente centrifugadas a 2700 g por 20 minutos, obtendo-se o soro sangüíneo, que foi armazenado a -20°C, e posteriormente analisado quanto à sua concentração de nitrogênio uréico.

Ainda durante o décimo terceiro dia de cada período experimental, foram realizados os procedimentos de isolamento de microrganismos ruminais, conforme metodologia descrita por Cecava et al. (1990).

Amostras de urina, em cada período experimental, foram obtidas a partir de coletas totais de três dias, realizadas nos dias 10, 11 e 12 de cada período experimental. Ao final de cada dia de coleta, foi determinado o volume da urina, sendo em seguida homogeneizada e retirada uma amostra, sendo então elaborada uma composta por animal em cada período, baseado no volume excretado de cada dia de coleta. Mangueiras de borracha, acopladas à funis, conduziram a urina até recipientes plásticos refrigerados para evitar perdas de nitrogênio. Ao final do período de coleta, as amostras de urina foram congeladas para posteriores determinações de uréia e nitrogênio total urinário.

Para avaliação da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (N-NH₃), foram realizadas coletas de líquido ruminal no décimo quarto dia de cada período experimental. As amostras foram coletadas manualmente às 04h00, 8h00, 12h00, 16h00, 20h00 e 24h00, correspondendo a 0:00; 04:00; 08:00; 12:00; 16:00; 20:00 horas após a alimentação. Alíquotas de 50 mL de líquido ruminal foram filtradas por uma camada tripla de gaze e adicionadas em um recipiente contendo 1mL de H₂SO₄ (1:1) e congeladas a -20°C para posterior análise quanto às concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal, segundo o método INCT-CA N-006/1 descrito por Detmann et al. (2012c).

O pH ruminal foi determinado durante dois dias consecutivos, sendo mensurado a cada 5 minutos, utilizando-se sensores ruminais sem fio específicos (Kahne Limited,

Nova Zelândia), introduzidos diretamente no rúmen através das fístulas. Após a coleta de dados foram agrupadas as médias de pH a cada duas horas, totalizando 12 leituras por dia.

Degradabilidade in situ

Foram incubadas as dietas completas de cada tratamento, em cada período experimental, sempre incubando a dieta no mesmo animal que estava consumindo-a, sendo portanto, os animais alimentados com as mesmas dietas que foram incubadas. Os tempos de incubação estabelecidos foram: 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96 e 144 horas. Os sacos foram inseridos em horários decrescentes, de modo a serem removidos simultaneamente para reduzir a interferência da excessiva manipulação sobre o ambiente ruminal. As amostras correspondentes a hora zero não foram colocadas no rúmen, porém foram lavadas junto com o material retirado após incubação.

Após a remoção, os sacos de náilon foram lavados em água corrente para retirada do excesso de conteúdo ruminal. Em seguida, foram colocados em máquina de lavar compacta, com intervalos de lavagem de 1 minuto, retirando-se a água depois de cada lavagem, até que a mesma estivesse clara. Depois de lavados, os sacos foram colocados em estufa com ventilação forçada, a 55° C durante 72 horas, para pré-secagem. Em seguida tiveram os seus teores de matéria seca e proteína determinados.

Os perfis de degradação da PB foram estimados utilizando o modelo assintótico de primeira ordem reparametrizado por Ørskov & McDonald (1979), descrito pela função: $Y_t = A + B*(1-e^{(-K_d*t)})$, em que “ Y_t ” é a fração degradada no tempo “ t ”; “ A ” é a

fração solúvel; “B” é a fração insolúvel potencialmente degradável; “Kd” é a taxa de degradação de “B” e “t” é a variável independente tempo. A fração indegradável (C) foi obtida por diferença, sendo $C = 100\% - (A+B)$.

A fração efetivamente degradada da PB foi calculada pelo modelo: $DE = A + B \cdot Kd / (Kd + kp)$, em que “kp” é a taxa de passagem do alimento pelo rúmen. A kp foi calculada de acordo com Pina et al. (2010), utilizando-se a equação Kp para alimentos concentrados = $2,904 + 1,375X_1 - 0,02X_2$; em que “X₁” é o consumo de matéria seca em relação ao peso corporal e “X₂” é a porcentagem de concentrado na dieta (base na MS).

Análises químicas

As amostras do bagaço de cana *in natura*, dos ingredientes do concentrado, das sobras, fezes, e conteúdo abomasal foram analisadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV quanto aos seus teores de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), cinza insolúvel em detergente neutro (CIDN), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e extrato etéreo (EE) seguindo os métodos INCT-CA G-003/1; INCT-CA M-001/1; INCT-CA N-001/1; INCT-CA F-002/1; INCT-CA M-002/1; INCT-CA N-004/1, e INCT-CA G-004/1, respectivamente, descritos por Detmann et al. (2012a). Para calcular os carboidratos não fibrosos (CNF), utilizou-se a fórmula (Detmann e Valadares Filho, 2010): $CNF = MO - [(PB - PBu) + Ur + EE + FDN_{cp}]$, em que PBu = PB oriunda da uréia (% da MS); e Ur = teor de uréia na dieta (% da MS).

O consumo de energia dos animais foi obtido a partir do produto entre o consumo de matéria seca e a teor energético das dietas, que foi determinada a partir da fórmula recomendada por Detmann et al (2010): $NDT (\%) = PBD + 2,25 \times EED + CNFD + FDNcpD$, sendo que PBD, EED, CNFD e FDNcpD significam, respectivamente, proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, carboidratos não-fibrosos digestíveis e fibra em detergente neutro (isenta de cinzas e proteína) digestível, calculados a partir dos coeficientes de digestibilidade obtidos no presente estudo.

No soro sangüíneo e na urina, foram avaliadas as concentrações de uréia, segundo o método diacetil modificado (kits comerciais). A concentração de N-uréico no soro (NUS) foi obtida pela concentração da uréia sérica, multiplicada por 0,466, correspondente ao teor de N na uréia.

O fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos foi calculado pelas bases de purinas, segundo Ushida et al. (1985). O fluxo de N microbiano na digesta abomasal foi calculado utilizando-se a relação N purina:N total, obtida no experimento. A estimativa de proteína microbiana no abomaso (Pmic) foi obtida pela quantidade de N microbiano no abomaso, multiplicado por 6,25.

Cálculos

O cálculo do balanço de nitrogênio foi realizado determinando-se a quantidade média de nitrogênio ingerido durante os três dias em que foi mensurado o consumo dos animais e descontando desse valor a quantidade excretada, via urina e fezes. O nitrogênio excretado foi calculado a partir da quantidade média de nitrogênio nas fezes

e na urina, durante os dias de coleta. A concentração total de nitrogênio na urina, nas fezes e nos alimentos foi determinada pelo método INCT-CA N-001/1 (Detmann et al., 2012b).

A proteína não degradada no rúmen (PNDR) foi determinada por diferença, sendo a quantidade de proteína bruta total no abomaso, menos a quantidade de proteína bruta microbiana proveniente do rúmen, sendo que não foram consideradas as perdas endógenas de proteína para os cálculos.

$$PNDR = PB \text{ abom} - Pmic$$

em que:

- PNDR = Proteína não degradada no rúmen (kg/dia);
- PB abom = PB total no abomaso (kg/dia);
- Pmic = Proteína microbiana no abomaso (kg/dia).

A determinação da proteína degradada no rúmen (PDR) foi obtida subtraindo-se a PNDR da proteína bruta (PB) ingerida pelos animais.

$$PDR = PB \text{ ing} - PNDR$$

em que:

- PDR = Proteína degradada no rúmen (kg/dia);
- PB ing = Proteína bruta ingerida (kg/dia).

Para a quantificação da proteína metabolizável (PM) foi utilizada a equação abaixo, em que 0,64 (0,8 x 0,8) representa a digestibilidade da proteína microbiana e a

quantidade de proteína verdadeira dos microrganismos e 0,8 a digestibilidade da proteína não degradada no rúmen (PNDR), segundo Marcondes et al. (2010):

$$PM = Pmic \times 0,64 + PNDR \times 0,8$$

O cálculo da digestibilidade total da MS e dos nutrientes foi realizado determinando-se a quantidade média consumida de MS e nutrientes durante os três dias em que se mediu o consumo dos animais e a quantidade média excretada via fezes durante esses mesmos três dias. Para calcular a digestibilidade ruminal aparente (DRA), utilizou-se a quantidade média consumida e a quantidade estimada de MS e nutrientes no abomaso. O DRA e a digestibilidade intestinal aparente (DIA) foram expressos em porcentagem da quantidade total digerida.

Análise estatística

O experimento foi analisado segundo delineamento em quadrado latino, adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. As comparações entre tratamentos foram realizadas de acordo com os seguintes contrastes: efeito linear e quadrático para os níveis de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de soja tratado com tanino (FST); e efeito de “FST+U” *versus* 0% de FST (tratamento FST+U *versus* 0% de substituição do FS pelo FST).

As avaliações da variável pH ruminal foram feitas mediante subdivisão de parcelas em função dos tempos de avaliação.

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados empregando-se o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System), utilizando-se PROC Mixed.

Resultados

Consumo de matéria seca e nutrientes

O consumo de extrato etéreo (CEE) e de FDNcp (CFDNcp) foram os únicos parâmetros relativos a ingestão de alimentos afetados ($P < 0,05$; Tabela 3) pela substituição do farelo de soja convencional (FS) pelo farelo de soja tratado com tanino (FST), sendo que o CEE e o CFDNcp apresentaram comportamento linear decrescente quando o FS foi substituído pelo FST.

O consumo dos demais constituintes da dieta (MO, PB, CNFcp e NDT), assim como o consumo de MS, não tiveram influência ($P > 0,05$) quando houve a substituição do FS pelo FST, independentemente do nível (Tabela 3).

Em relação à comparação entre a dieta com 0% de FST (dieta que continha apenas farelo de soja convencional) e a dieta do trat. FST+U (tratamento com somente 2,5% de FST e sem FS convencional) não houve diferença ($P > 0,05$) apenas para consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT), observando-se menores consumos de MS e demais nutrientes para o tratamento FST+U (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias e EPM para consumo de matéria seca (CMS), de matéria orgânica (CMO), de proteína bruta (CPB), de extrato etéreo (CEE), de FDNcp (CFDNcp), de carboidratos não fibrosos (CCNFcp) e de nutrientes digestíveis totais (CNDT), em kg/dia, e consumo de matéria seca em função do peso corporal (CMSPC), consumo de FDN em função do peso corporal (CFDNcpPC), referentes aos tratamentos e contrastes entre os tratamentos experimentais.

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|-----------------------|--|------|------|------|----------------|----------------------|-------|----------------------------|-------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| CMS | 5,94 | 5,89 | 5,49 | 5,79 | 5,16 | 0,387 | 0,390 | 0,016 | 0,09 |
| CMO | 5,66 | 5,60 | 5,21 | 5,50 | 4,91 | 0,353 | 0,388 | 0,015 | 0,08 |
| CPB | 0,78 | 0,77 | 0,72 | 0,77 | 0,69 | 0,602 | 0,284 | 0,049 | 0,01 |
| CEE ⁴ | 0,29 | 0,30 | 0,26 | 0,27 | 0,25 | 0,032 | 0,760 | 0,003 | 0,004 |
| CFDNcp ⁵ | 1,58 | 1,52 | 1,38 | 1,40 | 1,33 | 0,044 | 0,521 | 0,021 | 0,03 |
| CCNFcp | 3,07 | 3,09 | 2,92 | 3,13 | 2,78 | 0,974 | 0,390 | 0,046 | 0,04 |
| CNDT | 4,26 | 4,13 | 4,07 | 3,91 | 3,96 | 0,640 | 0,385 | 0,230 | 0,11 |
| CMSPC | 2,04 | 2,05 | 1,91 | 1,98 | 1,82 | 0,326 | 0,634 | 0,033 | 0,03 |
| CFDNcpPC ⁶ | 0,54 | 0,52 | 0,47 | 0,48 | 0,47 | 0,020 | 0,567 | 0,022 | 0,01 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q).

³ Contraste: 0% de FST *versus* tratamento FST+U.

⁴ $Y_{CEE}=0,296+0,0018x-0,00006x^2+0,0000005x^3$ ($r^2=0,13$).

⁵ $Y_{CFDNcp}=1,4518-0,0011x$ ($r^2=0,07$).

⁶ $Y_{CFDNcpPC}=0,5087-0,000703x$ ($r^2=0,11$).

Digestibilidade aparente total e parcial da matéria seca e dos nutrientes

As digestibilidades ruminal (DR) e intestinal (DI) não diferiram ($P>0,05$) entre os tratamentos experimentais, com exceção da DR e DI da PB, que apresentou comportamento linear ($P<0,05$) decrescente e crescente, respectivamente, em função da substituição do farelo de soja tradicional pelo FST.

Para digestibilidade aparente total não houve efeito ($P>0,05$), para nenhum nutriente. Houve tendência de efeito quadrático ($P=0,078$) para a porcentagem de

nutrientes digestíveis totais (NDT) da dieta, obtendo-se maior teor de NDT na dieta quando substituiu-se, aproximadamente, 40% do FS pelo FST.

Tabela 4 - Médias e EPM para digestibilidades aparentes ruminal, intestinal e total da MS e dos nutrientes de acordo com os tratamentos avaliados

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|---|--|-------|-------|-------|----------------|----------------------|-------|----------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| <i>Digestibilidade ruminal aparente (g/kg da digestibilidade aparente total)</i> | | | | | | | | | |
| MS | 643,1 | 638,0 | 590,2 | 638,3 | 588,3 | 0,567 | 0,302 | 0,495 | 1,91 |
| MO | 655,3 | 665,8 | 600,0 | 641,9 | 604,5 | 0,593 | 0,953 | 0,486 | 1,87 |
| PB ⁴ | 261,6 | 260,7 | 186,1 | 160,2 | 244,5 | 0,023 | 0,345 | 0,356 | 1,75 |
| FDNcp | 932,8 | 966,7 | 844,3 | 945,0 | 927,0 | 0,402 | 0,495 | 0,201 | 2,85 |
| <i>Digestibilidade intestinal aparente (g/kg da digestibilidade aparente total)</i> | | | | | | | | | |
| MS | 356,8 | 361,9 | 409,7 | 361,6 | 411,6 | 0,783 | 0,589 | 0,443 | 2,17 |
| MO | 344,7 | 324,2 | 390,0 | 358,1 | 395,5 | 0,634 | 0,742 | 0,467 | 1,97 |
| PB ⁵ | 738,4 | 739,3 | 813,9 | 829,8 | 745,5 | 0,044 | 0,765 | 0,776 | 1,64 |
| FDNcp | 67,2 | 33,3 | 155,7 | 55,0 | 73,0 | 0,209 | 0,220 | 0,178 | 0,60 |
| <i>Coefficiente de digestibilidade aparente total (g/kg)</i> | | | | | | | | | |
| MS | 675,5 | 655,5 | 690,8 | 638,0 | 702,0 | 0,500 | 0,507 | 0,428 | 10,2 |
| MO | 683,6 | 661,7 | 695,9 | 642,5 | 714,7 | 0,438 | 0,523 | 0,353 | 10,1 |
| PB | 677,3 | 651,0 | 663,2 | 650,1 | 710,2 | 0,588 | 0,811 | 0,381 | 11,4 |
| FDNcp | 559,3 | 494,9 | 555,4 | 488,5 | 556,6 | 0,561 | 0,966 | 0,958 | 24,9 |
| EE | 830,1 | 832,3 | 824,9 | 833,9 | 875,7 | 0,969 | 0,880 | 0,151 | 9,4 |
| CNFcp | 744,0 | 739,5 | 763,9 | 701,6 | 792,2 | 0,252 | 0,138 | 0,079 | 7,8 |
| NDT ⁶ | 716,1 | 698,2 | 763,7 | 683,5 | 763,0 | 0,668 | 0,078 | 0,048 | 6,6 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q).

³ Contraste: 0% de FST versus tratamento FST+U.

⁴ $Y_{DRPB}=276,55-1,448x$ ($r^2=0,14$).

⁵ $Y_{DIPB}=723,45+1,448x$ ($r^2=0,14$).

⁶ $Y_{NDT}=706,74+1,0101x + 0,0127x^2$ ($r^2=0,06$).

Eficiência dietética da proteína

A ingestão de proteína degradada no rúmen (PDRI), proteína microbiana no abomaso (Pmic.) e teor de proteína degradada em relação a PB consumida (PDR,%) apresentaram resultados lineares decrescentes ($P < 0,05$) com a substituição do FS pelo FST (Tabela 5). Por outro lado, a ingestão de proteína não degradada no rúmen (PNDR), proteína metabolizável (PM) e teor de proteína não degradada no rúmen (PNDR, %) apresentaram efeito linear crescente ($P < 0,05$) ao substituir-se o FS pelo FST (Tabela 5).

Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) para ingestão de proteína bruta (PBI), eficiência microbiana (Ef.Mic) e nitrogênio amoniacal ruminal (Tabela 5). No entanto, houve tendência de efeito linear de diminuição da eficiência microbiana com a inclusão do FST ($P = 0,064$).

A relação entre a quantidade de proteína metabolizável e a quantidade de proteína bruta ingerida (PM:PB) apresentou efeito quadrático, apresentando ponto de máximo de 70% quando o farelo de soja foi substituído em 100% pelo FST.

Metabolismo e balanço de nitrogênio

As excreções de nitrogênio uréico no soro, nitrogênio total na urina e o teor de nitrogênio uréico no soro não diferiram ($P > 0,05$) em função dos níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo de soja tratado com tanino (Tabela 6). Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos com 0% de substituição e o tratamento FST+U.

Tabela 5 - Médias e EPM pra PB ingerida (PBI), PDR ingerida (PDRI), PNDR ingerida (PNDRi), síntese de proteína microbiana (Pmic), disponibilidade de proteína metabolizável (PM), expressos em g/dia; porcentagem de PNDR e PDR; PM em relação a PB ingerida (PM:PB); eficiência de síntese microbiana (Ef. Mic., g de Pmic/kg de NDT) e nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) de acordo com os tratamentos experimentais

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|----------------------|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|-------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| PBI | 785,3 | 777,0 | 722,6 | 779,4 | 699,4 | 0,602 | 0,284 | 0,049 | 12,14 |
| PDRI ⁴ | 552,1 | 494,4 | 429,3 | 388,5 | 484,4 | 0,002 | 0,783 | 0,119 | 12,45 |
| PNDRi ⁵ | 233,2 | 282,6 | 293,3 | 390,9 | 215,0 | <0,001 | 0,171 | 0,429 | 6,98 |
| Pmic ⁶ | 441,6 | 440,0 | 390,7 | 366,4 | 426,3 | 0,049 | 0,680 | 0,679 | 11,29 |
| PM ⁷ | 469,3 | 507,8 | 484,8 | 547,3 | 444,5 | 0,027 | 0,516 | 0,332 | 7,55 |
| PNDR, % ⁸ | 29,69 | 36,58 | 40,90 | 52,76 | 32,21 | <0,001 | 0,382 | 0,527 | 1,22 |
| PDR, % ⁹ | 70,30 | 63,41 | 59,09 | 47,23 | 67,78 | <0,001 | 0,382 | 0,527 | 1,22 |
| PM:PB ¹⁰ | 59,75 | 65,38 | 67,14 | 69,90 | 63,94 | <0,001 | 0,037 | <0,001 | 0,26 |
| Ef. Mic* | 104,6 | 106,4 | 94,1 | 92,6 | 105,3 | 0,064 | 0,750 | 0,924 | 6,04 |
| NAR* | 15,22 | 13,63 | 14,92 | 14,20 | 14,76 | 0,682 | 0,654 | 0,758 | 0,42 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q).

³ Contraste: 0% de FST versus tratamento FST+U.

⁴ $Y_{PDRI} = 545,29 - 1,495x$ ($r^2=0,20$).

⁵ $Y_{PNDRi} = 222,51 + 1,6857x$ ($r^2=0,42$).

⁶ $Y_{Pmic} = 447,13 - 0,658x$ ($r^2=0,05$).

⁷ $Y_{PM} = 464,18 + 0,9273x$ ($r^2=0,15$).

⁸ $Y_{PNDR,\%} = 28,98 + 0,221x$ ($r^2=0,50$).

⁹ $Y_{PDR,\%} = 71,01 - 0,221x$ ($r^2=0,50$).

¹⁰ $Y_{PM:PB} = 60,01 + 0,158x - 0,00058x^2$ ($r^2=0,78$).

* Ef. Mic.: expressa em g de Pmic./kg de NDT ingerido; NAR: expresso em mg/dL.

Tabela 6 - Médias e EPM das concentrações de nitrogênio uréico no soro (NUS, mg/dL), excreções de nitrogênio uréico na urina (NUU), de N total na urina (NU), balanço de nitrogênio (BN) e eficiência de uso do nitrogênio (Ef.N, % do BN sobre o N ingerido) de acordo com os tratamentos experimentais

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|---------------|--|--------|--------|--------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| NUS (mg/dL) | 17,33 | 13,30 | 11,97 | 14,61 | 13,47 | 0,194 | 0,061 | 0,089 | 0,43 |
| NUU (g/dia) | 26,10 | 31,14 | 27,52 | 32,07 | 33,81 | 0,656 | 0,972 | 0,413 | 2,88 |
| NUU/NU (%) | 68,09 | 67,43 | 73,23 | 73,67 | 93,04 | 0,653 | 0,871 | 0,119 | 5,74 |
| NUU (mg/kgPC) | 83,17 | 106,99 | 97,69 | 106,98 | 117,46 | 0,570 | 0,757 | 0,289 | 9,86 |
| NU (mg/kgPC) | 127,40 | 160,23 | 134,67 | 146,90 | 132,07 | 0,540 | 0,379 | 0,763 | 4,82 |
| BN | 46,7 | 35,13 | 41,24 | 37,68 | 43,47 | 0,433 | 0,486 | 0,674 | 2,31 |
| Ef.N (%) | 37,38 | 27,31 | 32,28 | 29,35 | 37,48 | 0,312 | 0,379 | 0,985 | 1,64 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q).

³ Contraste: 0% de FST *versus* tratamento FST+U.

Não houve nenhum tipo de diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$) no que se refere aos parâmetros relativos ao balanço de nitrogênio (BN) (Tabela 6). Do mesmo modo, os tratamentos controle (0 % de substituição do FS por FST) e FST+U não diferiram entre si ($P > 0,05$) quanto ao BN (Tabela 6).

Degradabilidade in situ da proteína bruta

As frações solúvel (A), potencialmente degradável (B) e indegradável (C) da PB da dieta não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) quando houve a substituição do FS pelo FST (Tabela 7). No entanto, o contraste entre os tratamentos 0% e o tratamento FST+U mostrou-se significativo ($P < 0,05$) para as frações A e B, sendo que para a dieta do tratamento FST+U houve aumento na fração solúvel e diminuição na fração potencialmente degradável (Tabela 7).

A taxa de digestão da PB da dieta (Kd) apresentou comportamento linear decrescente ($P < 0,05$) ao substituir-se o FS pelo FST (Figura 1; Tabela 7), o mesmo ocorrendo para a fração efetivamente degradada da proteína (DEPB).

Tabela 7 - Médias e EPM para fração solúvel (A), potencialmente degradável (B) e indegradável (C) da proteína bruta (% da PB); taxa de degradação da PB (% por hora); proteína não degradada no rúmen (PNDR) e proteína degradada no rúmen (PDR), de acordo com os tratamentos experimentais.

| Item ¹ | Substituição do FS pelo FST (%) ² | | | | Trat. FST+U | Valor-p ³ | | | EPM |
|-----------------------------|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ⁴ | |
| A | 28,91 | 28,06 | 25,73 | 23,86 | 40,82 | 0,246 | 0,871 | 0,015 | 1,31 |
| B | 61,32 | 60,56 | 61,99 | 67,11 | 46,85 | 0,191 | 0,334 | 0,004 | 1,24 |
| C | 9,76 | 11,37 | 12,26 | 9,01 | 12,26 | 0,838 | 0,110 | 0,211 | 0,58 |
| Kd ⁵ | 6,32 | 5,71 | 5,17 | 2,93 | 5,73 | 0,004 | 0,204 | 0,449 | 0,23 |
| <i>Parâmetros estimados</i> | | | | | | | | | |
| Kp* | 4,04 | 4,06 | 3,83 | 3,96 | 3,73 | - | - | - | 0,04 |
| DEPB ⁶ | 65,68 | 62,66 | 60,79 | 56,50 | 68,70 | <0,001 | 0,418 | 0,128 | 0,32 |

¹ Fração A: fração solúvel; fração B: fração insolúvel potencialmente degradável; fração C: fração indegradável; Kd: taxa de degradação da fração B.

² FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

³ Contrastes linear (L), quadrático (Q), cúbico (C).

⁴ Contraste: 0% de FST *versus* tratamento FST+U.

⁵ $Y_{Kd} = 6,6511 - 0,0265x$ ($r^2 = 0,23$);

⁶ $Y_{DEPB} = 66,07 - 0,1004x$ ($r^2 = 0,16$);

⁶ DE: Fração efetivamente degradada segundo equação preditiva descrita por Pina et al. (2010)

* Estimativa de taxa de passagem segundo Pina et al. (2010).

pH ruminal

Houve interação ($P < 0,05$) entre tratamento e o tempo de medição para o pH ruminal. Sendo que o desdobramento da interação demonstrou que a variação de pH ao longo do dia se comportou de maneira diferente em cada tratamento experimental

(Figura 2). Os parâmetros das equações de regressão, pH mínimo observado e horário de pH mínimo para cada tratamento experimental estão apresentados na Tabela 8.

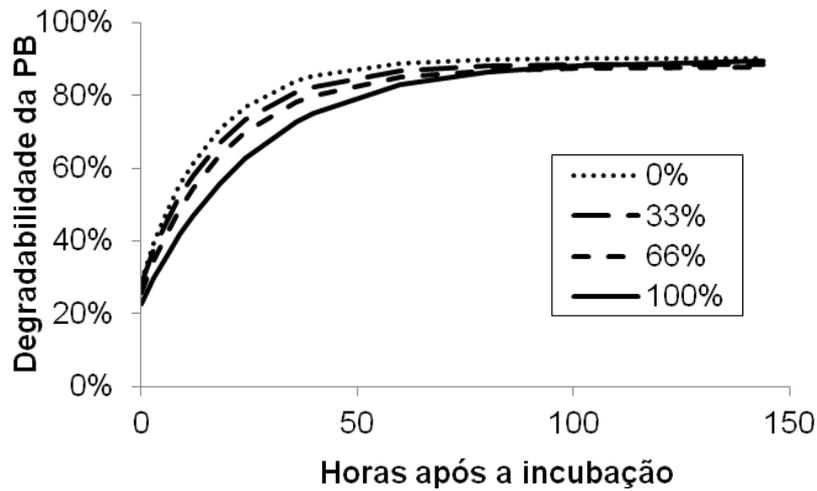


Figura 1 – Estimativa da degradabilidade da PB em função do tempo de incubação ruminal obtida para as dietas utilizadas em cada tratamento experimental.

Os valores mínimos de pH no rúmen de 6,60; 6,62; 6,21; 6,76 e 6,40 foram obtidos nos tempos de 15; 15; 15; 15 e 17 horas após a primeira alimentação (aproximadamente 7, 7, 7, 7 e 8 horas após a segunda alimentação) para as dietas 0, 33. 66 e 100% de substituição do FS pelo FST e para o trat. FST+U, respectivamente.

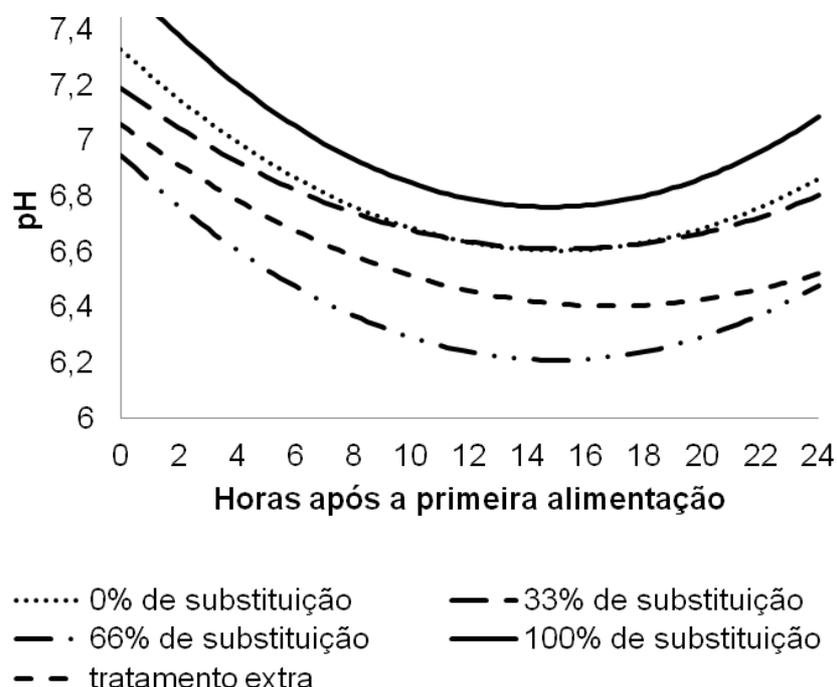


Figura 2- Relação entre o tempo e o pH ruminal mensurado a cada 5 minutos durante 24 horas para os tratamentos experimentais.

Tabela 8 - Parâmetros das equações, ponto crítico da função e resposta esperada em horas para o pH mensurado no rúmen dos animais experimentais

| Tratamento ¹ | Parâmetro ² | | | r ² | Valor-p ³ | pH mínimo ⁴ | Horário pH mínimo ⁵ |
|-------------------------|------------------------|---------|----------------|----------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|
| | Intercepto | t | t ² | | | | |
| 0% | 7,33 | -0,0963 | 0,0032 | 0,15 | 0,0011 | 6,60 | 15,0 |
| 33% | 7,19 | -0,0761 | 0,0025 | 0,25 | <0,0001 | 6,61 | 15,0 |
| 66% | 6,95 | -0,0988 | 0,0033 | 0,33 | <0,0001 | 6,21 | 15,0 |
| 100% | 7,59 | -0,1122 | 0,0038 | 0,30 | <0,0001 | 6,76 | 15,0 |
| trat. FST+U | 7,06 | -0,0776 | 0,0023 | 0,34 | <0,0001 | 6,40 | 17,0 |

¹ 0, 33, 66, 100% = Níveis de substituição do FS pelo FST. Trat FST+U = tratamento FST+U.

² Parâmetros gerados a partir de equações de regressão após teste para verificar efeito dos seguintes fatores: Tratamento: P = 0,0010; Tempo: P < 0,0001; Tratamento*Tempo: P<0,0031; adotando-se período e animal como efeito aleatório no modelo.

³ Valor de probabilidade para o comportamento quadrático.

⁴ pH mínimo encontrado.

⁵ Horário em que o pH mínimo foi observado.

Discussão

Consumo de matéria seca e nutrientes

A ingestão de alimentos que contém taninos em níveis relativamente altos pode provocar a ligação entre proteínas e taninos por interações já conhecidas (Archana et al., 2010). Essas complexações podem diminuir o consumo, principalmente por dois mecanismos: (i) complexando-se com compostos fibrosos, formando uma barreira física para os microrganismos, diminuindo assim a taxa de digestão e passagem e consequentemente reduzindo o consumo; (ii) e/ou complexando-se com as proteínas do alimento em questão e indisponibilizando-as para os microrganismos, os quais teriam seu crescimento e atividade enzimática limitados por falta de nitrogênio (N), já que estes necessitam de uma quantidade mínima de N para digerir fibras no seu máximo potencial. Essa restrição de N causaria diminuição na degradação da fibra, diminuindo a taxa de passagem e consequentemente o consumo de matéria seca (CMS).

Outra possível causa de alterações no CMS, na presença de taninos, é o efeito causado pela adstringência, fazendo com que animais herbívoros se recusem ingerir estes alimentos.

Como não houve diminuição no consumo de matéria seca ($P > 0,05$) ao substituir-se o farelo de soja pelo farelo de soja tratado com tanino, presume-se que os níveis de taninos incluídos na dieta (que chegaram a 18 g/kg de MS fornecida no tratamento 100% de substituição) não foram suficientes para complexar a fibra do alimento a ponto de diminuir o consumo, nem tampouco para provocar efeito de adstringência. Além disso, apesar de ter havido redução na quantidade de proteína

microbiana sintetizada (Tabela 5), aparentemente, esta não foi suficiente para causar restrições no consumo por diminuição na degradação de fibra, já que neste experimento, foi utilizada dieta com alto teor de concentrados, sendo que a limitação do consumo estaria a cargo da densidade energética da dieta, que foi igual entre os tratamentos (Tabela 3; consumo de NDT igual entre os tratamentos).

No entanto, houve queda no consumo dos animais do tratamento FST+U em relação aos alimentados com a dieta controle (0% de FST). Pressupondo-se que a quantidade de tanino incluída na dieta não foi a causa da diminuição do consumo (já que esta dieta apresentou apenas 6,25 g de tanino/kg de MS) a queda no consumo pode ter sido causada por aumento na quantidade de ureia na dieta tenha causado tal diminuição, já que na dieta contendo 0 % de FST, apenas 5,9% da PB total foi proveniente de ureia, enquanto que na dieta do trat. FST+U 22,5% da PB da dieta foi proveniente de uréia (0,3 % e 1,07 % da MS total da dieta, respectivamente). Ou seja, a PB proveniente de uréia foi 3,81 vezes maior no tratamento FST+U. No entanto, com níveis semelhantes de ureia, não demonstram queda no CMS, podendo portanto, esta não ter sido a principal causa da queda no consumo.

Além disso, foi observado um maior teor de NDT na dieta do experimento FST+U (Tabela 4) o que pode ter levado a redução no consumo causado por aumentos na quantidade de energia da dieta.

A queda no consumo dos nutrientes quando compara-se o trat. FST+U com o trat. 0% deu-se por consequência da diminuição do CMS. O consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) não apresentou diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos, pois houve aumento na porcentagem de NDT da dieta ($P < 0,05$; Tabela 4).

Em relação ao efeito de diminuição do consumo de EE e FDNcp ($P < 0,05$) quando substitui-se FS por FST, pode-se inferir que possivelmente houve modificação na capacidade e/ou no critério de seleção de alimentos pelos animais ao aumentar-se a inclusão de FST, já que o teor de EE e FDNcp das sobras foi maior, aproximadamente no mesmo nível de substituição, em que se obteve menor consumo destes nutrientes (dados não publicados). A seleção de alimentos por animais ruminantes pode ser interpretada como a busca e reconhecimento de substâncias no ambiente que proporcionam algum tipo de benefício ou malefício homeostático para o organismo do animal (Villalba e Provenza, 2007). Por exemplo, ovelhas aumentaram a ingestão voluntária de polietileno glicol (PEG; um polímero que diminui os efeitos aversivos dos taninos) quando as concentrações de tanino aumentaram na dieta (Provenza et al., 2000). Além disso, Mantz et al. (2009) apresentaram resultados confirmando que bovinos aprendem a evitar alimentos com alto teor de tanino devido aos efeitos pós-ingestivos, causados principalmente pela adstringência. Portanto, este comportamento sugere um possível efeito de adstringência causado pelo tanino, fazendo com que os animais apresentassem um padrão de seleção diferente, mesmo consumindo a mesma quantidade de alimento.

Villalba et al., (2006) constataram que animais que não têm a oportunidade de aprender sobre a associação de mal-estar e o consumo específico do alimento que causa tal problema, não conseguem excluir de forma adequada o ingrediente que está causando o mal-estar.

Como os consumos de EE e FDNcp diminuíram, provavelmente houve seleção com exclusão do consumo de caroço de algodão, já que este ingrediente apresenta

altas concentrações dos dois nutrientes (Tabela 2). Como a partícula do caroço de algodão é relativamente grande em relação à dos outros componentes da dieta, os animais podem ter atribuído a esse ingrediente a sensação de adstringência e, assim, excluindo-o da dieta.

Embora as pesquisas sobre auto-seleção de nutrientes e ingredientes que provocam efeitos diversos em herbívoros estarem aumentando (Villalba e Landau, 2011), a informação disponível muitas vezes é viesada e não consegue elucidar os comportamentos com precisão. Segundo Villalba et al. (2006), um ingrediente precisa ser ingerido "no momento certo" para que o animal consiga relacionar seu efeito com seu consumo.

Quando ovelhas ingerem dois ou mais alimentos na mesma dieta, elas podem atribuir os efeitos pós-ingestivos de um alimento para os outros alimentos, devido à proximidade temporal entre tal consumo (Freidin et al., 2011). Deste modo, extrapolando-se estes resultados para a espécie bovina (visto as suas semelhanças) é possível que os animais deste experimento tenham atribuído alguns efeitos negativos pós-ingestivos causados pelos taninos para o caroço de algodão ou algum outro ingrediente.

Assim, os animais do estudo não conseguiram associar o evento (isto é, o consumo de tanino), com o possível aumento contingente de mal-estar (provavelmente adstringência).

Digestibilidade aparente total e parcial da matéria seca e dos nutrientes

A digestibilidade ruminal representa a quantidade de nutriente que desaparece no rúmen, seja por meio de absorção pela parede ruminal ou por eliminação de gases via eructação. Para alguns nutrientes, como por exemplo, a FDN, é esperado e adequado que a digestibilidade ruminal represente quase toda digestibilidade aparente total (como encontrado no presente trabalho; Tabela 4).

No entanto, a digestibilidade ruminal da proteína bruta apresenta comportamento inverso, já que espera-se que toda a PB ingerida chegue ao intestino para absorção. Por outro lado, a conversão de PDR em Pmicrobiana (Pmic) possui ineficiência de, em média, 10% (Marcondes et al., 2010). Esta perda é inevitável, mas deve ser minimizada ao máximo possível, através de ajustes nos teores de proteína degradável no rúmen (PDR) e nutrientes digestíveis totais (NDT) da dieta, além de níveis adequados de proteínas verdadeiras e NNP (Bach et al., 2005). A substituição do FS pelo FST fez com que a digestibilidade aparente ruminal da proteína diminuísse linearmente ($P < 0,05$). Portanto, pode-se inferir que os níveis de PDR/PNDR, aliados com as quantidades de nitrogênio não protéico (NNP) e de NDT presentes na dieta que utilizou 7,5% de farelo de soja tratado com tanino (trat 100%) possibilitou melhor aproveitamento ruminal da proteína ingerida.

O tanino é conhecido não somente pela capacidade de formar ligações com proteínas, mas também pela capacidade de ligação com carboidratos, principalmente fibrosos, e também pela inibição de bactérias fibrolíticas, principalmente degradadoras de hemicelulose (Hervás et al., 2003). No entanto, em dietas com alto teor de concentrado, a ação dos taninos, pelo menos em doses menores do que 40 g/kg de

MS não são suficientes para reduzirem a digestibilidade aparente total da MS e nutrientes (Mezzomo et al. 2011).

Além disso, testes *in vitro*, feitos com tanino já complexado à proteína, demonstraram que o tanino condensado (TC) não afetou o crescimento de microrganismos ruminais (Makkar, 2003). Estes resultados sugerem que os taninos já complexados às proteínas antes de serem consumidos (como no caso desse experimento) parecem ser inertes e não afetam a fermentação de FDN no rúmen, conforme observado no presente estudo (Tabela 4).

Estudos de Makkar et al. (1995; 1997) mostraram que os efeitos benéficos dos taninos condensados *in vivo* também poderiam ser devido à maior eficiência de síntese de proteína microbiana no rúmen. A conclusão de que a eficiência de síntese de proteína microbiana é maior na presença de taninos foi efetuada por meio de duas abordagens diferentes: (i) adicionando tanino purificado (Makkar et al., 1995) e (ii) usando polietileno glicol (PEG, composto que se liga aos taninos e anula o efeito no metabolismo dos animais), em que sua presença diminuiu a eficiência de síntese de proteína microbiana. No segundo caso (Makkar et al., 1997), o PEG agiu liberando nutrientes que estavam complexados com TC. No entanto, apesar de aumentar a disponibilidade dos nutrientes dos alimentos, houve diminuição na eficiência da sua utilização para síntese de proteína microbiana, provavelmente devido a desperdícios de energia liberada, já que, sem ação dos taninos houve liberação mais rápida de carboidratos e proteínas, e com a presença de tanino, a taxa de fermentação foi menor, modulando a digestão e liberando os carboidratos e proteínas de maneira mais

homogênea, diminuindo a intensidade dos picos de carboidratos e proteínas passíveis de utilização.

A abordagem acima sugere que os taninos, em níveis e situações específicas, têm o potencial de modular a fermentação ruminal, podendo, portanto maximizar a digestão dos nutrientes a ponto de aumentar o teor de NDT ingerido. A diminuição da taxa de digestão da proteína dos alimentos pelos taninos poderia ajudar a sincronizar a disponibilidade de vários nutrientes, que, por sua vez, pode ser responsável por aumentar a proporção de NDT da dieta (Makkar, 2003).

O motivo exato para a forte tendência de aumento do NDT quando substituiu-se FS tradicional por FS tratado com tanino ainda é desconhecido, mas a hipótese de sincronização na disponibilidade de nutrientes na dieta parece ser aceitável.

Aparentemente, o que pode ter acontecido é um sincronismo entre nitrogênio liberado até aproximadamente 40% da substituição do FS pelo FST, fazendo com que ocorresse um aumento no teor de NDT da dieta, sendo que posteriormente (substituições acima de 40%) o tanino começa a indisponibilizar a proteína do FS ao ponto desestabilizar esse sincronismo e, como consequência, reduzir no teor de NDT.

Eficiência dietética da proteína

A avaliação conjunta das variáveis relativas à eficiência dietética da proteína (PNDRI, Pmic, Ef. Mic, PM e relação PM:PB) sugere que a diminuição da digestibilidade ruminal da proteína bruta observada com a inclusão de FS com tanino foi suficiente para proporcionar aumento o fluxo de proteína metabolizável, mesmo com a diminuição ($P < 0,05$) na quantidade de proteína microbiana chegando ao abomaso

(Tabela 5). Portanto, houve aumento da quantidade de proteína não degradável no rúmen (PNDR) suficiente para compensar a queda na quantidade de proteína microbiana sintetizada no rúmen. Ou seja, a inclusão de tanino à dieta com farelo de soja resultou em aumento de 92,73g de proteína metabolizável (PM) quando o tratamento 0% de FST é comparado com o tratamento 100% de FST, o que corresponde a um aumento de 16,65% na quantidade de PM.

Nesse estudo, para estimar a PM utilizou-se a equação sugerida pelo BrCorte (Marcondes et al. 2010), a qual considera que a digestibilidade da PNDR é a mesma para qualquer tipo de alimento (80% de absorção intestinal). Tal fato pode gerar dúvidas quanto à absorção dos aminoácidos (AA) no intestino e à utilização destes pelo animal, pois diferentes alimentos possuem diferentes perfis aminoacídicos (Valadares Filho et al., 2012), com digestibilidades intestinais também diferentes. No entanto, Mezzomo (dados não publicados, capítulo 1), em testes *in vitro*, não observou diferenças na digestibilidade intestinal da PNDR de alimentos tratados com o mesmo tipo de tanino utilizado neste estudo, observando-se digestibilidade intestinal da PNDR em torno de 75% para o farelo de soja tratado com tanino (Capítulo 1).

Como encontrado nesse trabalho, e de acordo com outra pesquisa que também utilizou dietas com alto teor de concentrado (Mezzomo et al. 2011), nessas condições, os taninos são capazes de reduzir a degradação ruminal da proteína e, possivelmente, aumentar o aporte de aminoácidos no intestino. O aumento do aporte de PNDR, por meio da utilização de taninos em baixas concentrações, pode acarretar em maior desempenho animal, ou em melhor eficiência de utilização dos nutrientes devido ao

possível aumento no fluxo de aminoácidos essenciais para o intestino e sua conseqüente absorção para o sangue

A modificação na razão PM:PB, observada com a substituição do FS pelo FST, indicou que houve aumento na eficiência de utilização da PB total da dieta na ordem de 14,3% (0% e 100% de substituição), o que pode acarretar em diminuições nos custos de produção, causado por melhor utilização da proteína (Hess et al., 2006).

O nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) é um parâmetro que indica, principalmente, a adequação da utilização da PDR. No trabalho de Aguerre et al. (2010) a concentração de $\text{NH}_3\text{-N}$ diminuiu com a suplementação de taninos a níveis superiores a 180g de tanino/kg de MS, enquanto que nenhum efeito foi observado em concentrações mais baixas (45 e 90 g/Kg de MS). Mezzomo et al. (2011) também não observaram diferenças no NAR quando adicionou-se 40 g de taninos/kg de MS da dieta, corroborando com os resultados desta pesquisa, que apresentou níveis máximos de 18 g de tanino por quilo de matéria seca.

Metabolismo e balanço de nitrogênio

De acordo com Kertz (2010), quanto menor a degradação da proteína dietética, menor é a produção de amônia ruminal e, conseqüentemente, menores são as perdas de uréia na urina. Isto ocorre porque a maior parte da amônia não utilizada pelos microrganismos é absorvida pela parede ruminal e transportada para o fígado onde é convertida à uréia. Parte dessa uréia é excretada, via urina, enquanto outra fração pode retornar ao rúmen via saliva ou por difusão através da parede ruminal. No entanto, neste experimento, não foram observadas diferenças no NUS, NUU e NAR

($P > 0,05$), indicando que a diminuição observada na quantidade de PDR e na digestibilidade ruminal da PB ($P < 0,05$) não foi suficiente para causar alteração nestes indicadores metabólicos. A possível explicação pode-se dar devido à capacidade de reciclagem de uréia por parte dos ruminantes, que possibilita o retorno de N, em forma de uréia, ao rúmen (De Paula et al, 2010).

Degradabilidade in situ da proteína bruta

Os resultados encontrados para as frações A, B e C demonstram que a ligação entre a proteína do FS e o tanino é reversível, já que, apesar de atingirem o platô de degradação em diferentes tempos, não houve diferença entre a quantidade de proteína solúvel, potencialmente degradável e indegradável nas dietas ($P > 0,05$; Tabela 7).

A diminuição da taxa de degradação da PB reafirma a hipótese formada anteriormente que tenta justificar a diminuição da digestibilidade ruminal, já que ao atrelar-se a taxa de degradação (K_d) com a taxa de passagem (K_p) obter-se-á diferentes relações de PDR/PNDR; diminuindo a quantidade de PDR com o aumento da inclusão de farelo de soja tratado com tanino e, portanto, possibilitando menor perda por ineficiência de conversão da PDR em P_{mic} . Além disso, a estimativa da fração efetivamente degradada, que leva em consideração a K_p , apresentou o mesmo comportamento da PDR ingerida pelo animal (Tabela 5) diminuindo com a inclusão do FST.

Em paralelo, a diminuição na taxa de degradação da PB demonstra que houve modificação na taxa de utilização da PB por parte dos microrganismos, já que a fração potencialmente degradável deste nutriente foi desaparecendo (degradando) mais

lentamente conforme se substituiu o FS pelo FST, o que poderia fazer com que houvesse melhor sincronismo com a liberação de outros nutrientes.

pH ruminal

A diferença do comportamento observado no pH (Figura 2) entre os tratamentos ao longo do dia, possivelmente, foi causada por modificações na fermentação ruminal em cada tratamento, sendo que essas modificações podem ter afetado a relação de AGV, os quais possuem diferentes pKs, e podem, portanto, alterar o pH do meio ruminal quando apresentam concentrações diferentes (Gäbel e Aschenbach, 2006).

Apesar das diferenças entre os tratamentos, todos os valores de pH ruminal obtidos estão dentro do limite de 6,2 estabelecido para que não haja comprometimento na digestão ruminal da fibra, e conseqüentes problemas metabólicos no animal (Gäbel e Aschenbach, 2006).

Benchaar et al. (2008) e Aguerre et al. (2010) não observaram diferenças para o pH ruminal ao aumentar-se o nível de taninos na dieta. No entanto, observaram médias semelhantes à desta pesquisa.

Conclusão

A substituição do farelo de soja por farelo de soja tratado com 2,5% de tanino (85% de tanino condensado e 15% de tanino hidrolisável) em dietas de bovinos alimentados com alto teor de concentrado implica em efeitos positivos sobre a utilização da proteína bruta, aumentando os níveis de proteína metabolizável e diminuindo o desperdício de nitrogênio, sem alterar os parâmetros ruminais, otimizando a assimilação de nitrogênio no ambiente ruminal.

Os resultados encontrados sugerem que a utilização de tanino, nas concentrações indicadas, em confinamentos que utilizam dietas com alto teor de concentrado, exerce efeitos benéficos, entretanto ensaios experimentais que avaliem o desempenho dos animais devem ser realizados.

Literatura Citada

- AGUERRE, M.J., WATTIAUX, M.A. CAPOZZOLO, M.C. LENCIONI, P. CABRAL. C. Effect of quebracho-chestnut tannin extracts at two dietary crude protein levels on performance and rumen fermentation of dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.93 (Suppl. 1) p.445 (Abstr.) 2010.
- ARCHANA, A.B., JADHAV, M.V., KADAM, V.J., Potential of tannins: a review. **Asian Journal of Plant Sciences** v.9, p.209–214. 2010.
- BACH, A., CALSAMIGLIA, S., STERN, M.D. Nitrogen Metabolism in the Rumen. **Journal of Dairy Science**. v.88, E. Suppl.p.9-21, 2005.
- BARROS, L.V., SILVA, A.G., BENEDETI, P.D.B. Avaliação de dióxido de titânio em amostras fecais. In. DETMANN, E.; SOUZA, M.A. ; VALADARES FILHO, S.C.; BERCHIELLI, T.T.; CABRAL, L.S.; LADEIRA, M.M.; SOUZA, M.A.; QUEIROZ, A.C.; SALIBA, E.O.S.; PINA, D.S.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema. p.205-214. 2012.
- BENCHAAR, C., MCALLISTER, T.A. CHOUINARD, P.Y. Digestion, ruminal fermentation, ciliate protozoal populations, and milk production from dairy cows fed cinnamaldehyde, quebracho condensed tannin, or *Yucca schidigera* saponin extract. **Journal of Dairy Science**. v.91, p.4765–4777. 2008.
- BROUWER, E. **Report of sub-committee on constants and factors**, In: K.L. Blaxter (Ed.) Energy Metabolism - Proceedings of the 3rd Symposium. London - New York . p.441-443. 1965.
- CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, p.1459-1465, 1995.

- CECAVA, J.M.; MERCHEN, N.R.; GAY, L.C. BERGER, L.L. Composition of ruminal bacteria harvested from steers as influenced by dietary energy level, feeding frequency, and isolation techniques. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.2480-2488, 1990.
- DE PAULA, N. F.; J. T. ZERVOUDAKIS; L. S. CABRAL; D. M. G. CARVALHO; L. K. HATAMOTO-ZERVOUDAKIS; E. H. B. K. MORAES; A. A. OLIVEIRA. Frequência de suplementação e fontes de proteína para recria de bovinos em pastejo no período seco: desempenho produtivo e econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, p.873-882. 2010.
- DE WIJK, RA, PRINZ, JF Mechanisms underlying the role of friction in oral texture **Journal of Texture Studies**. v.37, p.413-427. 2006.
- DETMANN, E., VALADARES FILHO, S.C., PAULINO, M.F. Predição do valor energético de dietas para bovinos a partir da composição química dos alimentos. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I. CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de Zebuínos puros e cruzados – BR-Corte**. p.47-64. 2010.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; BERCHIELLI, T.T.; CABRAL, L.S.; LADEIRA, M.M.; SOUZA, M.A.; QUEIROZ, A.C.; SALIBA, E.O.S.; PINA, D.S.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2012a. 214p.
- DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; CABRAL, L.S. Avaliação do nitrogênio total (proteína bruta) pelo método de kjeldahl. In. DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; BERCHIELLI, T.T.; CABRAL, L.S.; LADEIRA, M.M.; SOUZA, M.A.; QUEIROZ, A.C.; SALIBA, E.O.S.; PINA, D.S.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema. p.51-68. 2012b.
- DETMANN, E., SOUZA, N.K.P.S., COSTA, V.A.C. Avaliação do nitrogênio amoniacal em fluido ruminal. In. DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; BERCHIELLI, T.T.; CABRAL, L.S.; LADEIRA, M.M.; SOUZA, M.A.; QUEIROZ, A.C.; SALIBA, E.O.S.; PINA, D.S.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema. p.193-204. 2012c.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.62, p.980-984. 2010.

- FREIDIN, E., CATANESE, F., DIDONÉ, N., DISTEL, R.A., Mechanisms of intake induction of a low-nutritious food in sheep (*Ovis aries*). **Behavioural Processes**. 87, 246–252. 2011.
- GÄBEL, G., ASCHENBACH, J.R. Ruminal SCFA absorption: channeling acids without harm. In: Serjssen, K. Hvelplund, T., Nielsen, M.O. (eds.) **Ruminant physiology**. Wageningen Academic. p.173-198. 2006.
- HERVÁS G., FRUTOS P., GIRÁLDEZ F.J., MANTECÓN A.R., ÁLVAREZ DEL PINO M.C. Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. **Animal Feed Science and Technology** v.109, p.65-78. 2003.
- HESS, H.D.; TIEMANN, T.T.; STÜRM, Ch.D. CARULLA, J.E., LASCANO, C.E., KREUZER, M. Effects of tannins on ruminal degradation and excretory pattern of N and implications for the potential N emissions from the manure. **International Congress Series**, v.1293, p.339-342, 2006.
- KERTZ, A. F. Urea Feeding to Dairy Cattle: A Historical Perspective and Review. **The Professional Animal Scientist**. v.26, p.257–272. 2010.
- LAZZARINI, I, DETMANN, E; SAMPAIO, C.B. PAULINO, M.P., VALADARES FILHO, S.C., SOUZA, M.A., OLIVEIRA, F.A. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, p.2021-2030, 2009.
- LEÃO, M.I.; COELHO DA SILVA, J.F. Técnicas de fistulação de abomaso em bezerros: In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 17., 1980. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.37, 1980.
- MAKKAR, H.P.S. Effects and fates of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**, v.49, p.241-256, 2003.
- MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; ABEL, H., SZEGLETTI, C. Degradation of condensed tannins by rumen microbes exposed to quebracho tannins (QT) in rumen simulation technique (RUSITEC) and effects of QT on fermentative processes in the RUSITEC. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.69, p.495-500, 1995.
- MAKKAR, H.P.S.; BLÜMMEL, M.; BECKER, K. In vitro rumen apparent and true digestibilities of tannin-rich forages. **Animal Feed Science and Technology**, v.67, p.245–251, 1997.

- MANTZ, G.K., VILLALBA, J.J., PROVENZA, F.D.. Supplemental polyethylene glycol affects intake of and preference for sericea lespedeza by cattle. **Journal of Animal Science**. v.87. p.761–769. 2009.
- MARCONDES, M.I. GINBELLI, M.P.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, M.P. Exigências nutricionais de proteína para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I. CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de Zebuínos puros e cruzados – BR-Corte**. p.113-133. 2010a.
- MEZZOMO, R., PAULINO, P.V.R., DETMANN, E., VALADARES FILHO, S.C., PAULINO, M.F., MONNERAT, J.P.I.S., DUARTE, M.S., SILVA, L.H.P., MOURA, L.S. Influence of condensed tannin on intake, digestibility and efficiency of protein utilization in beef steers fed high concentrate diet. **Livestock Science**. v. 141 p.1-11. 2011.
- ØRSKOV, E. R., McDONALD, I., The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503. 1979.
- PINA, D.S., VALADARES, R.F.D., VALADARES FILHO, S.C., CHIZZOTTI, M.L. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I. CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de Zebuínos puros e cruzados – BR-Corte**. p.13-46. 2010.
- PROVENZA, F.D., BURRITT, E.A., PEREVOLOTSKY, A., SILANIKOVE, N., Selfregulation of intake of polyethylene glycol by sheep fed diets varying in tannin concentrations. **Journal of Animal Science**. v.78, p.1206–1212. 2000.
- USHIDA, K.; LASSALAS, B.; JOUANY, J.P. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of sample treatment and preservation. **Reproduction Nutrition Development**, v.25, p. 1037-1046, 1985.
- VALADARES FILHO, S.C., MACHADO, P.A.S., CHIZZOTTI, M.L. AMARAL, H.F.; MAGALHÃES, K.A. ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPELLE, E.R. **CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em www.ufv.br/cqbal. Acesso em setembro de 2012.
- VILLALBA, J.J., LANDAU, S.Y., Host behavior, environment and ability to self-medicate. **Small Ruminant Research**., v. 103, p.50-59. 2011.

VILLALBA, J.J., PROVENZA, F.D., Self-medication and homeostatic behaviour in herbivores: learning about the benefits of nature's pharmacy. **Animal** v.1, p.1360–1370. 2007.

VILLALBA, J.J., PROVENZA, F.D., SHAW, R., Sheep self-medicate when challenged with illness-inducing foods. **Animal Behaviour**. v.71, p.1131–1139. 2006.

WESTBERG, H.H.; JOHNSON, K.A.; COSSALMAN, M.W.; MICHAL, J.J. **A SF6 tracer technique: methane measurement from ruminants**. Report, Revision 2. Pullman- Washington State University. 1998. 40p.

CAPÍTULO 3 – Desempenho e características de carcaça de bovinos super precoces alimentados com farelo de soja tratado com tanino

Resumo: Objetivou-se avaliar os efeitos da substituição de farelo de soja por farelo de soja tratado com tanino sobre o consumo, digestibilidades, desempenho e características de carcaça de bovinos super-precoces alimentados com dietas de alto teor de concentrado. Foram utilizados 42 bovinos Nelore, machos não-castrados, com peso corporal inicial de $244,5 \pm 4,99$ kg e idade média inicial de nove meses. As dietas apresentavam relação volumoso/concentrado de 16/84, com inclusão de 7,5% de farelo de soja (FS), sendo o FS substituído pelo farelo de soja tratado com tanino (FST) nos níveis 0, 33, 66 e 100%, tendo ainda um tratamento FST+U onde o farelo de soja foi substituído pelo farelo de soja tratado, para atender às exigências de PNDR digestíveis, e uréia para satisfazer a PDR. Sete animais foram escolhidos aleatoriamente e abatidos para determinar a composição corporal inicial. Os animais remanescentes (n=35) foram distribuídos entre os cinco tratamentos onde permaneceram por 112 dias. No final do experimento todos os animais foram abatidos. Houve queda linear no consumo de MS ($P < 0,05$) ao substituir-se o FS convencional pelo FST. Por outro lado, não foi observada redução no ganho de peso e de carcaça ($P > 0,05$). A eficiência de deposição de carcaça teve efeito quadrático com menor nível em aproximadamente 60% de substituição do FS pelo FST. Houve modificação na composição do ganho de carcaça quando adicionou-se FST ($P < 0,05$) com aumento da deposição de tecido muscular e diminuição da deposição de gordura. A AOL aumentou linearmente ($P > 0,05$) com a substituição do FS pelo FST, enquanto a EGS diminuiu linearmente ($P < 0,05$). A utilização de farelo de soja tratado com tanino em substituição ao farelo de soja convencional provoca modificações na composição do ganho dos animais, aumentando a taxa de ganho de tecido magro na carcaça. No entanto, ao mesmo tempo provoca redução no consumo de matéria seca dos animais, promovendo melhor conversão alimentar.

Palavras chave: deposição muscular, proteína, PNDR.

Performance of beef cattle fed soybean meal previously treated with tannin

Abstract: This trial was conducted to evaluate the effects of replacing traditional soybean meal to soybean meal treated with tannin on intake, digestibility, performance, carcass traits, and yield of commercial carcass cuts of beef bulls finished on feedlot fed high concentrate diets (84% of DM). Bulls were fed with cracked corn, whole cottonseed and sugar-cane bagasse in natura, soybean meal treated with CT (SBMT) and traditional soybean meal (SBM). The treatments consisted of 4 levels of replacement of soybean meal with soybean treated with CT (0, 33, 66, and 100%) and one treatment with 2.5% of SBMCT (relative to 33% of SBMT) but without SBM, which was replaced by urea and corn (with the same level of CP of soybean meal). Forty-two crossbred Nellore bulls were used in the study, with an average initial body weight of 242.6 ± 5.12 kg. Seven animals were randomly chosen and slaughtered at the beginning of the experiment to determine initial dressing percent. The remaining animals (n=35) were randomly distributed into 5 treatments. At the end of the experiment, all animals were slaughtered, and their gastrointestinal tracts were emptied to determine their empty body weight (EBW). No significant effects ($P>0.05$) of treatments were observed for some of the variables evaluated: average daily gain, EBW gain, carcass daily gain and carcass yield in relation to body weight. On the other hand, dry matter intake (DMI), rib fat thickness (RFT) and flank yield decreased linearly ($P<0.05$). Feed conversion (FC) had a quadratic behavior ($P<0.05$) with better FC with 60% with the substitution SBM by SBMT. The replacement traditional soybean meal to soybean meal treated with 2.5% of tannin (85% of condensed tannin and 15% of hydrolysable tannin) in high concentrate diets implies in changes in the composition of the animals gain by increasing the rate of gain of muscle tissue in the carcass. However, at the same time causes reduction in dry matter intake, promot better feed conversion.

Key words: muscle deposition, protein, RUP

Introdução

A obtenção de altos ganhos de peso em curtos períodos de tempo implica em elevadas exigências nutricionais de energia e proteína, induzindo ao uso de alimentos de melhor qualidade nutricional, sendo que alimentos protéicos, geralmente, representam maior custo (Costa, 1996). Assim, estratégias de otimização do uso de concentrados protéicos podem promover reduções consideráveis nos custos de produção, especialmente quando são utilizados animais jovens, de alta capacidade de deposição de tecido magro.

A proteína microbiana sintetizada no rúmen e a proteína não degradada no rúmen (PNDR) dietética são as principais fontes de aminoácidos que chegam ao intestino para atender as exigências protéicas dos ruminantes (Marcondes et al., 2010a). Como a maior parte do nitrogênio que chega ao intestino delgado é de origem microbiana, fica claro que a eficiência de crescimento microbiano tem considerável impacto na nutrição de ruminantes (Russel et al. 1992; Rennó et al., 2000), tornando-se importante maximizar sua síntese ruminal. No entanto, para suprir as exigências protéicas de animais jovens em sistemas de produção que visam altos ganhos de peso, somente garantir uma ótima eficiência de síntese de proteína microbiana (PMic) pode não ser suficiente, uma vez que pode não fornecer aminoácidos suficientes para promover o ganho em peso animal desejado, tendo a necessidade de se dar atenção especial à PNDR.

A manipulação do teor de PNDR de um ingrediente não é tarefa simples, pois além modificar a quantidade de proteína disponível para a fermentação dos microrganismos ruminais, a PNDR deve ser disponibilizada para absorção no intestino.

O tanino condensado, quando adicionado a ingredientes utilizados na alimentação de ruminantes, em quantidades e situações adequadas, tem se mostrado eficiente no aumento do teor de PNDR (capítulo 1). Partindo da premissa de que o tanino condensado re-libera a proteína em meio ácido (Alipur e Rouzbehan, 2010), pode-se supor que essa PNDR estará apta para digestão e posterior absorção nos intestinos, visto que, antes de chegar ao intestino, o bolo alimentar passa pelo abomaso, que possui pH baixo (Alipur e Rouzbehan, 2010).

Mezzomo et al. (2011) e Mezzomo (dados não publicados, capítulo 2), incluindo tanino a dietas de bovinos com alto teor de concentrado, verificaram aumento na quantidade de proteína metabolizável (PM) no abomaso. No entanto, provas de desempenho não foram realizadas para verificar se o aumento na PM seria suficiente para promover diferenças no ganho em peso dos animais.

Neste contexto, este estudo foi desenvolvido objetivando avaliar os efeitos da substituição de farelo de soja tradicional pelo farelo de soja tratado com tanino sobre o consumo, digestibilidade, características de carcaça e desempenho em bovinos super precoces alimentados com dietas de alto teor de concentrado.

Materiais e Métodos

Animais, dietas experimentais e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Animais e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG.

Foram utilizados 42 animais Nelore, machos não-castrados, com peso corporal médio inicial de $244,5 \pm 4,99$ kg e idade média inicial de nove meses. Os animais foram provenientes do setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, onde receberam ração concentrada na forma de creep-feeding desde os dois meses de idade. Após a desmama, os animais foram levados para o confinamento, sendo inicialmente pesados, identificados e tratados contra ecto e endoparasitos e então adaptados à dieta experimental e às instalações do confinamento por 35 dias. Após esse período, foram selecionados aleatoriamente e abatidos sete animais para determinação do rendimento e composição iniciais da carcaça.

Os animais remanescentes (n=35) foram pesados novamente, aleatoriamente distribuídos aos tratamentos experimentais e permaneceram confinados em baias coletivas com cochos eletrônicos do tipo Callan Gates. Cada baia era provida de bebedouro de concreto. O experimento foi dividido em quatro períodos experimentais de 28 dias cada, somando 112 dias de prova de desempenho.

A alimentação basal foi composta de ração contendo 84 % de concentrado, com base na matéria seca total. O volumoso foi constituído de bagaço de cana *in natura* moído e os concentrados à base de milho moído grosso (peneira de 6 mm), farelo de soja (FS), farelo de soja previamente tratado com tanino (FST), caroço de algodão, uréia e núcleo mineral, conforme a Tabela 1. A composição dos alimentos utilizados nas dietas experimentais encontra-se na Tabela 2.

Tabela 1 – Composição das dietas experimentais

| Ingredientes (%) | Substituição do FS pelo FST (%) | | | | Trat. FST+U |
|---|---------------------------------|--------|--------|--------|----------------|
| | 0% | 33% | 66% | 100% | |
| <i>Composição dos ingredientes (% da MS)</i> | | | | | |
| Bagaço de cana cru | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| Caroço de algodão | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Milho moído grosso | 63,2 | 63,2 | 63,2 | 63,2 | 67,4 |
| Farelo de soja | 7,5 | 5,0 | 2,5 | - | - |
| Farelo de soja com tanino | - | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 2,5 |
| Uréia | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 1,07 |
| Núcleo mineral ¹ | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| <i>Composição química da dieta (g/kg da MS)</i> | | | | | |
| Matéria seca | 860,5 | 860,4 | 860,2 | 860,1 | 861,1 |
| Matéria orgânica | 951,03 | 950,48 | 949,12 | 948,60 | 950,86 |
| Proteína bruta | 134,51 | 134,55 | 134,64 | 134,68 | 137,51 |
| Extrato etéreo | 48,46 | 48,34 | 48,52 | 48,23 | 49,30 |
| FDNcp | 260,96 | 261,06 | 260,94 | 260,45 | 260,86 |
| CNFcp | 520,00 | 519,43 | 517,92 | 518,15 | 529,97 |

¹ Níveis de garantia (por kg do núcleo): Cálcio, 160 g; Cobalto, 21,6 mg; Cobre, 360 mg; Enxofre, 23 g; Ferro, 415 mg; Fósforo, 17 g; Iodo, 21 mg; Magnésio, 14 g; Manganês, 715 mg; Monensina 714,3 mg; NNP 337 g; Potássio, 45 g; Selênio, 6 mg; Sódio, 57 g; Vitamina A, 71500 UI; Vitamina D3, 8940 UI; Vitamina E, 298 UI; Zinco, 1715 mg.

Tratamentos experimentais

Os tratamentos experimentais consistiram na substituição do farelo de soja tradicional da dieta por farelo de soja previamente tratado com tanino, nos seguintes níveis de substituição: 0, 33, 66 e 100%; e um tratamento (trat. FST+U) onde houve o balanceamento dos níveis de PNDR digestível (PNDRd) somente com farelo de soja tratado com tanino (FST) e o balanceamento final da PB com uréia. Os níveis de PNDRd foram baseados em dados de experimento prévio (Capítulo 1) onde, em ensaios de digestibilidade *in situ* e *in vitro* baseados na técnica de 3 estágios

(Calsamiglia & Stern, 1995), observou-se PNDRd igual a 63% da PB total para FST e PNDRd igual a 21% da PB total para FS. Portanto, o tratamento FST+U, apesar de não ter a mesma quantidade de proteína de origem vegetal do tratamento controle, teoricamente, teve o mesmo nível de proteína disponível para absorção intestinal, considerando-se a mesma produção de proteína microbiana.

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica dos ingredientes que compuseram a dieta (g/kg)

| Alimentos | MS | Item ¹ | | | | |
|---------------------------|-------|-------------------|--------|-------|-------|-------|
| | | MO | PB | EE | FDNcp | CNF |
| Bagaço de cana cru | 640,5 | 947,3 | 19,0 | 7,21 | 838,3 | 90,0 |
| Caroço de algodão | 882,4 | 966,6 | 261,7 | 238,0 | 410,3 | 56,6 |
| Milho moído grosso | 904,6 | 966,8 | 78,9 | 34,3 | 123,0 | 730,6 |
| Farelo de soja | 882,9 | 934,5 | 413,5 | 10,3 | 111,5 | 399,2 |
| Farelo de soja com tanino | 885,5 | 930,2 | 406,2 | 10,3 | 106,4 | 407,3 |
| Uréia | 960,6 | - | 2834,5 | - | - | - |

¹ MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: estrato etéreo; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; CNF: carboidratos não fibrosos totais.

O FST foi tratado previamente com 2,5% do seu peso natural, de uma mistura de tanino (com 85% de tanino condensado e 15% de tanino hidrolisável; com pureza mínima de 70%) e com a adição de 2,5 vezes o seu volume em água, para que houvesse complexação entre a proteína do farelo de soja e o tanino condensado. Após 6 horas de contato entre a água, o farelo de soja e o tanino, a mistura foi seca ao sol até atingir nível de umidade baixo o suficiente para seu armazenamento (10% de umidade). Como fonte de tanino condensado utilizou-se extrato de quebracho (*Schinopsis sp.*), e como fonte de tanino hidrolisável utilizou-se extrato de castanha (*Castanea sativa*) e tara (*Caesalpinia spinosa*).

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8h00 e as 16h00 e ajustadas de forma a garantir consumo *ad libitum* de alimentos pelos animais, com água permanentemente à disposição.

Procedimentos experimentais e coleta de amostras

Amostras do volumoso e dos concentrados foram coletadas semanalmente e as sobras foram pesadas e amostradas diariamente por animal, sendo, posteriormente, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. Amostras compostas semanais das sobras e da dieta fornecida foram levadas à estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e, em seguida, moídas em moinho com peneira de malha de 1 mm. Depois de moídas, as amostras de sobras de cada animal foram proporcionalmente pesadas e homogeneizadas, compondo uma amostra composta por cada período de 28 dias seguindo, assim, para análises laboratoriais subsequentes.

Ensaio de digestibilidade

Ensaio de digestibilidade foram realizados no terço médio de cada período experimental, quando as fezes de cada animal foram coletadas diretamente no piso das baias, imediatamente após a defecação, em três dias consecutivos, sendo que no primeiro dia a coleta ocorreu na parte da manhã (entre 7h00 e 8h00), no segundo por volta de 12h00 e no terceiro dia na parte da tarde (entre 16h00 e 17h00).

As fezes, devidamente identificadas, foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por cerca de 72 horas e moídas em moinho com peneira de 2 mm. A

partir das três amostras moídas de fezes, obteve-se uma amostra composta, com base no peso seco ao ar, que foi armazenada em recipientes plásticos para posteriores análises laboratoriais.

Durante a semana dos ensaios de digestibilidade os volumosos, as sobras, e os ingredientes do concentrado foram amostrados e analisados separadamente.

A excreção de matéria seca fecal foi estimada a partir da técnica de indicador interno (Detmann et al., 2012a), sendo a fibra indigestível em detergente neutro (FDNi) o indicador adotado. Os teores de FDNi nas amostras de fezes, bem como de alimentos (volumosos e ingredientes do concentrado) e das sobras, foram obtidos após incubação *in situ* por 240 horas, conforme metodologia recomendada por Detmann et al. (2012a).

Análises laboratoriais

As amostras do bagaço de cana *in natura*, dos ingredientes do concentrado, das sobras e fezes foram analisadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV quanto aos seus teores de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), cinza insolúvel em detergente neutro (CIDN), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e extrato etéreo (EE) seguindo os métodos INCT-CA G-003/1; INCT-CA M-001/1; INCT-CA N-001/1; INCT-CA F-002/1; INCT-CA M-002/1; INCT-CA N-004/1, e INCT-CA G-004/1, respectivamente, descritos por Detmann et al. (2012b). Para calcular os carboidratos não fibrosos (CNF), utilizou-se a fórmula (Detmann e Valadares Filho, 2010): $CNF = MO - [(PB - PBu + Ur) + EE +$

FDNcp], em que P_{Bu} = PB oriunda da uréia (% da MS); e Ur = teor de uréia na dieta (% da MS).

O consumo de energia dos animais foi obtido a partir do produto entre o consumo de matéria seca e a densidade energética das dietas, que foi determinada a partir da fórmula recomendada por Detmann et al. (2010): $NDT (\%) = PBD + 2,25 \times EED + CNFD + FDNcpD$, sendo que PBD, EED, CNFD e FDNcpD significam, respectivamente, proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, carboidratos não-fibrosos digestíveis e fibra em detergente neutro (isenta de cinzas e proteína) digestível, calculados a partir dos coeficientes de digestibilidade obtidos no presente estudo.

Abate dos animais

No final do experimento os animais foram abatidos de forma escalonada e aleatória, sempre com dois animais de cada um dos cinco tratamentos em cada dia de abate. Antes do abate, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas. Os animais foram insensibilizados usando-se pistola pneumática de dardo cativo penetrativo e em seguida sangrados. Após o abate, o aparelho gastrintestinal (rúmen, retículo, omaso, abomaso e intestinos delgado e grosso) de cada animal foi esvaziado e lavado. Os pesos do coração, pulmões, fígado, baço, rins, gordura interna, carne industrial, mesentério, cauda e aparas, juntamente com os do trato gastrintestinal lavado, foram somados aos das demais partes do corpo (carcaça, cabeça, couro, pés e sangue) para determinação do peso de corpo vazio (PCVZ). A relação obtida entre o PCVZ e o peso corporal (PC) dos animais referência foi utilizada para a estimativa do

PCVZ inicial dos animais que permaneceram em alimentação. O rendimento de carcaça obtido nos animais referência (54,60±0,63%) foi utilizado como rendimento inicial dos demais animais, para cálculo do ganho de carcaça. A composição da carcaça inicial dos animais também foi obtida utilizando-se os animais referência.

Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas meia-carcaças, as quais foram pesadas e, em seguida, resfriadas em câmara fria a -2°C, durante 18 horas. Decorrido este tempo, as meia-carcaças foram retiradas da câmara fria para pesagem e realização de medidas de espessura de gordura e de área de olho de lombo, mensuradas diretamente no músculo *Longissimus dorsi* (LD), na região compreendida entre a 12^a – 13^a costelas. A meia-carcaça direita de cada animal foi separada entre a quinta e a sexta costelas, em traseiro e dianteiro. O dianteiro de cada animal compreendeu os cortes acém, paleta completa e ponta de agulha, enquanto o traseiro especial foi representado pelo coxão e pela alcatra completa. Os rendimentos dos cortes comerciais foram avaliados de forma absoluta (kg) ou relativa (em relação ao peso da carcaça).

Após a pesagem foi obtida uma amostra da carcaça esquerda, correspondente à seção entre as 9^a e 11^a costelas (Seção HH), para dissecação e predição das proporções de músculos, ossos e tecido adiposo na carcaça, segundo as equações indicadas por Marcondes et al. (2010c):

$$\textit{Proporção de músculo: } Y = 16,08 + 0,80 \times X$$

$$\textit{Proporção de gordura: } Y = 3,54 + 0,80 \times X$$

$$\textit{Proporção de ossos: } Y = 5,52 + 0,57 \times X$$

Em que: “Y” corresponde a teor do componente em questão (músculo, gordura ou osso) na carcaça e “X” corresponde ao teor do componente em questão (músculo, gordura ou osso) na seção HH.

A predição da composição química da carcaça foi estimada segundo equações preconizadas por Marcondes et al. (2010c):

$$EE_c(\%) = 4,31 + 0,31 \times EE_{HH} + 1,37 \times GV$$

$$PB_c(\%) = 17,92 + 0,60 \times PB_{HH} - 0,17 \times RC$$

$$A_c(\%) = 48,74 + 0,28 \times A_{HH} - 0,017 \times PCVZ$$

em que: EE_c = extrato etéreo na carcaça, EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH, GV = porcentagem de gordura visceral no corpo vazio, PB_c = proteína bruta na carcaça, PB_{HH} = proteína bruta na seção HH, RC = rendimento de carcaça, A_c = água na carcaça, A_{HH} = água na seção HH ; $PCVZ$ = peso de corpo vazio.

Análises estatísticas

O experimento foi analisado segundo delineamento inteiramente casualizado, considerando-se diferenças significativas entre os tratamentos quando o valor de P foi inferior a 0,05, atribuindo tendência em situações de valor P entre 5 e 10 %. As comparações entre tratamentos foram realizadas de acordo com os seguintes contrastes: efeito linear e quadrático para os níveis de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de soja tratado com tanino (FST); e efeito de “trat. FST+U” x 0% de FST (tratamento FST+U *versus* 0% de substituição do FS pelo FST).

Todos os procedimentos estatísticos foram conduzidos por intermédio do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System).

Resultados

Consumo e digestibilidade

Houve redução linear do consumo de matéria seca (CMS; $P < 0,05$), conforme se substituiu o farelo de soja tradicional (FS) pelo farelo de soja tratado com tanino (FST; Tabela 3), sendo que o tratamento com 100% de FST apresentou 10,77% de redução em relação ao tratamento com apenas FS convencional. O consumo de proteína bruta também diminuiu linearmente com a inclusão de FST ($P < 0,05$), sendo sua diminuição na mesma escala da observada no CMS, tendo diferença de 10,79% entre o tratamento 0% e o tratamento 100% de substituição do FS pelo FST (Tabela 3).

Os consumos de MO e de CNF apresentaram tendência ($P < 0,058$) de decrescerem linearmente com o aumento da substituição do FS pelo FST, seguindo o padrão observado para o CMS. Não foram observadas diferenças para os demais nutrientes constituintes da dieta, nem mesmo para o consumo de nutrientes digestíveis totais ($P > 0,05$; Tabela 3).

Em relação à comparação entre o tratamento que continha apenas 2,5% de FST e aumento na quantidade de uréia na dieta (trat. FST+U) e o tratamento controle (trat. 0%; o qual apresentou 7,5% de FS convencional), foram observadas diferenças ($P < 0,05$) para o consumo de matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo, FDNcp e CNFcp ($P < 0,05$), quando o tratamento FST+U apresentou os menores consumos (Tabela 3). A comparação entre esses dois tratamentos apresentou tendência de diferença para o CPB, onde este foi maior no tratamento controle.

Tabela 3 - Médias e EPM para consumo de matéria seca (CMS), de matéria orgânica (CMO), de proteína bruta (CPB), de extrato etéreo (CEE), de FDNcp (CFDNcp), de carboidratos não fibrosos (CCNFcp) e de nutrientes digestíveis totais (CNDT), em kg/dia, e consumo de matéria seca em função do peso corporal (CMSPC) e consumo de FDN em função do peso corporal (CFDNPC), em %, referentes aos tratamentos experimentais

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|--------------------|--|------|------|------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| CMS ⁴ | 7,13 | 6,47 | 6,26 | 6,44 | 6,383 | 0,026 | 0,066 | 0,019 | 0,10 |
| CMO | 6,78 | 6,15 | 6,18 | 6,12 | 6,07 | 0,058 | 0,211 | 0,029 | 0,12 |
| CPB ⁵ | 0,96 | 0,90 | 0,87 | 0,86 | 0,87 | 0,041 | 0,157 | 0,054 | 0,02 |
| CEE | 0,35 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,316 | 0,150 | 0,254 | 0,040 | 0,01 |
| CFDNcp | 1,72 | 1,55 | 1,57 | 1,56 | 1,51 | 0,105 | 0,205 | 0,022 | 0,03 |
| CCNFcp | 4,90 | 4,46 | 4,47 | 4,41 | 4,381 | 0,055 | 0,245 | 0,029 | 0,09 |
| CNDT | 5,59 | 5,23 | 5,15 | 4,96 | 4,95 | 0,101 | 0,756 | 0,107 | 0,13 |
| CMSPC ⁶ | 2,33 | 2,09 | 2,06 | 2,14 | 2,11 | 0,032 | 0,019 | 0,015 | 0,03 |
| CFDNPC | 0,56 | 0,50 | 0,51 | 0,52 | 0,50 | 0,137 | 0,090 | 0,015 | 0,01 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q)

³ Contraste: 0% de FST *versus* tratamento FST+U.

⁴ $Y_{CMS} = 6,9603 - 0,0075x$ ($r^2 = 0,10$).

⁵ $Y_{CPB} = 0,940 - 0,001015x$ ($r^2 = 0,09$).

⁶ $Y_{CMSPC} = 2,3311 - 0,00903x + 0,00007x^2$ ($r^2 = 0,30$).

Somente a digestibilidade do EE foi afetada pelos tratamentos experimentais ($P < 0,05$), apresentando comportamento quadrático, com valor mínimo (CDEE = 755,25 g/kg) quando se substituir em torno de 37% do FS pelo FST, apresentando maior digestibilidade com 100% de substituição (829,84 g/kg).

A DPB apresentou tendência de redução linear ($P < 0,10$), enquanto que a DCNFcp apresentou tendência de comportamento quadrático ($P < 0,10$).

Tabela 4 - Médias e EPM para os coeficientes de digestibilidade aparente total da matéria seca, e dos nutrientes em g/kg, de acordo com os tratamentos avaliados

| Item ¹ | Substituição do FS pelo FST (%) ² | | | | Trat. FST+U | Valor-p ³ | | | EPM |
|--------------------|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ⁴ | |
| DMS | 613,9 | 638,1 | 623,0 | 601,9 | 598,5 | 0,571 | 0,271 | 0,602 | 1,05 |
| DMO | 619,8 | 646,3 | 630,1 | 606,3 | 604,5 | 0,535 | 0,232 | 0,608 | 1,06 |
| DPB | 705,3 | 690,6 | 678,8 | 668,1 | 684,0 | 0,098 | 0,903 | 0,375 | 0,85 |
| DFDN _{cp} | 556,6 | 550,6 | 550,0 | 551,7 | 519,4 | 0,865 | 0,849 | 0,211 | 1,19 |
| DEE ⁵ | 783,7 | 745,1 | 779,7 | 824,1 | 831,6 | 0,085 | 0,046 | 0,105 | 1,02 |
| DCNF _{cp} | 709,3 | 747,7 | 728,6 | 696,5 | 696,7 | 0,510 | 0,085 | 0,662 | 0,96 |
| NDT | 783,7 | 802,7 | 792,3 | 772,9 | 767,8 | 0,747 | 0,524 | 0,715 | 1,36 |

¹ Unidade: g/kg

² FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

³ Contrastes linear (L), quadrático (Q).

⁴ Contraste: 0% de FST *versus* tratamento FST+U.

⁵ $Y_{EE} = 780,94 - 1,389x + 0,01878x^2$ ($r^2 = 0,19$).

Nenhuma diferença ($P > 0,05$) nos coeficientes de digestibilidade foi observada ao comparar-se o tratamento que continha somente farelo de soja tradicional (0% de inclusão de FST) e o tratamento que teve apenas 2,5% de FST e um acréscimo no seu teor de uréia (trat. FST+U) (Tabela 4).

Desempenho animal

Houve tendência ($P < 0,079$) de redução linear no peso final e no ganho de peso corporal dos animais (Tabela 5). Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para conversão alimentar, tanto relativa à deposição de peso corporal, quanto à deposição de carcaça, seja em kg ou em @ (Tabela 5). As três variáveis supracitadas apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,05$) em relação à substituição do FS

pelo FST. Para conversão alimentar em relação ao ganho de peso corporal o menor valor (CA= 5,8 kg MS consumida/kg de ganho em PC) foi observado próximo a 47 % de substituição do FS pelo FST, enquanto para a conversão alimentar em relação ao ganho de peso de carcaça, dado em kg ou arroba (CA em carc.; CA@) os menores valores (9,15 kg de MS consumida/kg de carcaça depositada e 137,5 kg de MS consumida/@ depositada) foram observados quando se substituiu em torno de 60 % do FS pelo FST.

Quando avaliou-se o contraste entre o trat. 0% e o trat. FST+U não observou-se nenhuma diferença ($P>0,05$) para os parâmetros apresentados na Tabela 5.

A substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de soja tratado com tanino (FST) não teve efeito ($P>0,05$) somente no teor de ossos na carcaça e no ganho de carcaça (variável relativa à composição física) ($P>0,05$). Para os teores de músculo, gordura, extrato etéreo e água na carcaça e no ganho de carcaça observaram-se efeitos lineares ($P<0,05$), sendo que os teores de músculo e água aumentaram com a inclusão do FST e remoção do FS e os de gordura e extrato etéreo diminuíram linearmente quando se substituiu o FS pelo FST (Tabela 6).

Os teores de proteína, tanto na carcaça, quanto no ganho de carcaça apresentaram comportamento quadrático conforme houve substituição do FS pelo FST ($P<0,05$). O ponto de mínimo (17,59 %) para o teor de proteína na carcaça foi observado com aproximadamente 31% de substituição do FS pelo FST, apresentando maior teor com 100% de substituição. O ponto de mínimo para o teor de proteína no ganho de carcaça (16 %) foi observado com aproximadamente 32 % de substituição do FS pelo FST, sendo o maior valor observado com 100% de substituição.

Tabela 5 - Médias e EPM para peso corporal inicial (PCi, kg), peso corporal final (PCf, kg), ganho de peso médio diário (GMD, kg/dia), peso de corpo vazio inicial e final (PCVZi, PCVZf, kg), ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ, kg/dia), peso de carcaça inicial e final (PCi, PCf, kg), ganho de peso de carcaça (GPC, kg/dia), conversão alimentar relativa ao GMD e GPC e conversão alimentar em arroba (CA@, CMS/@ depositada) de acordo com os tratamentos experimentais.

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|----------------------------|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| <i>Peso corporal</i> | | | | | | | | | |
| PCi | 244,1 | 249,5 | 242,0 | 242,7 | 245,0 | - | - | - | - |
| PCf | 369,9 | 372,1 | 362,9 | 357,5 | 363,2 | 0,079 | 0,521 | 0,406 | 2,99 |
| GMD | 1,120 | 1,139 | 1,057 | 1,009 | 1,059 | 0,079 | 0,521 | 0,406 | 0,03 |
| CA ⁴ | 6,385 | 5,679 | 6,017 | 6,473 | 6,017 | 0,603 | 0,034 | 0,318 | 0,01 |
| <i>Peso de corpo vazio</i> | | | | | | | | | |
| PCVZf | 332,3 | 335,7 | 327,2 | 325,7 | 326,3 | 0,243 | 0,661 | 0,422 | 2,78 |
| GPCVZ | 1,066 | 1,096 | 1,020 | 1,007 | 1,012 | 0,243 | 0,661 | 0,422 | 0,02 |
| <i>Peso de carcaça</i> | | | | | | | | | |
| PCARCF | 207,8 | 214,5 | 208,2 | 207,9 | 207,4 | 0,752 | 0,429 | 0,943 | 2,27 |
| GPCARC (kg/dia) | 0,664 | 0,724 | 0,668 | 0,665 | 0,661 | 0,752 | 0,429 | 0,943 | 0,02 |
| CA em carc. ⁵ | 10,88 | 8,939 | 9,610 | 9,838 | 9,702 | 0,297 | 0,049 | 0,117 | 0,27 |
| CA@ ⁶ | 163,3 | 134,1 | 144,2 | 147,6 | 145,5 | 0,297 | 0,049 | 0,117 | 4,11 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q).

³ Contraste: 0% de FST versus tratamento FST+U.

⁴ $Y_{CA} = 6,3478 - 0,0229x + 0,000243x^2$ ($r^2 = 0,10$).

⁵ $Y_{CAem\ carc.} = 10,7544 - 0,0536x + 0,00045x^2$ ($r^2 = 0,13$).

⁶ $Y_{CA@} = 161,3166 - 0,80523x + 0,006807x^2$ ($r^2 = 0,13$).

Tabela 6 – Médias e EPM para composição química e física da carcaça e do ganho de carcaça de acordo com os tratamentos experimentais

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|---|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| <i>Composição física da carcaça, %</i> | | | | | | | | | |
| Músculo ⁴ | 60,59 | 61,40 | 62,76 | 65,03 | 61,98 | 0,002 | 0,455 | 0,306 | 0,50 |
| Gordura ⁵ | 22,96 | 22,98 | 20,43 | 18,66 | 20,99 | 0,002 | 0,388 | 0,173 | 0,53 |
| Ossos | 16,43 | 15,61 | 16,79 | 16,29 | 17,01 | 0,713 | 0,724 | 0,367 | 0,24 |
| <i>Composição química da carcaça, %</i> | | | | | | | | | |
| Extrato etéreo ⁶ | 14,65 | 13,68 | 13,40 | 12,28 | 13,47 | 0,001 | 0,867 | 0,069 | 0,23 |
| Proteína ⁷ | 17,93 | 17,67 | 18,00 | 19,46 | 18,79 | 0,004 | 0,024 | 0,095 | 0,19 |
| Água ⁸ | 60,74 | 61,71 | 61,84 | 62,34 | 61,67 | 0,001 | 0,428 | 0,031 | 0,15 |
| <i>Composição física do ganho de carcaça, % do ganho</i> | | | | | | | | | |
| Músculo ⁹ | 49,94 | 53,50 | 57,10 | 62,72 | 54,05 | 0,005 | 0,432 | 0,407 | 1,60 |
| Gordura ¹⁰ | 35,32 | 34,00 | 27,57 | 22,92 | 29,64 | 0,004 | 0,327 | 0,255 | 1,68 |
| Ossos | 14,73 | 12,47 | 15,33 | 14,35 | 16,29 | 0,632 | 0,614 | 0,443 | 0,77 |
| <i>Composição química do ganho de carcaça, % do ganho</i> | | | | | | | | | |
| Extrato etéreo ¹¹ | 24,43 | 21,04 | 20,98 | 17,47 | 20,98 | 0,001 | 0,966 | 0,068 | 0,68 |
| Proteína ¹² | 17,11 | 16,21 | 17,20 | 21,66 | 19,74 | 0,005 | 0,021 | 0,094 | 0,56 |
| Água ¹³ | 54,38 | 57,77 | 57,76 | 59,09 | 57,15 | 0,002 | 0,280 | 0,040 | 0,48 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q).

³ Contraste: 0% de FST versus tratamento FST+U.

⁴ $Y_{\text{Músculo (carc.)}} = 60,279 + 0,4385x$ ($r^2 = 0,30$).

⁵ $Y_{\text{Gordura (carc.)}} = 23,5298 - 0,04626x$ ($r^2 = 0,32$).

⁶ $Y_{\text{Extrato etéreo (carc.)}} = 14,634 - 0,0225x$ ($r^2 = 0,34$).

⁷ $Y_{\text{Proteína (carc.)}} = 17,957 - 0,0236x + 0,000384x^2$ ($r^2 = 0,47$).

⁸ $Y_{\text{Água (carc.)}} = 60,893 + 0,01522x$ ($r^2 = 0,40$).

⁹ $Y_{\text{Músculo (ganho)}} = 48,749 + 0,12754x$ ($r^2 = 0,24$).

¹⁰ $Y_{\text{Gordura (ganho)}} = 37,3638 - 0,1341x$ ($r^2 = 0,28$).

¹¹ $Y_{\text{Extrato etéreo (ganho)}} = 24,21 - 0,0641x$ ($r^2 = 0,32$).

¹² $Y_{\text{Proteína (ganho)}} = 17,1952 - 0,0752x + 0,001188x^2$ ($r^2 = 0,46$).

¹³ $Y_{\text{Água (ganho)}} = 54,993 + 0,04455x$ ($r^2 = 0,30$).

Assim como na composição química do ganho, foram observadas diferenças ($P<0,05$) para o músculo, a gordura, o extrato etéreo e a proteína ($P<0,05$), em que todos os parâmetros citados tiveram comportamento linear, onde gordura e extrato etéreo foram decrescentes, enquanto músculo e proteína apresentaram comportamento linear crescente conforme se aumentou a substituição do FS pelo FST (Tabela 7).

Tabela 7 – Médias e EPM para o peso dos componentes físicos e químicos do ganho de carcaça, expressos em kg de acordo com os tratamentos experimentais

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|--|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| <i>Fracionamento físico do ganho de carcaça, kg</i> | | | | | | | | | |
| Ganho total de carc. | 74,63 | 78,48 | 76,15 | 75,48 | 73,73 | 0,710 | 0,445 | 0,910 | 2,23 |
| Músculo ⁴ | 37,27 | 42,00 | 43,48 | 47,34 | 39,85 | 0,042 | 0,525 | 0,677 | 1,35 |
| Gordura ⁵ | 26,36 | 26,70 | 21,00 | 17,30 | 21,86 | 0,002 | 0,296 | 0,172 | 1,12 |
| Ossos | 11,00 | 9,78 | 11,67 | 10,83 | 12,01 | 0,951 | 0,979 | 0,496 | 0,53 |
| <i>Fracionamento químico do ganho de carcaça, kg</i> | | | | | | | | | |
| Extrato etéreo ⁶ | 16,91 | 15,89 | 14,42 | 12,24 | 14,55 | 0,003 | 0,597 | 0,128 | 0,56 |
| Proteína ⁷ | 11,93 | 12,54 | 11,96 | 14,93 | 13,47 | 0,012 | 0,425 | 0,223 | 0,45 |
| Água | 38,14 | 43,99 | 40,41 | 41,13 | 39,52 | 0,670 | 0,376 | 0,728 | 1,48 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q)

³ Contraste: 0% de FST versus tratamento FST+U.

⁴ $Y_{\text{Músculo}} = 35,84 + 0,0776x$ ($r^2 = 0,08$).

⁵ $Y_{\text{Gordura}} = 26,24 - 0,09866x$ ($r^2 = 0,31$).

⁶ $Y_{\text{Extrato etéreo}} = 17,21 - 0,0474x$ ($r^2 = 0,28$).

⁷ $Y_{\text{Proteína}} = 11,608 + 0,0247x$ ($r^2 = 0,11$).

Características de carcaça e rendimento de cortes comerciais

Os rendimentos de carcaça quente e fria (RCQ, RCF) não apresentaram diferenças entre os tratamentos ($P>0,05$), enquanto que a área de olho de lombo (AOL) e a espessura de gordura subcutânea (EGS) foram afetadas ($P<0,05$) quando substituiu-se o FS pelo FST (Tabela 8).

Tabela 8 – Médias e EPM para as características de carcaça dos animais de acordo com os tratamentos experimentais

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|---------------------------------------|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| RCQ,% | 56,17 | 57,65 | 57,36 | 58,14 | 57,10 | 0,127 | 0,703 | 0,439 | 0,35 |
| RCF, % | 54,92 | 56,33 | 55,99 | 56,75 | 55,76 | 0,161 | 0,729 | 0,489 | 0,35 |
| AOL, cm ² (⁴) | 52,9 | 61,05 | 56,93 | 62,72 | 57,07 | 0,019 | 0,615 | 0,206 | 1,20 |
| EGS, mm ⁵ | 4,96 | 3,02 | 2,72 | 2,19 | 3,14 | >0,001 | 0,170 | 0,013 | 0,22 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q)

³ Contraste: 0% de FST *versus* tratamento FST+U.

⁴ $Y_{AOL} = 54,628 + 0,0726x$ ($r^2=0,09$).

⁵ $Y_{EGS} = 4,57 - 0,02x$ ($r^2=0,36$).

A AOL aumentou linearmente ($P<0,05$) à medida que o FS tradicional foi substituído pelo FS tratado com tanino (Tabela 8). A espessura de gordura subcutânea, por outro lado, apresentou efeito linear decrescente ($P<0,05$) ao substituir-se o FS pelo FST (Tabela 8).

Apenas dois cortes primários da carcaça apresentaram diferenças ($P<0,05$) quando substituiu-se o FS pelo FST, sendo o coxão (diferença para peso e rendimento do corte) e ponta de agulha (diferença somente para o rendimento de corte; Tabela 9).

Em relação à comparação entre a dieta com 0% de FST (dieta que continha apenas farelo de soja convencional) e a dieta do trat. FST+U (tratamento com somente 2,5% de FST e sem FS convencional) houve diferença ($P < 0,05$) apenas para proporção do corte paleta, que apresentou menor proporção para o tratamento FST+U (Tabela 9).

Tabela 9 – Média e EPM para o peso absoluto dos cortes comerciais, em kg, assim como o rendimento relativo de cada corte, em porcentagem do peso da carcaça, de acordo com os tratamentos experimentais

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|---|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| <i>Peso de cada corte comercial, kg</i> | | | | | | | | | |
| Paleta | 17,59 | 17,61 | 17,62 | 17,48 | 16,64 | 0,882 | 0,881 | 0,185 | 0,22 |
| Acém | 23,55 | 23,17 | 23,16 | 23,80 | 24,06 | 0,832 | 0,523 | 0,646 | 0,35 |
| Ponta de agulha | 13,60 | 13,69 | 12,55 | 12,44 | 13,24 | 0,050 | 0,850 | 0,611 | 0,23 |
| Alcatra | 19,34 | 19,72 | 18,43 | 18,55 | 18,79 | 0,112 | 0,809 | 0,434 | 0,22 |
| Coxão ⁴ | 27,39 | 30,86 | 29,07 | 28,40 | 28,59 | 0,754 | 0,028 | 0,339 | 0,39 |
| <i>Rendimento de cada corte comercial, kg</i> | | | | | | | | | |
| Paleta | 17,36 | 16,76 | 17,50 | 17,44 | 16,44 | 0,435 | 0,344 | 0,025 | 0,12 |
| Acém | 23,27 | 22,10 | 22,95 | 23,53 | 23,72 | 0,575 | 0,188 | 0,622 | 0,28 |
| Ponta de agulha ⁵ | 13,40 | 13,00 | 12,40 | 12,30 | 12,97 | 0,010 | 0,650 | 0,347 | 0,14 |
| Alcatra | 19,02 | 18,72 | 18,23 | 18,41 | 18,56 | 0,053 | 0,363 | 0,216 | 0,11 |
| Coxão ⁶ | 26,92 | 29,92 | 28,90 | 28,30 | 28,28 | 0,222 | 0,027 | 0,148 | 0,29 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q)

³ Contraste: 0% de FST versus tratamento FST+U.

⁴ $Y_{\text{coxão}} = 27,746 + 0,0976x - 0,000961x^2$ ($r^2 = 0,09$).

⁵ $Y_{\text{Ponta de agulha}} (\%) = 13,37 - 0,012x$ ($r^2 = 0,23$).

⁶ $Y_{\text{Coxão}} (\%) = 27,05 + 0,0778x - 0,000664x^2$ ($r^2 = 0,10$).

Discussão

Consumo e digestibilidade

Reduções no consumo de matéria seca (CMS) com a inclusão de taninos à dieta já foram relatadas quando adicionou-se 2,5 % (Priolo et al, 2000) e 3,0 % (Dschaak et al. 2011) de tanino na MS da dieta, sendo atribuídas, principalmente, ao efeito da adstringência ou por diminuições nos teores de N disponível no rúmen, o que diminuiria a taxa de degradação dos nutrientes e conseqüentemente, a taxa de passagem que refletiria sobre o consumo de alimentos. Por outro lado, outros estudos não encontraram efeito da adição de tanino sobre o CMS com níveis de inclusão de 0,60 % de extrato de quebracho na MS da dieta (Baah et al, 2007); 0,45 % de extrato de quebracho (Benchaar et al, 2008) e 0,40 % de extrato de quebracho (Mezzomo et al. 2011). Analisando os dados descritos acima, observa-se queda no consumo somente com a inclusão de altos teores de tanino, o que leva a sugerir que a quantidade de taninos incluída na dieta é a causa da queda no consumo de MS. Porém, aumentos no consumo de MS já foram observados com a inclusão de 2,59 e 2,5 % de tanino condensado (Woodward et al. 2001 e Carulla et al. 2005, respectivamente).

Esta compilação de dados, somada aos resultados de consumo observados neste trabalho de pesquisa (Tabela 3) apresentam resultados inconsistentes sobre os efeitos da inclusão de taninos no CMS dos animais. Dessa forma, as diferenças observadas nos trabalhos de pesquisa supra citados, provavelmente, se dão por: (i) diferenças nas fontes e nas quantidades de taninos utilizados; (ii) no método em que o tanino foi adicionado à dieta e/ou (iii) por diferenças nos demais ingredientes da dieta.

O nível de inclusão de tanino à dieta do presente estudo foi relativamente baixo (máximo de 0,18 % da MS) para corroborar com a maioria dos dados da literatura, que apresentam diminuição no consumo apenas em altos níveis de inclusão de tanino. No entanto, diferentemente dos demais trabalhos já publicados na literatura, neste estudo, o tanino foi adicionado previamente ao farelo de soja e umidificado para aumentar a capacidade e a quantidade de ligação entre os taninos e a proteína do FS. Portanto, este método pode ter sido um dos motivos para a redução no consumo em níveis considerados baixos de inclusão de tanino à dieta. Contudo, pode-se especular que a adição de taninos, previamente misturados com farelo de soja sob meio aquoso, em dietas com alto teor de concentrado, provoca diminuição no CMS devido o tratamento dos ingredientes das dietas previamente estabelecido ter promovido maior tempo de contato entre os componentes do alimento (nesse caso, farelo de soja) e o tanino, no entanto, os motivos ainda não são muito claros.

Em outro experimento, com tratamentos idênticos a este, Mezzomo (dados não publicados, capítulo 2) não observou diferença no CMS entre os tratamentos, no entanto, observou diminuição no consumo de EE e FDNcp ao incluir-se o FS tratado com tanino. Tal comportamento justificou-se por modificações no padrão de ingestão de alimentos, em que provavelmente houve redução no consumo do caroço de algodão por efeito de confundimento do provável mal-estar causado pela adstringência do tanino. Naquela situação, o tempo de contato do animal com a dieta (até o momento da coleta de dados para quantificação do consumo) foi de apenas 10 dias, o que provavelmente possibilitou o confundimento do animal, já que pequenos períodos de alimentação parecem não ser suficientes para a exata identificação da origem do mal

estar (nesse caso, provavelmente adstringência) (Villalba e Landau, 2011). Como neste experimento o tempo de contato com o alimento foi de 112 dias, acredita-se que os animais experimentais conseguiram identificar a causa do desconforto, excluindo a ingestão do farelo de soja tratado com tanino (FST), ou reduzindo o CMS como um todo. A igualdade entre os tratamentos para o consumo de MO, EE, FDNcp e CNFcp ($P>0,05$) e a redução do consumo de PB ($P<0,05$), ajudam a comprovar a possibilidade de redução do consumo de FST, já que a principal fonte de proteína da dieta foi o farelo de soja (seja ele tratado ou não com tanino; Tabela 1). Por outro lado, para os nutrientes cujos consumos não diferiram entre os tratamentos experimentais, a contribuição do FS é menor (Tabela 1), em função da baixa inclusão deste na dieta (Tabela 1). Apesar da possível identificação e exclusão do FST pelos animais no momento da alimentação parecer ser plausível, esta não se deu de forma clara e/ou efetiva, visto as alterações causadas nas características de desempenho dos animais (Tabela 6 e 7).

Quando se especula sobre o menor consumo de MS e de nutrientes no tratamento FST+U em relação ao tratamento controle (0 % de FST), considera-se as mesmas possibilidades percorridas acima. No entanto, além disso, o menor consumo de MS pode ser atribuído também à maior quantidade de uréia que este tratamento continha em sua formulação (Tabela 1), O que corrobora com Benedeti (2012) que observou queda linear no consumo de MS de bovinos Nelore com a substituição do farelo de soja por fonte de nitrogênio não protéico (NNP).

A dieta do presente experimento foi composta por ingredientes com alta (milho moído grosso, caroço de algodão e bagaço de cana) e baixa (núcleo mineral, farelo de

soja com tanino e farelo de soja sem tanino) granulometria, o que dificulta a mistura da ração. Dessa forma, os componentes finos e grossos segregam, facilitando a seleção por parte dos animais. Para evitar tal seleção recomenda-se peletizar o FST e o FS com os demais componentes da dieta ou peletizar o FS e o FST com apenas o núcleo mineral (visto sua menor granulometria), o que provavelmente dificultará a seleção por parte dos animais. No entanto, tais informações deverão ser mais estudadas para melhor aferição metodológica.

Embora a adição de farelo de soja tratado com tanino tenha diminuído o consumo de ração (Tabela 3, $P < 0,05$), as digestibilidades aparentes de MS e nutrientes (com exceção do EE e forte tendência para a PB) foram as mesmas, independentemente do nível de substituição do FS pelo FST (Tabela 4). Resultados semelhantes foram observados por Benchaar et al. (2008), os quais não observaram efeitos sobre a digestibilidade de MS e nutrientes (MO, PB, e FDN) com a adição de 0,64 % de extrato de quebracho (o qual apresenta 76 % de tanino condensado) na MS da dieta. Em contraste, Beauchemin et al. (2007) relataram diminuição na digestibilidade da PB, com a adição de 1 a 2 % de extrato de quebracho. Carulla et al. (2005) observaram que a suplementação, na dieta de ovinos, com 2,5 % de tanino condensado diminuiu a digestibilidade da MO, PB e FDN.

De forma semelhante a este experimento, Baah et al. (2007) e Mezzomo et al. (2011) relataram que as digestibilidades da MS, MO e FDN não foram alteradas em dietas suplementadas com extrato de quebracho à 0,6 e 0,45 % da MS, respectivamente. Portanto, é provável que a substituição do FS pelo FST nas dietas

testadas neste trabalho de pesquisa, deprimiu a ingestão alimentar devido à palatabilidade, sem afetar a digestão dos nutrientes.

Os resultados encontrados para o coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo (Tabela 4) mostraram que a utilização do FS tratado com taninos melhorou a absorção da gordura dietética, quando comparada ao fornecimento de FS convencional, sem o aditivo. Provavelmente, esta melhora ocorreu por alteração na composição de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL), já que a inclusão de taninos às dietas provocam alterações na biohidrogenação ruminal a ponto de alterar o perfil de AGCL à ser absorvido no intestino (Khiaosa-Ard et al., 2009 e Vasta et al., 2009). Essa diferenciação no perfil pode ter facilitado a absorção dos ácidos graxos no intestino, aumentando a digestibilidade do EE, já que os AGCL insaturados são absorvidos mais facilmente que os AGCL saturados.

Mezzomo (dados não publicados, capítulo 4) observou diferenças no perfil de ácidos graxos da gordura subcutânea (GS) dos mesmos animais deste experimento, tendo aumento na quantidade de ácidos graxos poliinsaturados com a inclusão de FS tratado com tanino, sugerindo que maior quantidade de AGCL insaturados foram absorvidos. Como a análise de perfil de ácidos graxos na gordura subcutânea foi feita nos mesmos animais deste estudo, a inferência baseada nos resultados da deposição de ácidos graxos na gordura subcutânea parece ser coerente e, portanto, confirma a hipótese da possível modificação no perfil de ácidos graxos que chegaram ao intestino, o que, conseqüentemente, levou à melhora na digestibilidade do EE.

Desempenho animal

O ganho em peso médio observado nesse experimento está muito próximo ao estabelecido pelo sistema de exigências nutricionais BrCorte (Marcondes et al. 2010a), baseando-se na quantidade de MS e de proteína bruta ingerida pelos animais. No entanto, melhorias na conversão alimentar foram observadas com a substituição do FS convencional pelo FS tratado com tanino (Tabela 5), o que pode ter ocorrido por diferentes motivos: (i) melhora na digestibilidade da dieta; (ii) maior eficiência na deposição de tecido e/ou (iii) modificação na composição do ganho do animal.

De fato ocorreu modificação na composição do ganho e na composição da carcaça final dos animais (Tabela 6 e 7), sendo que houve aumento da massa muscular e diminuição da gordura animal, com a substituição do FS pelo FST (Figura 1). Esta modificação poderia ser a explicação para a melhora na conversão alimentar animal, já que o metabolismo dos animais é mais eficiente em depositar músculo do que gordura, uma vez que o envolvimento de grande quantidade de água na síntese de tecido muscular representa, metabolicamente, economia energética para o animal, quando comparada com a deposição de tecido adiposo. No entanto, além do aumento na quantidade de músculo depositada na carcaça, obteve-se também aumento na quantidade de proteína depositada.

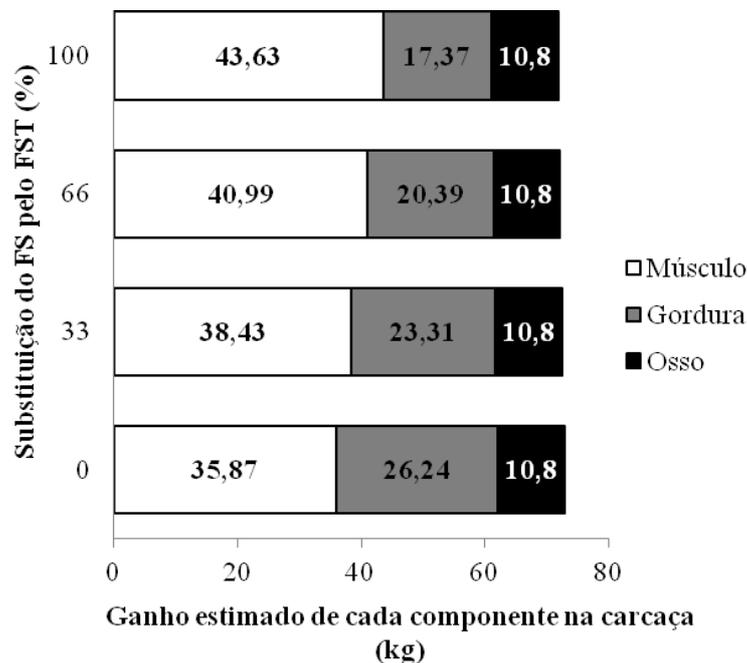


Figura 1 – Representação gráfica das estimativas (através das equações de regressão obtidas; Tabela 7) no ganho de proteína, gordura e ossos dos animais dos diferentes tratamentos experimentais.

Portanto, para otimizar a conversão alimentar, deve-se tentar atingir altas taxas de crescimento de tecido magro, sem excesso de deposição de gordura, já que quando o consumo de energia aumenta acima do necessário para crescimento muscular máximo, aumenta-se a deposição de gordura e, como conseqüência, a espessura de gordura subcutânea e a conversão alimentar.

O tanino é conhecido por complexar a proteína dietética e com isso aumentar o teor de proteína não degradada no rúmen (PNDR), já que a complexação dos taninos com a proteína provoca uma diminuição na taxa de degradação ruminal da proteína bruta (dados não publicados, capítulo 2). Em experimentos com animais fistulados já se constatou que, em dietas com alto teor de concentrado, similares à deste experimento (Mezzomo et al., 2011), ocorre aumento na quantidade de PNDR sem que ocorra

diminuição na quantidade de Pmicrobiana (Pmic); portanto, apresentando maiores quantidades de proteína disponível para absorção intestinal, ou seja, maiores níveis de proteína metabolizável.

Além disso, no experimento em que foram avaliados os parâmetros metabólicos dos animais (Mezzomo, dados não publicados, capítulo 2), executado ao mesmo tempo e com as mesmas dietas deste experimento, foram observadas modificações nas quantidades de PDR e PNDR, quando houve a substituição do FS pelo FST. A fração da proteína bruta da dieta do tratamento 0 % FST constituída de PNDR foi em torno de 29 % e no tratamento 100% de FST foi de, aproximadamente, 51 % da PB total ingerida. Ao se extrapolar estes resultados para este experimento e estimar o valor aproximado de consumo de PNDR e PDR dos dois níveis de substituição mais extremos (0 e 100%), verifica-se que o consumo de PNDR foi de aproximadamente 280 e 438 gramas para os tratamentos 0 e 100%, respectivamente.

Comparando-se com as exigências nutricionais estimadas pelo Br-Corte (Valadares et al., 2012) observa-se, para animais com o mesmo peso corporal médio (303,193 Kg) e com o mesmo GMD (1,08 Kg/dia), as exigências diárias de PNDR seriam de 345,92 g/dia. Estando, portanto, o tratamento 0% de inclusão de FST com déficit, enquanto que o tratamento 100 % estaria com excesso de PNDR, para a taxa de ganho de peso citada acima.

Além disso, ao utilizar os dados de relação entre PM:PB (60,01 e 70,01% para 0 e 100% respectivamente) observados por Mezzomo (dados não publicados, capítulo 2) verificou-se maior aporte de proteína metabolizável com a inclusão do farelo de soja tratado com tanino, sendo que para o tratamento 100 % de substituição estima-se em

torno de 588 g de PM/dia (CPB = 838,5g/dia e relação PM:PB = 70,10%), enquanto que para o tratamento 0 % de substituição, apenas 565 g de PM/dia (CPB = 940g/dia e relação PM:PB = 60,10%). Tal constatação sugere que o aumento na quantidade de proteína depositada na carcaça à medida em que se inclui mais FST foi causado por maior aproximação das exigências de PNDR e PM.

Ao se estabelecer uma relação da quantidade de PM, estimada com base na relação PM:PB obtida no experimento sobre metabolismo animal (Mezzomo, dados não publicados, capítulo 2), evidencia-se que, aproximadamente no mesmo nível de substituição que se observou a melhor conversão alimentar em carcaça (60 % de substituição do FS pelo FST), obteve-se o maior consumo de proteína metabolizável, sendo este de aproximadamente 593g de PM/dia.

O aumento na quantidade de PNDR provocada pela adição de taninos pode ter, além de aumentado a quantidade de PM, alterado a composição aminoacídica da PM, levando-se, desta forma, a uma melhora na eficiência de utilização, visto a composição de aminoácidos (AA) do FS (Valadares Filho et al. 2013). Já que, para se atingir maiores ganhos de peso são necessários, além de quantidade suficiente de AA, que estes AA apresentem alto valor biológico, principalmente baseando-se nas exigências de AA essenciais dos animais.

Frente ao relatado, pressupõe-se que o aumento do farelo de soja tratado com tanino em substituição ao farelo de soja convencional promoveu aumento na quantidade de proteína metabolizável (PM) da dieta. Esse aumento desencadeou, portanto, elevação na deposição de proteína na carcaça e, conseqüentemente, de tecido muscular, o que levou a melhora na conversão alimentar dos animais.

A verificação e interpretação dos resultados observados para o tratamento FST+U sugere que sua utilização atingiu, de fato, os mesmos níveis de PDR e PNDR do tratamento controle, já que não foram verificadas diferenças no ganho de peso e na composição do ganho dos animais (Tabelas 5 e 6). Dessa forma, pode-se inferir que a dieta FST+U não proporcionou prejuízos ao desempenho dos animais e possivelmente favoreceu a redução nos custos da alimentação, já que houve redução de 66 % da quantidade de farelo de soja, o qual apresenta alto custo de aquisição (Diniz et al. 2010).

Por outro lado, a substituição do FS pelo FST provocou diminuição na quantidade de gordura depositada (Tabela 8). A deposição de proteína no corpo animal possui menor eficiência de retenção de energia no corpo quando comparado à deposição de gordura (Marcondes et al. 2010b), sendo, portanto, necessário maiores quantidades de energia para depositar a mesma quantidade de proteína. Supondo-se que quando houve maior quantidade de proteína depositada, ocorreu maior gasto de energia para a sua deposição, pode-se inferir que a quantidade de energia disponível para a deposição de tecidos de reserva reduziu, diminuindo a quantidade de EE e de gordura depositados.

Outra possível causa da diminuição da deposição de gordura pode estar relacionada à quantidade de energia metabolizável e a sua origem. A energia metabolizável do alimento é a quantidade de energia proveniente da dieta que foi absorvida no trato gastrintestinal, sendo que esta é proveniente de vários nutrientes, entre eles a proteína (Detmann et al. 2010). No entanto, no metabolismo animal, o principal destino da proteína não é a produção de energia para a manutenção das

atividades fisiológicas (sejam elas de manutenção ou produção) e sim, para a deposição de tecidos, principalmente muscular, que apesar de, em certas ocasiões, serem utilizados como fonte energética, possuem como função primordial, estruturação do corpo do ser vivo em questão (Swenson e Reece, 2006). No presente estudo, a proteína digestível representou, em média, 11,6 % dos nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas (12,96; 11,46; 11,31 e 11,46% do NDT para os trat. 0; 33; 66 e 100%, respectivamente), sendo que, quando aumentou-se a quantidade de farelo de soja tratado com tanino, teve-se maior deposição de proteína e músculo na carcaça, sugerindo que maior quantidade de proteína dietética foi direcionada para esta deposição. Portanto, pode ter havido menor quantidade de energia direcionada para os tecidos de reserva (na forma física: gordura, e na forma química extrato etéreo), o que justificaria uma menor deposição na quantidade de gordura quando houve aumento na deposição de músculo.

Algumas teorias, propostas depois de se observarem os resultados de Carula et al., (2005); Beauchemin, et al., (2007); Dschaak et al. (2011), poderiam ajudar a explicar as diminuições na deposição de gordura com a adição de tanino à dieta. A principal fonte de energia utilizada no metabolismo dos ruminantes são os ácidos graxos voláteis (AGV), sendo que, majoritariamente, cada AGV produzido e absorvido no rúmen possui um destino específico, sendo o ácido propiônico destinado principalmente para a produção de glicose para manutenção energética do metabolismo animal (seja ela para ganho e/ou manutenção, Nozière e Hoch, 2006) e o ácido acético, destinado para a manutenção dos tecidos periféricos e formação de tecido de reserva corporal (triglicerídeos) (Nozière e Hoch, 2006). Os trabalhos

supracitados (Carula et al., 2005; Beauchemin, et al., 2007; Dschaak et al. 2011) demonstraram que houve diminuição na relação acetato:propionato com a adição de tanino condensado à dieta, sendo que, pode ter havido modificação na distribuição da produção energética dos animais deste experimento, considerando que a adição de taninos modificou a relação acetato:propionato. Portanto, pode ter ocorrido uma diminuição na produção de triglicerídeos provenientes de acetato, o que levaria a provável diminuição da quantidade de tecido gorduroso. No entanto, o propionato e a glicose em excesso também podem ser direcionados para produção de tecido de reserva (gordura), no entanto por rotas metabólicas diferentes (Nozière e Hoch, 2006).

Aparentemente, outra possível causa da diminuição da deposição de gordura com o aumento da quantidade de tanino na dieta foi a queda no CMS, a qual também foi linear ($P < 0,05$) ao substituir-se o FS pelo FST. No entanto, esta queda não reduziu o consumo de energia (Tabela 3). Além disso, ao observar os resultados obtidos no tratamento experimental FST+U (trat. FST+U *versus* trat. 0%) verifica-se queda no consumo sem alteração na composição da carcaça, mais especificamente, sem alteração no teor de gordura e EE da carcaça e do ganho de carcaça (Tabela 6) e no ganho absoluto de gordura e EE da carcaça (Tabela 7). Além disso, o consumo estimado de PNDR (280g/dia) foi semelhante ao do tratamento 0%, sugerindo que, pelo menos em parte, a diminuição na deposição de gordura na carcaça não foi ocasionada pela redução de consumo e sim, provavelmente, pelo somatório das hipóteses descritas anteriormente.

Características de carcaça e rendimento de cortes comerciais

A indústria frigorífica brasileira tem exigido a presença de pelo menos três (3) mm de gordura subcutânea. Portanto, a substituição de FS pelo FST em níveis superiores a 78,5 % acarretaria na produção de carcaças com menos de 3 mm de gordura subcutânea, classificando-as carcaças como inacabadas ou com pouco acabamento.

O aumento linear observado para a AOL à medida em que o FS foi substituído pelo FST confirma a relação dessa característica de carcaça com a quantidade de músculo do animal, já que apresentaram o mesmo comportamento.

É bem aceito que os mecanismos de ação dos taninos no rúmen podem resultar tanto em efeitos positivo quanto em efeitos negativos sobre a nutrição de ruminantes e consequentemente sobre o desempenho dos animais (Archana et al. 2010). Com este trabalho de pesquisa pode-se concluir que a adição de taninos causou tanto efeitos benéficos quanto maléficos à produção animal, já que aumentou a deposição de músculos e diminuiu a deposição de gordura, o que trouxe melhora na conversão alimentar dos animais. No entanto, essa diminuição na deposição de gordura fez com que diminuísse a espessura de gordura subcutânea (EGS), fazendo com que em certos níveis os animais fossem abatidos sem o acabamento de gordura preconizado como mínimo pelos frigoríficos brasileiros (3 mm).

A partir da análise dos resultados obtidos no presente estudo, é sugerido que os benefícios causados pela ingestão de tanino foram maiores do que os seus malefícios, podendo-se, portanto, indicá-los para utilização. No entanto mais estudos são

necessários para melhor esclarecer a possibilidade de aumento no ganho de músculo sem queda no ganho de gordura na carcaça.

Conclusão

A utilização de farelo de soja tratado com tanino em substituição ao farelo de soja convencional provoca modificações na composição do ganho dos animais e aumenta a taxa de ganho de tecido magro na carcaça. Além disso, promove redução no consumo de matéria seca dos animais, com consequente melhoria na conversão alimentar.

A substituição de 7,5 % do FS convencional por 2,5 % de FS tratado com tanino para atender às exigências de PNDR e uréia para satisfazer a PDR (tratamento FST+U) não altera o ganho de peso dos animais, mesmo promovendo redução na inclusão de FS.

Literatura Citada

- ALIPOUR, D., ROUZBEHAN, Y. Effects of several levels of extracted tannin from grape pomace on intestinal digestibility of soybean meal. **Livestock Science** v.128 p.87–91. 2010.
- ARCHANA, A.B., JADHAV, M.V., KADAM, V.J., Potential of tannins: a review. **Asian Journal of Plant Sciences** v.9, p.209–214. 2010.
- BAAH, J., IVAN, M., HRISTOV, A.N., KOENIG, K.M., RODE, L.M., MCALLISTER, T.A. Effects of potential dietary antiprotozoal supplements on rumen fermentation and digestibility in heifers. **Animal Feed Science and Technology**. v.137, p.126-137. 2007.
- BEAUCHEMIN, K.A., MCGINN, S.M., MARTINEZ, T.F., MCALLISTER, T.A., Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**. v.85, p.1990-1996. 2007.

- BENCHAAR, C., MCALLISTER, T.A., CHOUINARD., P.Y. Digestion, ruminal fermentation, ciliate protozoal populations, and milk production from dairy cows fed cinnamaldehyde, quebracho condensed tannin, or *Yucca schidigera* saponin extract. **Journal of Dairy Science**. v.91, p.4765–4777. 2008.
- BENEDETI, P.D.B. **Substituição do farelo de soja por uréia de liberação lenta em dietas de terminação para bovinos de corte**. (Dissertação). Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, MG. 2012. 56p.
- CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, p.1459-1465, 1995.
- CARULLA, J.E., KREUZER, M., MACHMULLER, A., HESS, H.D. Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**. v.56, p.961–970. 2005.
- COSTA. J.C.B. **Otimização de arraçamento do sistema de produção de carne bovina em confinamento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1996.
- DETMANN, E., VALADARES FILHO, S.C., PAULINO, M.F. Predição do valor energético de dietas para bovinos a partir da composição química dos alimentos. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I. CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de Zebuínos puros e cruzados – BR-Corte**. p.47-64. 2010.
- DETMANN, E., VALENTE, T.P.N., SAMPAIO, C.B., Avaliação da fibra em detergente neutro indigestível e da fibra em detergente ácido indigestível. In: DETMANN, E.; SOUZA, M.A. ; VALADARES FILHO, S.C.; BERCHIELLI, T.T.; CABRAL, L.S.; LADEIRA, M.M.; SOUZA, M.A.; QUEIROZ, A.C.; SALIBA, E.O.S.; PINA, D.S.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema. p. 147-164. 2012a.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.62, p.980-984. 2010.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; BERCHIELLI, T.T.; CABRAL, L.S.; LADEIRA, M.M.; SOUZA, M.A.; QUEIROZ, A.C.; SALIBA, E.O.S.; PINA, D.S.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2012b. p.214.
- DINIZ, L.L., VALADARES FILHO, S.C., CAMPOS, J.M.S., VALADARES, R.F.D., SILVA, L.D., MONNERAT, J.P.I.S., BENEDETTI, P.B., OLIVEIRA, A.S., PINA, D.S. Effects of Castor Meal on the Growth Performance and Carcass

- Characteristics of Beef Cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.23, p.1308-1318, 2010.
- DSCHAAK, C.M., WILLIAMS, C.M., HOLT, M.S., EUN, J.S., YOUNG, A.J., MIN, B.R. Effects of supplementing condensed tannin extract on intake, digestion, ruminal fermentation, and milk production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.94 p.2508–2519. 2011.
- KHIAOSA-ARD, R.; BRYNER, S.F.; SCHEEDER, M.R.L. WETTSTEIN, H.R., LEIBER, F., KREUZER, M., SOLIVA, C.R. Evidence for the inhibition of the terminal step of ruminal α -linolenic biohydrogenation by condensed tannins. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.177–188, 2009.
- MARCONDES, M.I. GINBELLI, M.P.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, M.P. Exigências nutricionais de proteína para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I. CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de Zebuínos puros e cruzados – BR-Corte**. p.113-133. 2010a.
- MARCONDES, M.I., CHIZZOTTI, M.L., VALADARES FILHO, S.C, GIONBELLI, M.P, PAULINO, P.V.R., PAULINO, M.F. Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I. CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de Zebuínos puros e cruzados – BR-Corte**. p.85-112. 2010b.
- MARCONDES, M.I., PAULINO, P.V.R., VALADARES FILHO, S.C., GIONBELLI, M.P., SILVA, L.F.C., TEDESCHI, L.F. Predição da composição química corporal e da carcaça de animais nelore puros e cruzados. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I. CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de Zebuínos puros e cruzados – BR-Corte**. p.65-84. 2010c.
- MEZZOMO, R., PAULINO, P.V.R., DETMANN, E., VALADARES FILHO, S.C., PAULINO, M.F., MONNERAT, J.P.I.S., DUARTE, M.S., SILVA, L.H.P., MOURA, L.S. Influence of condensed tannin on intake, digestibility and efficiency of protein utilization in beef steers fed high concentrate diet. **Livestock Science**. v. 141 p.1-11. 2011.
- NOZIÉRE, P., HOCH, T. Modelling fluxes os volatile fatty acids from rumen portal blood. In: KEBREAD, E. DIJKSTRA, J., BANNINK, A., GERRITS, W.J.J., FRANCE, J. (Eds.) **Nutrient digestion and utilizations in farma animals: modeling approaches**. Wageningen: CAB International, p.40-47. 2006.
- OWENS, F.N., DUBESKI, P., HANSON, C.F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.71. p.3138-3150. 1993.
- PRIOLO, A. WAGHORN, G. C. LANZA, M. BIONDI L. PENNISI P. Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp:

- effects on lamb growth performance and meat quality. **Journal of Animal Science** v.78 p.810-816. 2000.
- RENNÓ, L.N.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I. VALADARES FILHO, S.C., SILVA, J.F.C., CECON, P.R., DIAS, H.L.C., COSTA, M.A.L., OLIVEIRA, L.V. Estimativa da produção microbiana pelos derivados de purina na urina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, p.1223-1234. 2000.
- RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. VAN SOEST, P.J. SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: I - Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3581, 1992.
- SWENSON, J.M., REECE, W.O. **DUKES- Fisiologia dos Animais Domésticos**, 12ed., Guanabara Koogan, 2006. 926p.
- VALADARES FILHO, S.C., MACHADO, P.A.S., CHIZZOTTI, M.L. AMARAL, H.F. FURTADO, T., MARCONDES, M.I., PAULINO, P.V.R. **BR-CORTE 1.0. Cálculo de Exigências Nutricionais e Formulação de Dietas**. 2012. Disponível em www.brcorte.ufv.br. Acesso em outubro de 2012.
- VASTA, V.; MELE, M.; SERRA, A. SCERRA, M. LUCIANO, G. LANZA, M. PRIOLO, A. Metabolic fate of fatty acids involved in ruminal biohydrogenation in sheep fed concentrate or herbage with or without tannins. **Journal of Animal Science**, v.87, p.2674–2684, 2009b.
- VILLALBA, J.J., LANDAU, S.Y., Host behavior, environment and ability to self-medicate. **Small Ruminant Research**., v. 103, p.50-59. 2011.
- WOODWARD, S.L., WAGHORN, G.C., ULYATT, M.J., LASSEY, K.R. Early indications that feeding Lotus will reduce methane emissions from ruminants. **Proc. of the New Zealand Society of Animal Production**. v.61, p.23–26. 2001.

CAPÍTULO 4 - Parâmetros qualitativos de carcaça de bovinos super-precoces alimentados com farelo de soja tratado com tanino

Resumo: Objetivou-se avaliar a substituição do farelo de soja por farelo de soja tratado com taninos sobre as características de qualidade de carne, perfil de ácidos graxos, assim como avaliar as alterações na cor e degradação de lipídeos da carne em diferentes períodos de vida de prateleira. Para tanto, foram utilizados 35 bovinos Nelore, machos não-castrados, abatidos em média com 13 meses de idade. As dietas apresentavam relação volumoso:concentrado de 16:84, sendo o farelo de soja substituído pelo farelo de soja tratado nos níveis 0, 33, 66 e 100% na matéria seca, tendo ainda um tratamento FST+U onde o farelo de soja foi substituído pelo farelo de soja tratado para atender a exigência de PNDR e uréia para satisfazer a PDR. Os animais foram submetidos a um período experimental de 112 dias. No final do ensaio, todos os animais foram abatidos. Uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* (LD) e uma amostra da gordura subcutânea foram coletadas para análise do perfil de ácidos graxos. Na altura da 12^a costela, foram retiradas porções de tamanho adequado à cada análise, do músculo *Longissimus dorsi*, sendo elas: força de cisalhamento, perdas ao descongelamento, cocção e totais, índice de fragmentação miofibrilar (IFM) e composição centesimal. Além disso, 10 amostras do músculo LD foram coletadas e expostas (vida de prateleira) por 0, 3, 6, 9 e 12 dias, efetuado-se análise de coloração CIE L, b* e R630/580. Nas amostras de LD correspondentes ao dia 0 e ao dia 12 foi quantificado o grau de oxidação lipídica. Não foram observados efeitos ($P>0,05$) para o perfil de ácidos graxos na digesta abomasal. No músculo observou-se apenas diferença ($P<0,05$) para o ácido esteárico (C18:0), e ácidos graxos monoinsaturados. Para os ácidos graxos depositados na gordura subcutânea foi verificado aumento linear na deposição de ácidos graxos poliinsaturados ($P<0,05$) à medida que substituiu-se o FS pelo FST. Não houve interação ($P>0,05$) entre os tratamentos e o tempo de armazenamento de bifes de *Longissimus dorsi* (LD) para os parâmetros relativos à coloração. Quanto ao tempo de armazenamento, todas as variáveis apresentaram efeito significativo ($P<0,05$), no entanto, não houve diferença entre os tratamentos

($P > 0,05$). Houve interação entre o tempo de armazenamento e os tratamentos experimentais (T. x dia) para a oxidação de lipídeos ($P < 0,05$). Apresentando diferenças entre o tempo de armazenamento apenas para os tratamentos 0, 66% de substituição do FS pelo FST e para o tratamento FST+U ($P < 0,05$). Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) para força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, perdas por descongelamento, cozimento e totais na carne. A substituição do farelo de soja tradicional por farelo de soja tratado com 2,5% de tanino (85% de tanino condensado e 15% de tanino hidrolisável) em dietas de bovinos, Nelore, super-precoces alimentados com alto teor de concentrado implica em modificações no perfil de ácidos graxos, principalmente da gordura subcutânea, sem alterações na qualidade da carne.

Palavras chave: ácidos graxos, biohidrogenação, vida de prateleira.

Qualitative parameters of bovine carcass super-early fed soybean meal treated with tannins

Abstract: This trial was conducted to evaluate the effects of replacing traditional soybean meal to soybean meal treated with tannin on meat quality, fatty acid composition and changes in color and lipids degradation of beef from cattle fed different levels of condensed tannins in different periods of shelf storage. It was used thirty five Nelore bulls, with 290 ± 11.2 kg body weight. Bulls were fed with cracked corn, whole cottonseed and sugar-cane bagasse in natura, soybean meal treated with tannin (SBMT) and traditional soybean meal (SBM). The treatments consisted of 4 levels of replacement of soybean meal with soybean treated with tannin (0, 33, 66, and 100%) and one treatment with 2.5% of SBMCT (relative to 33% of SBMT) but without SBM, which was replaced by urea and corn (with the same level of CP of soybean meal). And submitted to a period of 112-day experimental. At the end of the trial, all the animals were slaughtered. A sample of Longissimus dorsi (LD) and a sample of subcutaneous fat were sampled for analysis of fatty acid profile. In the 12th rib, LD portions were sampled to shear force, thawing loss, cooking and total, myofibrillar fragmentation index

(MFI) and chemical composition analysis. 10 samples of Longissimus muscle were collected, and exposed (shelf life) for 0, 3, 6, 9 and 12 days, using two samples per exposure day. No significant effects ($P>0.05$) of treatments were observed for the profile of fatty acids in abomasal digesta. On muscle was observed only differences ($P <0.05$) for stearic acid (C18: 0) and monounsaturated fatty acids. To profile of fatty acid deposited in subcutaneous fat showed increased linear ($P<0.05$) with the substitution SBM by SBMT. There was no interaction ($P>0.05$) between the treatments and days of storage of beef steaks. No difference was observed between treatments for beef color variables ($P>0.05$). There was an interaction between storage time and treatments for TBARS ($P<0.05$). Differences were observed between the shelf life only for treatments 0, 66% and SBM+U treatment. The replacement traditional soybean meal to soybean meal treated with 2.5% of tannin (85% of condensed tannin and 15% of hydrolysable tannin) in high concentrate diets to Nellores implies changes in fatty acid profile, especially subcutaneous fat, with no changes on meat quality.

Key Words: biohydrogenation, fatty acid, shelf life.

Introdução

Estudos *in vitro* indicam que a incubação de líquido ruminal com taninos reduz a biohidrogenação (BH) de diferentes ácidos graxos (Vasta et al., 2009a; Khiaosa-Ard et al. 2009), sendo estas, atribuídas à diminuição da atividade dos microrganismos ruminais causada pela ação antimicrobiana dos taninos.

Vasta et al. (2009b) observaram que a suplementação de taninos de quebracho em cordeiros alimentados com forragem fresca ou ração concentrada reduz a biohidrogenação ruminal. Em particular, a última etapa da BH foi inibida em maior intensidade que as etapas anteriores, levando ao acúmulo do isômero trans C18:1, tendo com isso implicações importantes no perfil de ácidos graxos da carne, pois o isômero C18:1 é o precursor da biossíntese endógena do CLA cis-9, trans-11. Além disso, a carne dos cordeiros suplementados com tanino condensado apresentou maiores porcentagens de ácidos graxos poliinsaturados e menor porcentagem de ácidos graxos saturados em comparação com a carne dos animais não suplementados.

Esses resultados demonstram que a inclusão de taninos pode ser uma estratégia útil para melhorar as propriedades saudáveis da carne no que diz respeito à sua composição em ácidos graxos. Entretanto, a possível alteração no perfil de ácidos graxos da carne pode levar a alterações em algumas características sensoriais, como maciez e, principalmente, coloração, sendo necessário avaliar esses parâmetros na carne proveniente de animais alimentados com taninos.

A oxidação lipídica provoca alterações no sabor e cor de produtos alimentares, sendo a principal responsável pela deterioração durante o processamento e armazenamento de alimentos com altos teores de lipídeos (Romeu-Nadal et al. 2007).

A auto-oxidação é o principal mecanismo de oxidação de ácidos graxos poliinsaturados e é mais intensa em condições favorecidas pela luz e calor (Maduko et al. 2008). Por conseguinte, o aumento de ácidos graxos poliinsaturados (hipoteticamente causados pela inclusão de taninos a dieta), combinada com longos períodos de armazenamento em ambientes iluminados, tais como gôndolas de supermercados, pode levar à modificação na taxa e grau de oxidação, com subsequente liberação de compostos voláteis responsáveis por rancidez e mudanças nas características organolépticas (Rodríguez-Alcalá et al. 2007).

Neste contexto, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a influência da substituição do farelo de soja convencional por farelo de soja tratado com taninos sobre as características de qualidade de carne e avaliar as alterações na cor e degradação de lipídeos da carne de bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de soja tratado com taninos em diferentes períodos de vida de prateleira.

Materiais e Métodos

Animais, dietas experimentais e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Animais e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG.

Foram utilizados 35 animais Nelore, machos não-castrados, com peso corporal médio final de $361,7 \pm 6,73$ kg e idade média final de 13 meses. Os animais foram provenientes do setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, onde receberam ração concentrada na forma de

creep-feeding desde os dois meses de idade. Inicialmente, os animais foram pesados, identificados e tratados contra ecto e endoparasitos e então adaptados à dieta experimental e às instalações do confinamento por 35 dias.

Os animais foram pesados e permaneceram confinados em baias coletivas com cochos eletrônicos do tipo Callan Gates. Cada baia é provida de bebedouro de concreto. O experimento teve quatro períodos experimentais de 28 dias cada, somando 112 dias de experimento.

A alimentação basal foi composta de ração contendo 84% de concentrado, com base na matéria seca total. O volumoso foi constituído de bagaço de cana *in natura* moído e os concentrados à base de milho moído grosso (peneira de 6 mm), farelo de soja (FS), farelo de soja previamente tratado com tanino (FST), caroço de algodão, uréia e núcleo mineral, conforme a Tabela 1. A composição dos alimentos utilizados na dieta encontram-se na Tabela 2. Na Tabela 3 são apresentados os perfis de ácidos graxos observados em cada dieta experimental e nos ingredientes da dieta.

Tratamentos experimentais

Os tratamentos experimentais consistiram na substituição do farelo de soja tradicional por farelo de soja previamente tratado com tanino em diferentes níveis de substituição (0, 33, 66 e 100%) e um tratamento (trat. FST+U) onde houve o balanceamento dos níveis de PNDR digestível (PNDRd) somente com farelo de soja tratado com tanino (FST) e o balanceamento final da PB com uréia. Os níveis de PNDRd foram baseados em dados de experimento prévio (Capítulo 1) onde, em ensaios de digestibilidade *in situ* e *in vitro* baseados na técnica de 3 estágios

(Calsamiglia & Stern, 1995), observou-se PNDRd igual a 63% da PB total para FST e PNDRd igual a 21% da PB total para FS convencional. Portanto o tratamento FST+U, apesar de não ter a mesma quantidade de proteína de origem vegetal do tratamento controle, teoricamente, teve o mesmo nível de proteína disponível para absorção intestinal.

Tabela 1 – Composição dos ingredientes da dieta e composição químico-bromatológica da dieta.

| Ingredientes (%) | Substituição do FS pelo FSTC (%) | | | | |
|---|----------------------------------|--------|--------|--------|-------------|
| | 0% | 33% | 66% | 100% | Trat. FST+U |
| <i>Composição dos ingredientes (% da MS)</i> | | | | | |
| Bagaço de cana | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| Caroço de algodão | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Milho moído grosso | 63,2 | 63,2 | 63,2 | 63,2 | 67,4 |
| Farelo de soja | 7,5 | 5,0 | 2,5 | - | - |
| Farelo de soja com tanino | - | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 2,5 |
| Uréia | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 1,07 |
| Núcleo mineral ¹ | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| <i>Composição química da dieta (g/kg da MS)</i> | | | | | |
| Matéria seca | 860,5 | 860,4 | 860,2 | 860,1 | 861,1 |
| Matéria orgânica | 951,03 | 950,48 | 949,12 | 948,60 | 950,86 |
| Proteína bruta | 134,51 | 134,55 | 134,64 | 134,68 | 137,51 |
| Extrato etéreo | 48,46 | 48,34 | 48,52 | 48,23 | 49,30 |
| FDNcp | 260,96 | 261,06 | 260,94 | 260,45 | 260,86 |
| CNFcp | 520,00 | 519,43 | 517,92 | 518,15 | 529,97 |

¹ Níveis de garantia (por kg do núcleo): Cálcio, 160 g; Cobalto, 21,6 mg; Cobre, 360 mg; Enxofre, 23 g; Ferro, 415 mg; Fósforo, 17 g; Iodo, 21 mg; Magnésio, 14 g; Manganês, 715 mg; Monensina 714,3 mg; NNP 337 g; Potássio, 45 g; Selênio, 6 mg; Sódio, 57 g; Vitamina A, 71500 ui; Vitamina D3, 8940 ui; Vitamina E, 298 ui; Zinco, 1715 mg).

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica dos ingredientes que compuseram a dieta.

| Alimentos | MS (%) | Item ¹ | | | | |
|---------------------------|--------|-------------------|--------|-------|-------|-------|
| | | MO | PB | EE | FDNcp | CNF |
| Bagaço de cana | 640,5 | 947,3 | 19,0 | 7,21 | 838,3 | 90,0 |
| Caroço de algodão | 882,4 | 966,6 | 261,7 | 238,0 | 410,3 | 56,6 |
| Milho moído grosso | 904,6 | 966,8 | 78,9 | 34,3 | 123,0 | 730,6 |
| Farelo de soja | 882,9 | 934,5 | 413,5 | 10,3 | 111,5 | 399,2 |
| Farelo de soja com tanino | 885,5 | 930,2 | 406,2 | 10,3 | 106,4 | 407,3 |
| Uréia | 960,6 | - | 2834,5 | - | - | - |

¹ % da matéria seca (MS); MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: estrato etéreo; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; CNF: carboidratos não fibrosos totais.

Tabela 3 – Perfil de ácidos graxos das dietas experimentais e dos principais ingredientes componentes da dieta.

| Item ¹ | Substituição do FS pelo FSTC (%) ² | | | | Trat. FST+U | Milho | Caroço de algodão | Farelo de soja |
|--------------------|---|-------|-------|-------|-------------|-------|-------------------|----------------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | | | |
| C16:0 | 17,32 | 17,33 | 17,41 | 17,34 | 17,27 | 14,20 | 20,98 | 19,72 |
| C18:0 | 4,04 | 4,04 | 4,08 | 4,05 | 3,98 | 1,93 | 6,10 | 5,46 |
| C18:1 <i>n</i> -9 | 24,17 | 24,24 | 24,29 | 24,25 | 24,53 | 30,47 | 20,15 | 18,49 |
| C18:2 <i>n</i> -6c | 39,63 | 39,52 | 39,35 | 39,47 | 39,00 | 31,91 | 48,10 | 51,22 |
| C18:3 <i>n</i> -3 | 2,58 | 2,57 | 2,55 | 2,56 | 2,52 | 1,90 | 3,25 | 4,04 |
| NI ³ | 9,52 | 9,56 | 9,59 | 9,58 | 10,01 | 19,60 | 1,42 | 1,07 |
| Saturados | 21,36 | 21,37 | 21,50 | 21,39 | 21,25 | 16,13 | 27,08 | 25,18 |
| Monoinsaturados | 24,17 | 24,24 | 24,29 | 24,25 | 24,53 | 30,47 | 20,15 | 18,49 |
| Poliinsaturados | 42,21 | 42,09 | 41,90 | 42,03 | 41,52 | 33,81 | 51,35 | 55,26 |

¹ Saturados, Monoinsaturados e poliinsaturados = soma do teor dos ácidos identificados.

² FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

³ NI: Não identificado.

Abate dos animais

No final do experimento os animais foram abatidos de forma escalonada e aleatória, sempre com um animal de cada um dos cinco tratamentos por dia. Antes do abate, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas. Os animais foram insensibilizados usando-se pistola pneumática de dardo cativo penetrante e em seguida sangrados.

Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas meias-carcaças, as quais foram pesadas, identificadas e, em seguida, resfriadas em câmara fria a -2°C , durante 18 horas. Cada carcaça teve o pH e temperatura mensurados imediatamente após o abate e ao final do período de resfriamento, empregando-se peagâmetro e termômetro específicos, sendo as medidas realizadas na região mais profunda do coxão, correspondente ao músculo *Semimembranosus*.

Coleta de amostras e análise de perfil de ácido graxo

Na altura da 12^a costela da meia carcaça esquerda foi retirada uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* e uma amostra da gordura subcutânea para análise do perfil de ácidos graxos. As amostras foram imersas em nitrogênio líquido, trituradas em liquidificador industrial, e armazenadas em ultra-freezer a -80°C até extração da gordura para determinação do perfil de ácidos graxos. A extração da gordura para a quantificação dos ácidos graxos foi feita segundo técnica descrita por Bligh & Dyer (1959). A preparação dos ésteres metílicos foi realizada por meio da modificação do método proposto por Hartman & Lago (1986). Alíquotas de 60 μL da gordura foram transferidas para tubos de ensaio com tampa rosqueada. Os lipídios foram hidrolisados

com adição de 2,5 mL de solução de NaOH 0,5 N em metanol sob aquecimento a 70°C por 15 minutos, para completa saponificação da amostra e obtenção de ácidos graxos livres. Após resfriamento, foram adicionados 7,5 mL de reagente de esterificação (HCl 0,5 N em metanol), aquecendo-se a 70 °C por 10 minutos para formação dos ésteres metílicos. Após resfriamento, foram acrescentados 2 mL de solução de NaCl 20% e 2 mL de hexano (grau HPLC). O tubo foi agitado em vortex e aproximadamente 1 mL da fase superior contendo os ésteres metílicos foi coletado. Os ésteres metílicos foram acondicionados em vidros de cor âmbar e estocados a -18 °C, para a análise.

As análises dos ésteres metílicos dos ácidos graxos da gordura do músculo LD foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV em cromatógrafo a gás modelo Finnigan-9001, equipado com detector de ionização de chama (FID). Para registro e análise dos cromatogramas, o aparelho foi acoplado a um microcomputador, utilizando-se o programa Labquest®. Os componentes dos ésteres metílicos foram separados em coluna capilar SPTM-2560 (100 m x 0,25 mm x 0,02 µm; Supelco, Inc., Bellefonte, PA). Para a separação cromatográfica, 1 µL de amostra foi injetado, com auxílio de seringa Hamilton® de 10 µL, em sistema Split com razão 1:100. O gás hélio foi utilizado como carreador com velocidade linear programada para 25 cm/s e vazão regulada para 25,6 mL/min. A purga foi ajustada para vazão de 3,3 mL/min. As vazões do hidrogênio e ar sintético foram mantidas em 24,4 e 172,22 mL/min., respectivamente.

A identificação dos picos de cada ácido graxo foi feita por meio da comparação com os tempos de retenção e dos picos presentes em padrões de lipídios (Supelco 37 – Component Fame Mix – nº catálogo: 47885-U; SUPELCO PUFA Nº 2 - Animal

Source – nº catálogo: 47015-U e SIGMA Linoleic Acid, conjugated methyl ester – nº catálogo: 0562). Para a integração da área dos picos, cada cromatograma foi integrado individualmente, através do Software Labquest®.

Força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar e perdas por cocção e descongelamento

Ainda na altura da 12ª costela, foram retiradas porções de tamanho adequado à cada análise, do músculo *Longissimus dorsi* que foram acondicionadas em sacos plástico embaladas à vácuo, identificadas por análise e armazenadas em freezer a -20°C para posteriores determinações de força de cisalhamento, perdas ao descongelamento, cocção e totais, índice de fragmentação miofibrilar (IFM) e composição centesimal.

A força de cisalhamento das amostras de carne foi determinada no Laboratório de Carnes do Departamento de Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa. As amostras foram padronizadas em bifes com espessura de 2,54 cm, obtidas com o auxílio de uma serra frigorífica. Antes da análise as amostras foram descongeladas em geladeira durante 24 horas, à temperatura de 5 °C, até atingirem temperatura interna de 2 a 5 °C. Os bifes foram, em seguida, assados, utilizando-se forno elétrico, sendo revirados a cada 15 minutos, até atingirem temperatura interna de 71 °C. O forno foi pré-aquecido a uma temperatura em torno de 150°C. O monitoramento da temperatura interna dos bifes foi realizado através de termômetros tipo K, cujas sondas foram inseridas no centro geométrico de cada bife. Depois de atingirem a temperatura interna desejada, os bifes foram resfriados durante uma noite até atingirem temperatura interna de 2 a 5 °C. Cinco amostras cilíndricas, de 1,27 cm de diâmetro, foram removidas de

cada bife, de forma paralela à orientação das fibras musculares, utilizando-se um amostrador de aço inox, devidamente afiado. As amostras cilíndricas foram cisalhadas, a uma temperatura de 2 a 5 °C, perpendicularmente à orientação das fibras musculares, utilizando-se lâmina de corte em V, com angulação de 60° e espessura de 1,016 mm de espessura e velocidade fixa de 20 cm/min, acoplada ao texturômetro Warner-Bratzler® (G-R Electrical Manufacturing Company, Manhattan – KS, USA).

A quantificação das perdas foi realizada na mesma amostra usada na análise de força de cisalhamento. As perdas ao descongelamento foram quantificadas pesando-se o bife antes e após o descongelamento. As perdas por cocção e totais foram obtidas pela pesagem das bandejas de cozimento, com e sem as amostras. As pesagens das bandejas e dos bifos foram realizadas antes e após o cozimento das amostras e a relação percentual de perda de peso das bandejas com as amostras permitiu quantificar as perdas por evaporação. O acréscimo de peso das bandejas após o cozimento e sem as amostras representou as perdas por exsudação que, acrescidas às perdas por evaporação, resultarão nas perdas totais por cocção. As perdas totais durante os processos foram quantificadas a partir do somatório de todas as perdas.

O índice de fragmentação miofibrilar (IFM) foi determinado de acordo com metodologia descrita por Culler et al. (1978). Inicialmente, com auxílio de uma faca, foi realizada a homogeneização das amostras do *Longissimus dorsi*, destinados à análise de IFM. Após a obtenção de uma amostra homogênea, foram retiradas quatro gramas do músculo *Longissimus dorsi* livres de gordura e tecido conjuntivo. As amostras foram homogeneizadas em homogeneizador de tecidos com haste de cisalhamento a 18.000 rpm em 40 mL de solução tampão (100mM KCL, 20mM de fosfato de potássio pH 7,0,

1mM de EGTA, 1mM MgCl₂, 1mM NaN₃, pH 7,0) de índice de fragmentação miofibrilar (TIFM) à 2°C por um intervalo de 30 segundos. Após a homogeneização, as amostras foram centrifugadas a 1000 x g por 15 minutos, a 2°C e o sobrenadante descartado. O pellet sedimentado foi ressuspensionado em 40 mL de TIFM com bastão de vidro e a amostra centrifugada novamente a 1000 x g por 15 minutos, a 2°C. Após centrifugação, o sobrenadante foi novamente descartado e o sedimentado ressuspensionado em 10 mL de TIFM à 2°C, homogeneizado em vórtex e, em seguida, filtrado em peneira de polietileno com malha de 1mm. Foram adicionados novamente 10mL de TIFM à 2°C para lavagem do tubo de centrifuga e para auxiliar na filtragem. Foi realizada a quantificação de proteínas miofibrilares totais pelo método do macro biureto conforme descrito por Gornall et al. (1949). Para determinação de IFM, as amostras foram preparadas com o TIFM para um volume final de 8 mL e concentração de proteína de 0,5 mg/mL. As amostras foram homogeneizadas e submetidas à leitura em absorbância no comprimento de onda de 540nm.

Coloração e TBARS versus vida de prateleira

Amostras do músculo *Longissimus dorsi* (LD) foram obtidas para determinação da cor, que foi mensurada empregando-se colorímetro portátil digital HunterLab LabScan XE. Um total de 10 amostras de 2,54 cm de espessura foi retirado do LD, removendo-se toda gordura subcutânea presente. As amostras foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido e envoltas em filme plástico de polivinil permeável ao oxigênio. Em seguida as bandejas foram colocadas em balcão frigorífico refrigerado (3 °C) aberto e expostas por 0, 3, 6, 9 e 12 dias, sendo utilizadas duas

amostras por dia de exposição. Foram mensurados os valores CIE L* e b*. Adicionalmente, a razão da refletância obtida a 630 e 580 nm (R630/580) foi utilizada para estimar a quantidade relativa de metamioglobina como um indicador de estabilidade da cor da carne (AMSA, 1991).

Nas amostras de LD correspondentes ao dia 0 e ao dia 12 foi quantificado o grau de oxidação lipídica, utilizando-se a técnica de TBARS descrito por Rosmini et al (1996).

Coleta de amostras do conteúdo abomasal para análise de perfil de ácidos graxos

Consecutivamente ao ensaio experimental para as coletas de amostras de carne, foi executado experimento para coleta de conteúdo abomasal para análise de perfil de ácidos graxos.

Os animais experimentais foram 5 bovinos Nelore (do mesmo grupo genético do experimento anterior), machos não castrados, com peso corporal médio de $290 \pm 11,2$ kg, fistulados no rúmen e no abomaso, segundo técnica descrita por Leão & Coelho da Silva (1980). Os animais foram distribuídos em delineamento experimental quadrado latino 5x5 e mantidos em confinamento do tipo *tie stall* em baias individuais cobertas, dotadas de comedouro, com 2x3 m de área, piso de cimento e bebedouros automáticos.

Inicialmente, todos os animais foram pesados, identificados, vermifugados contra ecto e endoparasitas e submetidos a um período de adaptação à dieta com alta proporção de concentrado, na qual as quantidades de MS foram paulatinamente aumentadas de 1% do peso corporal (PC) de matéria seca (MS) até que o consumo voluntário fosse atingido, aumentando-se 0,2% do PC em MS a cada três dias.

Os tratamentos experimentais e a alimentação dos animais foram compostas exatamente pelas mesmas dietas já descrita para o experimento anterior (Tabela 1, 2 e 3). A dieta foi fornecida duas vezes ao dia, às 8h00 e as 16h00 e ajustada de forma à se manterem sobras entre 5 a 10% do fornecido, para garantia de consumo *ad libitum* de alimentos pelos animais, com água permanentemente à disposição.

Cada período experimental teve duração de 25 dias, sendo 3 dias destinados as coletas de amostras abomasais.

Do décimo ao décimo terceiro dia de cada período experimental foram coletados aproximadamente 200 mL de digesta abomasal, em intervalos de 15 horas no seguinte esquema: dia 10; coletas às 7 e 22 horas; dia 11, coleta às 13 horas; dia 12, coleta às 4 e 19 horas e dia 13 às 10 horas. As amostras foram congeladas em ultra-freezer a -80°C e depois liofilizadas por 72 horas para retirada da água por meio de sublimação, sendo este processo caracterizado como pré-secagem. Posteriormente, foi elaborada uma composta por animal por período, as quais foram congeladas a -80°C para posteriores análises.

Durante o período de coletas de abomaso foram amostrados todos os ingredientes fornecidos. Os quais foram armazenados a -80°C para posteriores análises de perfil de ácidos graxos. Posteriormente foi feito uma composta para cada animal, baseada na composição da dieta, a qual representou o perfil de ácidos graxos da dieta fornecida aos animais.

As análises de perfil de ácidos graxos do conteúdo abomasal e dos alimentos foram executadas pelo mesmo procedimento descrito para as análises de perfil de ácido graxo da carne.

Análises estatísticas

O experimento foi analisado segundo delineamento inteiramente casualizado, adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. As comparações entre tratamentos foram realizadas de acordo com os seguintes contrastes ortogonais: efeito linear, quadrático para os níveis de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de soja tratado com tanino (FST); e efeito de “trat. FST+U” x 0% de FST (tratamento FST+U *versus* 0% de substituição do FS pelo FST).

As análises do perfil de ácidos graxos das amostras de conteúdo abomasal foram analisados segundo delineamento em quadrado latino, adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. As comparações entre tratamentos foram realizadas de acordo com os seguintes contrastes ortogonais: efeito linear, quadrático e cúbico para os níveis de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de soja tratado com tanino (FST); e efeito de “trat. FST+U” x 0% de FST (tratamento FST+U *versus* 0% de substituição do FS pelo FST).

As avaliações das variáveis relativas à coloração e vida de prateleira (CIE L*, a, b*, R630/580 e TBARS) foram feitas mediante subdivisão de parcelas em função dos tempos de armazenagem.

Todos os procedimentos estatísticos foram conduzidos por intermédio do programa SAS (Statistical Analysis System).

Resultados

Perfil de ácidos graxos no abomaso, na carne e na gordura subcutânea

Não foram observados nenhum efeito estatístico ($P>0,05$) para o fluxo de ácidos graxos na digesta abomasal (Tabela 4), sendo que, seu teor, médio foi observado aproximadamente 81,2% de ácidos graxos saturados, 11,6% de AG monoinsaturados e 5,6% de AG poliinsaturados (Figura 1).

Tabela 4 – Médias e EPM para o fluxo de ácidos graxos da digesta abomasal (g/dia) de acordo com cada tratamento experimental

| Item ¹ | Substituição do FS pelo FST (%) ² | | | | Trat. FST+U | Valor-p ³ | | | EPM |
|-------------------|--|--------|--------|--------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ⁴ | |
| C14:0 | 0,51 | 0,39 | 0,54 | 0,50 | 0,32 | 0,855 | 0,746 | 0,261 | 0,04 |
| C16:0 | 17,71 | 17,56 | 21,16 | 19,94 | 15,66 | 0,271 | 0,790 | 0,482 | 0,66 |
| C17:0 | 0,27 | 0,21 | 0,28 | 0,37 | 0,17 | 0,215 | 0,249 | 0,339 | 0,02 |
| C18:0 | 83,35 | 88,33 | 104,85 | 89,89 | 71,43 | 0,509 | 0,414 | 0,496 | 3,96 |
| C18:1 <i>n-9</i> | 13,71 | 12,26 | 14,76 | 16,44 | 14,60 | 0,070 | 0,208 | 0,604 | 0,40 |
| C18:1 <i>t-11</i> | 0,91 | 0,79 | 0,90 | 1,06 | 0,96 | 0,342 | 0,286 | 0,798 | 0,04 |
| C18:2 <i>n-6c</i> | 6,03 | 6,77 | 7,77 | 6,12 | 4,75 | 0,679 | 0,106 | 0,214 | 0,23 |
| C18:3 <i>n-3</i> | 0,19 | 0,29 | 0,29 | 0,26 | 0,17 | 0,271 | 0,155 | 0,612 | 0,01 |
| C20:0 | 0,79 | 0,76 | 0,93 | 0,75 | 0,61 | 0,990 | 0,540 | 0,301 | 0,04 |
| NI ⁵ | 2,74 | 2,29 | 2,91 | 2,51 | 2,64 | 0,966 | 0,925 | 0,794 | 0,08 |
| Saturados | 102,65 | 107,27 | 127,77 | 111,46 | 88,21 | 0,468 | 0,464 | 0,483 | 4,66 |
| Monoinsaturados | 14,62 | 13,06 | 15,66 | 17,50 | 15,56 | 0,066 | 0,188 | 0,393 | 0,41 |
| Poliinsaturados | 6,82 | 7,61 | 8,99 | 7,51 | 6,11 | 0,313 | 0,147 | 0,526 | 0,25 |

¹ Saturados, Monoinsaturados e poliinsaturados = soma do teor dos ácidos identificados.

² FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

³ Contrastes linear (L), quadrático (Q).

⁴ Contraste: 0% de FST *versus* tratamento FST+U.

⁵ NI: Não identificado.

Na Tabela 5 encontram-se as médias, bem como os resultados estatísticos para o perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus Dorsi* (LD). Observou-se apenas diferença ($P < 0,05$) para o ácido esteárico (C18:0), o qual apresentou comportamento quadrático com maiores valores com aproximadamente 60% de substituição do FS convencional pelo FST, e para o total de ácidos graxos monoinsaturados, o qual apresentou menores valores à aproximadamente 60% de substituição do FS pelo FST. A concentração dos demais ácidos graxos do músculo não diferiram ($P > 0,05$) com a adição de taninos à dieta. As médias para os ácidos graxos saturados, mono e poliinsaturados no músculo foi de 29%; 54% e 11%, respectivamente.

Para os ácidos graxos depositados na gordura subcutânea (Tabela 6) foi verificado aumento linear na deposição de ácidos graxos poliinsaturados ($P < 0,05$) à medida que substituiu-se o FS convencional pelo FS tratado com tanino (FST). Foi observado também efeito linear ($P < 0,05$) para o ácido esteárico (C18:0) onde houve aumento no seu teor com a inclusão do FST. A soma do teor dos ácidos graxos monoinsaturados também apresentou comportamento linear ($P < 0,05$), apresentando diminuição no seu teor ao substituir-se o FS pelo FST.

Tabela 5 – Médias e EPM para o perfil de ácidos graxos do músculo longissimus dorsi de acordo com cada tratamento experimental.

| Item ¹ | Substituição do FS pelo FST (%) ² | | | | Trat. FST+U | Valor-p ³ | | | EPM |
|------------------------|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ⁴ | |
| C12:0 | 0,10 | 0,14 | 0,10 | 0,12 | 0,125 | 0,925 | 0,744 | 0,688 | 0,01 |
| C14:0 | 0,72 | 0,85 | 0,48 | 0,76 | 0,89 | 0,771 | 0,674 | 0,489 | 0,08 |
| C14:1 | 0,19 | 0,21 | 0,16 | 0,19 | 0,11 | 0,744 | 0,992 | 0,175 | 0,02 |
| C15:0 | 0,20 | 0,29 | 0,14 | 0,30 | 0,36 | 0,613 | 0,545 | 0,061 | 0,02 |
| C15:1 | 5,17 | 4,61 | 4,10 | 4,97 | 4,89 | 0,600 | 0,145 | 0,675 | 0,20 |
| C16:0 | 14,19 | 14,90 | 14,48 | 14,26 | 14,32 | 0,939 | 0,513 | 0,893 | 0,29 |
| C16:1 | 1,77 | 1,58 | 1,10 | 1,38 | 1,40 | 0,065 | 0,242 | 0,179 | 0,08 |
| C17:0 | 0,24 | 0,30 | 0,24 | 0,30 | 0,27 | 0,488 | 0,952 | 0,581 | 0,02 |
| C17:1 | 4,26 | 3,96 | 3,65 | 4,19 | 4,23 | 0,752 | 0,258 | 0,951 | 0,15 |
| C18:0 ⁵ | 11,97 | 13,27 | 14,62 | 13,10 | 12,91 | 0,085 | 0,027 | 0,270 | 0,25 |
| C18:1 <i>n-9</i> | 24,25 | 24,41 | 22,54 | 22,43 | 23,66 | 0,352 | 0,940 | 0,810 | 0,74 |
| C18:1 <i>n-7</i> | 18,46 | 17,91 | 19,23 | 20,18 | 18,62 | 0,294 | 0,591 | 0,933 | 0,58 |
| C18:2 <i>n-6c</i> | 0,31 | 0,34 | 0,30 | 0,25 | 0,30 | 0,376 | 0,543 | 0,916 | 0,02 |
| C18:3 <i>n-3</i> | 0,16 | 0,18 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,275 | 0,773 | 0,209 | 0,01 |
| C20:1 | 1,52 | 1,29 | 1,67 | 1,48 | 1,48 | 0,687 | 0,892 | 0,840 | 0,06 |
| C20:4 <i>n-6</i> | 7,36 | 6,92 | 7,71 | 7,04 | 7,55 | 0,943 | 0,838 | 0,814 | 0,23 |
| C20:5 <i>n-3</i> | 1,18 | 1,13 | 1,33 | 1,14 | 1,21 | 0,882 | 0,576 | 0,867 | 0,05 |
| C22:4 <i>n-6</i> | 0,79 | 0,68 | 0,75 | 0,65 | 0,76 | 0,192 | 0,956 | 0,696 | 0,03 |
| C22:6 <i>n-3</i> | 0,49 | 0,52 | 0,57 | 0,45 | 0,47 | 0,750 | 0,258 | 0,821 | 0,03 |
| CLA | 0,72 | 0,65 | 0,76 | 0,62 | 0,70 | 0,474 | 0,522 | 0,860 | 0,03 |
| NI* | 5,47 | 5,35 | 5,36 | 5,49 | 5,14 | 0,968 | 0,730 | 0,502 | 0,15 |
| Saturados ⁶ | 27,42 | 29,75 | 30,06 | 28,83 | 28,87 | 0,436 | 0,186 | 0,428 | 0,55 |
| Monoinsaturados | 55,62 | 53,98 | 52,45 | 54,83 | 54,39 | 0,263 | 0,015 | 0,261 | 0,32 |
| Poliinsaturados | 11,47 | 10,91 | 12,11 | 10,83 | 11,58 | 0,840 | 0,662 | 0,926 | 0,34 |
| Poliinsaturados 3** | 10,44 | 9,92 | 11,06 | 9,96 | 10,57 | 0,925 | 0,711 | 0,904 | 0,32 |

¹ Saturados, Monoinsaturados e poliinsaturados = soma do teor dos ácidos identificados.

² FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

³ Contrastes linear (L), quadrático (Q).

⁴ Contraste: 0% de FST *versus* tratamento FST+U.

⁵ $Y_{C18:0} = 11,8251 + 0,0816x - 0,0006779x^2$ ($r^2 = 0,31$).

⁶ $Y_{\text{Monoinsaturados}} = 55,8060 - 0,106891x + 0,000957x^2$ ($r^2 = 0,28$).

* NI: Não identificado.

** Soma dos ácidos graxos com mais de 3 insaturações.

Tabela 6 - Médias e EPM para o perfil de ácidos graxos da gordura subcutânea de acordo com cada tratamento experimental.

| Item ¹ | Substituição do FS pelo FST (%) ² | | | | Trat. FST+U | Valor-p ³ | | | EPM |
|------------------------------|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ⁴ | |
| C14:0 | 4,45 | 3,88 | 3,47 | 3,62 | 3,87 | 0,200 | 0,479 | 0,414 | 0,22 |
| C14:1 | 1,30 | 1,18 | 0,67 | 1,13 | 1,15 | 0,269 | 0,167 | 0,605 | 0,09 |
| C15:0 | 0,48 | 0,47 | 0,49 | 0,43 | 0,40 | 0,738 | 0,772 | 0,469 | 0,03 |
| C15:1 | 0,17 | 0,20 | 0,21 | 0,17 | 0,25 | 0,918 | 0,618 | 0,388 | 0,03 |
| C16:0 | 23,06 | 22,26 | 22,27 | 21,90 | 23,08 | 0,167 | 0,705 | 0,977 | 0,24 |
| C16:1 | 4,24 | 4,19 | 3,30 | 3,62 | 3,44 | 0,171 | 0,679 | 0,206 | 0,20 |
| C17:0 | 0,52 | 0,53 | 0,50 | 0,81 | 0,69 | 0,061 | 0,130 | 0,219 | 0,04 |
| C18:0 ⁵ | 17,27 | 18,18 | 23,59 | 21,00 | 17,18 | 0,002 | 0,124 | 0,955 | 0,48 |
| C18:1 <i>n-9</i> | 42,09 | 42,90 | 39,53 | 40,86 | 43,95 | 0,303 | 0,864 | 0,389 | 0,67 |
| C18:1 <i>n-7</i> | 0,93 | 0,73 | 0,86 | 0,80 | 0,60 | 0,621 | 0,588 | 0,069 | 0,05 |
| C18:1 <i>t-11</i> | 0,18 | 0,36 | 0,19 | 0,21 | 0,25 | 0,770 | 0,338 | 0,543 | 0,04 |
| C18:2 <i>n-6c</i> | 2,05 | 2,22 | 2,15 | 2,63 | 2,40 | 0,105 | 0,509 | 0,274 | 0,10 |
| C18:3 <i>n-3</i> | 0,28 | 0,29 | 0,22 | 0,31 | 0,31 | 0,884 | 0,115 | 0,466 | 0,01 |
| NI* | 2,86 | 2,50 | 2,47 | 2,43 | 2,35 | 0,572 | 0,760 | 0,486 | 0,23 |
| Saturados ⁶ | 45,69 | 45,42 | 50,42 | 48,23 | 45,26 | 0,053 | 0,512 | 0,822 | 0,57 |
| Monoinsaturados ⁷ | 49,42 | 50,08 | 44,45 | 46,18 | 49,67 | 0,023 | 0,714 | 0,898 | 0,58 |
| Poliinsaturados ⁸ | 2,27 | 2,39 | 2,45 | 3,06 | 2,70 | 0,040 | 0,343 | 0,218 | 0,10 |

¹ Saturados, Monoinsaturados e poliinsaturados = soma do teor dos ácidos identificados.

² FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

³ Contrastes linear (L), quadrático (Q).

⁴ Contraste: 0% de FST versus tratamento FST+U.

⁵ $Y_{C18:0} = 17,60 + 0,0491x$ ($r^2 = 0,25$).

⁶ $Y_{Saturados} = 45,66 + 0,037111x$ ($r^2 = 0,14$).

⁷ $Y_{Monoinsaturados} = 49,6987 - 0,0449x$ ($r^2 = 0,17$).

⁸ $Y_{Poliinsaturados} = 2,1826 + 0,00735x$ ($r^2 = 0,28$).

* NI: Não identificado.

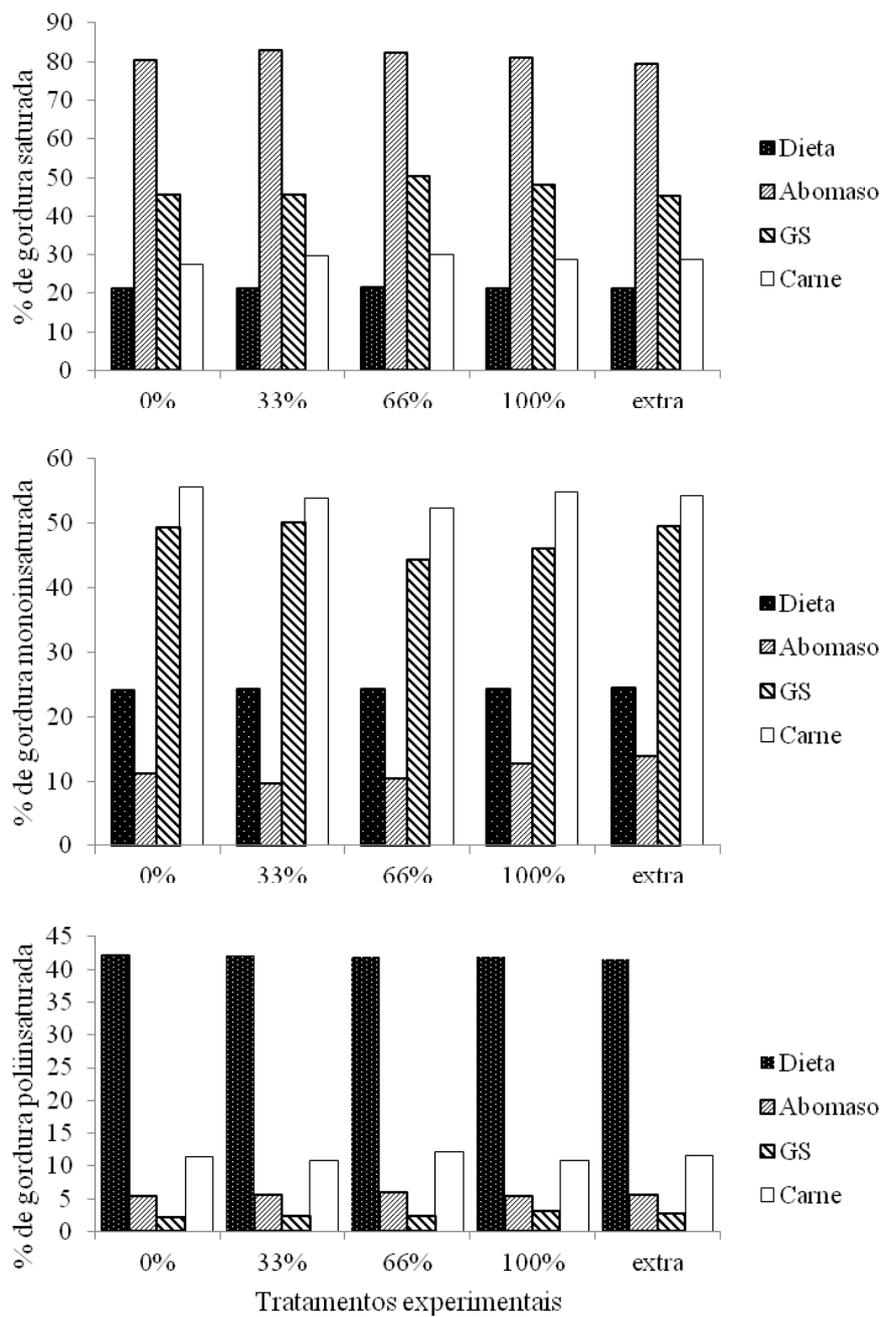


Figura 1 - Variação do perfil de ácidos graxos observados em cada local de coleta.

Coloração e oxidação da carne e tempo de armazenamento

Não houve interação ($P>0,05$) entre os tratamentos e o tempo de armazenamento de bifes de *Longissimus dorsi* (LD) para os parâmetros relativos à coloração. Portanto, cada variável foi analisada separadamente (Tabela 7).

Tabela 7 - Médias e EPM para avaliações instrumentais da coloração da carne e R630/580 da carne de acordo com os tratamentos experimentais e efeito do tempo de armazenamento em prateleira de supermercado.

| Item | Substituição do FS pelo FSTC (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | Valor-p | |
|-----------------------|---|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------------------|-----------------------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | Dia ⁴ | Dia x T. ⁵ |
| | | | | | | | | | | |
| L* ⁶ | 37,29 | 38,40 | 38,74 | 38,49 | 38,29 | 0,070 | 0,334 | 0,383 | 0,001 | 0,646 |
| b* ⁷ | 5,52 | 5,48 | 5,28 | 5,85 | 5,70 | 0,481 | 0,246 | 0,598 | 0,001 | 0,851 |
| R630/580 ⁸ | 1,63 | 1,61 | 1,52 | 1,59 | 1,55 | 0,245 | 0,336 | 0,216 | 0,001 | 0,627 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q).

³ Contraste: 0% de FST *versus* tratamento FST+U.

⁴ Dia: Efeito de tempo de armazenamento.

⁵ Dia x T.: Efeito da interação entre o tempo de armazenamento e os tratamentos experimentais.

⁶ Efeito quadrático ($P=0,0264$) para o tempo de armazenamento: $Y_{L^*} = 36,56 + 0,529x - 0,02x^2$ ($r^2=0,09$).

⁷ Efeito cúbico ($P<0,0001$) para o tempo de armazenamento: $Y_{b^*} = 4,30 + 0,97x - 0,145x^2 + 0,0059x^3$ ($r^2=0,39$).

⁸ Efeito quadrático ($P=0,0005$) para o tempo de armazenamento: $Y_{R630/580} = 1,79 - 0,009x - 0,0029x^2$ ($r^2=0,53$).

Não foi observada diferenças entre os tratamentos para CIE L* e b*, nem para R630/580 (Tabela 7, $P> 0,05$).

Quanto ao tempo de armazenamento, todas as variáveis apresentaram efeito significativo, sendo que a intensidade de brilho (L*) apresentou resposta quadrática com maior valor perto do nono dia de armazenamento (Figura 2). A intensidade de amarelo (b*) apresentou efeito cúbico ($P<0,05$) com aumento de 0 à 3 dias, seguido de uma ligeira diminuição nos dias seguintes (Figura 2).

A relação 630/580 (R630/580) apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), apresentando maior valor no dia 0 e menor valor no dia 12 após o abate (Figura 2).

Na Tabela 8 são apresentadas as médias da variável TBARS, assim como os seus efeitos. Não houve interação entre o tempo de armazenamento e o nível de inclusão do FST ($P > 0,05$).

Composição centesimal

Nenhuma diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$) foi observada para os constituintes da composição centesimal do músculo *Longissimus dorsi* (Tabela 9). Sendo que, em média o músculo apresentou 78,43% de água, 19,04% de proteínas, 1,41% de gorduras e 1,10% de cinzas em sua composição.

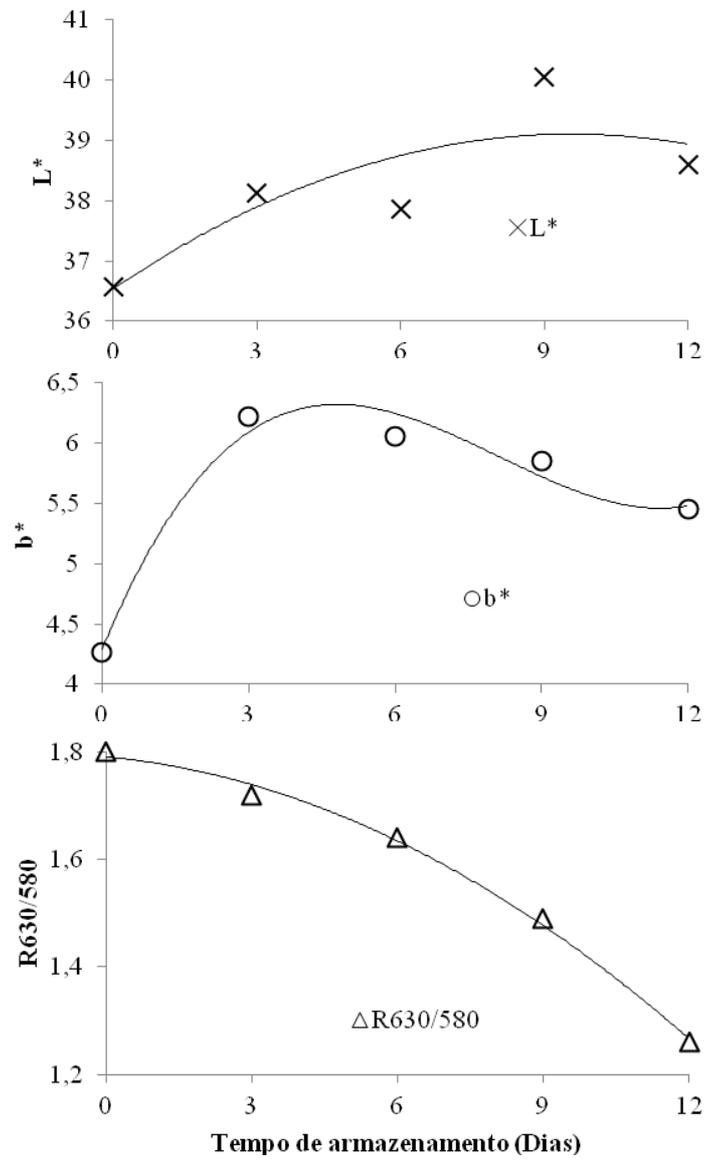


Figura 2 – Comportamento das medidas instrumentais de coloração (CIE L*,a* e b*) e da relação 630/580 (R630/580) de acordo com o tempo de armazenamento (vida de prateleira).

Tabelas 8 - Médias para TBARS de acordo com os tratamentos e com o tempo de armazenamento em prateleira de supermercado (dias).

| Item | Substituição do FS pelo FSTC (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p | | |
|--------------|---|------|------|------|-------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | T. ² | Dia ³ | T. x dia ⁴ |
| TBARS dia 0 | 0,48 | 0,55 | 0,36 | 0,51 | 0,62 | 0,379 | 0,001 | 0,066 |
| TBARS dia 12 | 1,75 | 0,89 | 2,05 | 1,29 | 1,79 | | | |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² T.: Efeito dos tratamentos experimentais.

³ Dia: efeito do tempo de armazenamento (0 dias ou 12 dias).

⁴ T. x dia.: Efeito da interação entre os tratamentos experimentais e o tempo de armazenamento (0 dias ou 12 dias).

Tabela 9 - Composição centesimal do músculo Longissimus dorsi, de acordo com os tratamentos experimentais

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|-------------|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| Água, % | 78,16 | 78,29 | 79,28 | 78,68 | 77,74 | 0,377 | 0,578 | 0,650 | 0,27 |
| Proteína, % | 19,22 | 19,12 | 18,50 | 18,92 | 19,44 | 0,556 | 0,667 | 0,803 | 0,25 |
| Gordura, % | 1,49 | 1,46 | 1,15 | 1,30 | 1,66 | 0,225 | 0,590 | 0,487 | 0,07 |
| Cinzas, % | 1,11 | 1,11 | 1,06 | 1,09 | 1,15 | 0,579 | 0,684 | 0,460 | 0,02 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q).

³ Contraste: 0% de FST versus tratamento FST+U.

Macies e perdas

Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) para força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, perdas por descongelamento, cozimento e totais na carne dos animais alimentados com dietas com diferentes níveis substituição do FS pelo FST e também para o contraste entre o tratamento sem inclusão do FST (trat. 0%) e o tratamento FST+U (Tabela 10).

Tabela 10 – Médias e erro-padrão da média para força de cisalhamento (FC), índice de fragmentação miofibrilar (IFM), perdas por descongelamento (PDESC), perdas por cocção (PCOC) e perdas totais (PTOTAIS) da carne dos animais acordo com os tratamentos experimentais

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|-----------|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| FC, kgf | 4,55 | 3,98 | 4,44 | 3,98 | 4,25 | 0,502 | 0,901 | 0,582 | 0,16 |
| IFM, % | 70,69 | 81,30 | 61,28 | 67,94 | 77,63 | 0,398 | 0,793 | 0,508 | 3,30 |
| PDESC, % | 5,78 | 4,90 | 6,49 | 6,85 | 6,20 | 0,212 | 0,469 | 0,730 | 0,37 |
| PCOC, % | 25,08 | 23,58 | 23,57 | 22,89 | 23,27 | 0,405 | 0,812 | 0,468 | 0,78 |
| PTOTAL, % | 30,87 | 28,48 | 30,04 | 29,75 | 29,48 | 0,868 | 0,670 | 0,683 | 1,07 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q).

³ Contraste: 0% de FST *versus* tratamento FST+U.

Na Tabela 11 encontram-se as médias dos tratamentos para as diferenças de peso (perdas) entre a carcaça quente e a carcaça fria, assim como o pH e temperatura inicial (momento do abate) e final (18 horas após abate) das carcaças. Não foi verificado nenhuma diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos para as características supracitadas.

Tabela 11 - Médias e erro-padrão da média para peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), quebra por resfriamento (QRES), Temperatura inicial e final da carcaça (Ti, Tf) e pH inicial e final (pHi, pHf) de acordo com os tratamentos experimentais.

| Item | Substituição do FS pelo FST (%) ¹ | | | | Trat. FST+U | Valor-p ² | | | EPM |
|---------|--|-------|-------|-------|-------------|----------------------|-------|-------------------------|------|
| | 0 | 33 | 66 | 100 | | L | Q | 0% x FST+U ³ | |
| PCQ, kg | 207,8 | 214,5 | 208,2 | 207,9 | 207,4 | 0,751 | 0,429 | 0,943 | 1,92 |
| PCF, kg | 203,2 | 209,6 | 203,2 | 202,9 | 202,5 | 0,710 | 0,445 | 0,910 | 1,89 |
| QRES, % | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,3 | 0,476 | 0,751 | 0,571 | 0,07 |
| Ti, °C | 38,1 | 38,2 | 37,0 | 38,0 | 38,0 | 0,341 | 0,392 | 0,607 | 0,10 |
| Tf, °C | 4,1 | 4,0 | 3,4 | 3,7 | 4,1 | 0,237 | 0,639 | 0,992 | 0,15 |
| pHi | 6,70 | 6,77 | 6,80 | 7,15 | 6,68 | 0,166 | 0,521 | 0,925 | 0,10 |
| pHf | 5,59 | 5,57 | 5,59 | 5,55 | 5,56 | 0,776 | 0,945 | 0,806 | 0,04 |

¹ FS: farelo de soja; FST: farelo de soja tratado com tanino.

² Contrastes linear (L), quadrático (Q).

³ Contraste: 0% de FST *versus* tratamento FST+U.

Discussão

Perfil de ácidos graxos na dieta, abomaso e na carne

Em estudos *in vitro*, a incubação de líquido ruminal com tanino condensado, reduziu a BH de ácido linoléico (Vasta et al., 2009b) e do ácido linolênico (Khiaosa-Ard et al., 2009). Este resultado foi atribuído por inibição da proliferação de microorganismos ruminais responsáveis pela BH e, aparentemente, não por interação direta de taninos com enzimas que atuam na biohidrogenação (Vasta et al., 2009b; Khiaosa-Ard et al., 2009).

Trabalhos de Vasta et al. (2009a) indicam que a última etapa da biohidrogenação é afetada pelo tanino condensado, em maior grau do que as reações anteriores. Sabe-se que a conversão de ácido linoléico (18:2 n-6c) até ácido vacênico

(18:1) é realizado por um grupo de bactérias (onde se incluem *Ruminococcus albus* e *Butyrivibrio sp.*), enquanto que a etapa seguinte da BH é realizada por outro grupo de bactérias (onde se incluem *Fusocillus sp.*, *Fusocillus babrahamensis* e bactérias Gram-negativas; Kemp e Lander, 1984). Portanto, é possível supor que os taninos afetam as bactérias do segundo grupo mais do que as bactérias do primeiro grupo.

Outro estudo (Or-Rashid et al., 2008) indicou que protozoários ruminais são capazes de converter em ácido linoléico em ácido rumênico (CLA *cis-9, trans-11*), mas não ácido rumênico em ácido vacênico (C18:0) (Or-Rashid et al., 2008). Portanto, embora ácido rumênico origina-se da ação de bactérias e protozoários, o ácido vacênico é sintetizado somente por bactérias. Isto sugere uma possível explicação do porque a primeira etapa da BH foi menos influenciada pela suplementação de tanino que as etapas subseqüentes.

Essas modificações na biohidrogenação podem causar modificações no perfil de ácidos graxos que chegam ao abomaso e, conseqüentemente alterar o perfil de ácidos graxos depositados no corpo do animal. Hipoteticamente a adição do farelo de soja tratado com tanino iria reduzir a taxa de biohidrogenação, aumentando a quantidade de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) no abomaso e, conseqüentemente, aumentando a quantidade desses ácidos graxos nos tecidos de reserva corporal animal. No entanto, apesar de ter sido observado aumento no teor de AGPI na gordura subcutânea, não foram verificadas alterações nos teores desses AG na digesta abomasal e no músculo (Tabela 4,5 e 6).

A falta de efeito e/ou de alteração no fluxo dos ácidos graxos na digesta abomasal pode ter sido causada por 2 motivos principais: (i) o curto espaço de contato

dos animais com a dieta experimental, já que as amostras da digesta abomasal foram coletadas em experimento com delineamento em quadrado latino, onde os animais mantiveram contato com cada tratamento apenas por 10 dias antes das coletas. Este curto espaço de contato do animal com a dieta experimental aparentemente influenciou sobre alguns parâmetros (Mezzomo, dados não publicados, Capítulo 2 e 3) e, portanto, pode ter influenciado a ação dos taninos sobre os microrganismos, diminuindo o efeito sobre os mesmos e, portanto não apresentando alterações no perfil de AG da digesta desses animais. Além disso, (ii) é comum observar erros nas estimativas do *pool* de MS do abomaso, causados pelas coletas abomasais, principalmente quando utiliza-se somente um indicador para tal estimativa (Rotta, 2012). Portanto, neste caso, não descarta-se a possibilidade de tais ausências de diferenças terem sido causadas por erros experimentais.

Essas possibilidades se evidenciam ainda mais quando é feito um paralelo do coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE) observado no experimento de metabolismo animal (aproximadamente 10 dias de contato com a dieta, Mezzomo, dados não publicados, Capítulo 2) e o experimento de desempenho animal (112 dias de contato com a dieta, Mezzomo, dados não publicados, Capítulo 3), quando se observou maior digestibilidade do EE com o maior nível de inclusão do FST no segundo caso, e nenhuma alteração no primeiro caso. Naturalmente AGPI são mais facilmente absorvidos no intestino do que ácidos graxos saturados (AGS), podendo-se portanto inferir que o maior CDEE para a dieta com alta quantidade de tanino (100% de substituição do FS pelo FST) e exclusivamente no experimento de desempenho animal

(Mezzomo, dados não publicados, Capítulo 3) tenho sido causada por uma maior quantidade de AGPI chegando no intestino para absorção.

Para a confirmação de tal hipótese, sugere-se que no futuro, sejam feitas novas pesquisas em torno do assunto, coletando-se a digesta abomasal dos mesmos animais imediatamente após o abate, sendo o abate sem jejum, podendo-se, neste sentido, analisar o perfil de ácidos graxos dos mesmos animais que coletar-se-á as amostras de músculo e gordura, evitando-se, dessa forma, as possíveis diferenças causadas pelos diferentes delineamentos experimentais.

No que tange o perfil de ácidos graxos do músculo esperava-se observar aumento na quantidade de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) com o aumento do nível de taninos na dieta, assim como aconteceu com o perfil dos AGPI na gordura subcutânea. No entanto, não foram observadas diferenças em tal parâmetro.

Bovinos da raça Nelore, apresentam, sob via de regra, baixa deposição de gordura intramuscular, sendo que, quando presentes, são observadas somente em animais em idade mais avançada, o que não é o caso deste experimento (animais abatidos com aproximadamente 13 meses de idade). Tal dificuldade na deposição de gordura de marmoreio ainda não estão bem elucidadas, mas parecem ser provenientes de características genéticas e/ou restrições de crescimento durante o período neonatal causadas provavelmente por questões nutricionais, limitando o aparecimento de células adipócitas nesse local. O fato é que, independente da causa, os animais deste experimento apresentaram reduzido teor de extrato etéreo no músculo (Tabela 9), o que caracteriza baixa quantidade de gordura de marmoreio. A quantidade de EE encontrada nos tecidos musculares representa, além da quantidade de gordura

depositada em células adipócitas entre as fibras musculares (gordura de marmoreio), os lipídeos de membrana, depositados na forma de fosfolipídios. Warren et al. (2008), avaliando a deposição de gordura no músculo *longíssimus dorsi* (LD) observou, em animais com aproximadamente 2,15% de EE no LD, 0,54% de fosfolipídios e em animais com aproximadamente 6,06% de EE no LD, 0,71% de fosfolipídios, indicando pequeno aumento na quantidade de fosfolipídios, sugerindo que o teor de fosfolipídios no músculo LD é praticamente constante e não depende diretamente da quantidade de gordura depositada no músculo.

Considerando no presente trabalho que boa parte do EE do LD era fosfolipídio e que, os ácidos graxos utilizados na formação destes, não sofrem interferência da dieta (Warren et al. 2008), pressupom-se que a falta de efeito sobre o teor de AGPI no músculo LD pode ter sido causado pela baixa deposição de ácidos graxos provenientes da dieta, sendo portanto não modulada pela quantidade de AG absorvidos.

Os ácidos graxos depositados na gordura subcutânea de bovinos apresentam correlação com os ácidos graxos absorvidos no intestino delgado, já que boa parte destes são diretamente depositados nas células adipócitas da gordura subcutânea (Manner et al., 1984). Sendo que, portanto, podemos supor que a adição de farelo de soja tratado com taninos, alterou o perfil de AG absorvidos no intestino e consequentemente alterou o perfil de AG depositados na GS aumentando a deposição de AGPI.

A alteração na quantidade de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) não apresentou comportamento similar ao esperado quando adiciona-se taninos em dietas similares a esta, sendo que esperava-se um aumento na deposição destes com a

inclusão de taninos, causados por inibição na biohidrogenação ruminal. No entanto, aconteceu diminuição do teor de AGMI com a inclusão do FST. Possivelmente esta alteração foi causada pela modificação da composição do ganho de carcaça com a inclusão de tanino (Mezzomo, dados não publicados, Capítulo 3), sendo que houve aumento na quantidade de músculo e diminuição na quantidade de gordura, de forma linear ao substituir-se o FS pelo FST. Além disso, houve também redução no CMS com a inclusão do tanino, mas não houve redução do consumo de EE.

Como observou-se diminuição na deposição quantitativa de gordura na carcaça com a substituição do FS convencional pelo FST (tratado com taninos), pode-se sugerir que a alteração na quantidade de gordura depositada alterou a concentração dos ácidos graxos, com uma maior deposição de ácidos graxos saturados.

Coloração e oxidação da carne e tempo de armazenamento

A cor da carne pode ser mensurada através de medidas instrumentais, obtidas por colorímetros, de acordo com o sistema CIE, sendo a cor da carne descrita por três variáveis: L* (luminosidade), a* (vermelhidão) e b* (intensidade de amarelo). No entanto, os autores preferiram utilizar os dados de R630/580 ao invés dos dados a*, pois as análises por espectrofotometria de reflexão direta é um método baseado na análise da resposta espectral de um produto para a radiação visível (400-700 nm), e se traduz na luz refletida pela superfície da amostra de carne. Assim, o espectro de refletância é uma excelente ferramenta para descrever a aparência da superfície da carne, uma vez que cada composto tem reflexão particular (Martín-Sánchez et al. 2010). Além disso, a medição da refletância está intimamente relacionada com a

percepção visual (Martín-Sánchez et al., 2010). Assim, é possível detectar as variações na carne durante o tempo de vida de prateleira.

Muitos trabalhos têm demonstrado alterações na luminosidade da carne quando se adicionou tanino à dieta ou quando se adicionou polietilenoglicol (PEG) e dietas que contem forragens naturalmente com altos teores de taninos (Priolo et al, 1998; 2000; 2002, 2005), onde se observaram aumento na luminosidade (L*) quando há presença de tanino.

Estes resultados foram observados mesmo quando o tanino estava presente em pequenas quantidades na dieta [12,4 g/kg MS para Priolo et. al. (1998) e 18 g/kg MS para Priolo et al. (2005)], como é o caso deste experimento (18g/kg de MS para o nível com maior inclusão de FST; tratamento 100% de substituição).

Os mecanismos de ação dos taninos sobre a cor da carne ainda não estão claros, mas parecem ter ligação com a concentração de hemoglobina no sangue, e consequentemente, mioglobina no músculo. Priolo et al. (2000), observou redução na concentração de hemoglobina em dietas com maior teor de taninos livre, sendo que a redução da hemoglobina e, provavelmente, de mioglobina pode explicar a cor mais clara do músculo em animais alimentados com dietas com tanino. A forma estrutural e química dos taninos possibilita altíssima afinidade dos taninos com o ferro (Archana et al. 2010). Esta capacidade de ligação com o ferro pode provocar alterações nas taxas de absorção do mesmo e, consequentemente, alteração na quantidade de hemoglobinas no sangue (Priolo et al. 2000).

Com o avançar da idade, o animal tem sua capacidade de oxigenação celular diminuída, necessitando assim, de maior quantidade de mioglobina no músculo, para

que o transporte de oxigênio seja efetivo (Lawrie, 2005). Portanto, como a quantidade de hemoglobinas e mioglobinas de animais jovens é menor, devido a sua maior eficiência em transportar oxigênio, presume-se que a faixa etária dos animais utilizados neste experimento (abatidos 13 meses de idade) levou a falta de diferenças, na coloração da carne dos animais do presente estudo, já que a “L*” apresentou apenas tendência de efeito linear ($P=0,070$) ao substituir-se o FS pelo FST. Provavelmente, se avaliado o mesmo parâmetro em situações semelhantes à deste experimento, no entanto, utilizando animais mais velhos a possibilidade de observarem-se diferenças seria maior, já que a possivelmente naturalmente ter-se-ia maiores concentrações de mioglobinas em animais mais velhos, possibilitando maior intensidade nas diferenças.

Variações na cor da carne devido ao tempo de armazenamento eram esperadas, uma vez que é sabido que existe desestabilização da cor da carne ao longo do tempo, em particular causada por variações na mioglobina, bem como pela oxidação lipídica.

A coloração da carne se dá principalmente devido à presença de pigmentos com ferro heme e as alterações na sua estrutura química e também por causa da existência de outros pigmentos tais como carotenóides (Fernández-López et al., 2000). O principal pigmento heme é mioglobina (Mb), que é encontrada em três estados: oximioglobina (OMB), com coloração vermelha, deoximioglobina (DMB), com coloração vermelho-púrpura, e metamioglobina (MetMb) com coloração amarronzada. Todos os três ocorrem juntos e estão numa espécie de equilíbrio, mas são facilmente convertidos de uma forma para outra, mudando a relação de cada um na carne, podendo modificar a aparência da mesma (Giddey, 1966).

A relação R630/580 é conhecida como índice de transformação dos pigmentos e permite estimar a proporção relativa de mioglobina e metamioglobina. Assim, quando o R630/580 é elevado indica mais vermelhidão e quando é menor está relacionado com a percepção visual da cor castanha na carne, o que não é bem visto pelo consumidor (Gallego-Restrepo et al. 2010). Portanto, a diminuição da R630/580 que ocorreu com a maior vida útil de prateleira é plausível, já que o aumento do tempo de exposição da carne ao oxigênio aumenta a quantidade de metamioglobina presente na mesma, o que intensifica o aspecto amarronzado na carne. Para evitar estas alterações nas cores, durante longos períodos de armazenamento, principalmente em gôndolas de supermercados, que possibilitam alta presença de luz, recomenda-se a utilização de embalagens a vácuo, as quais evitam o contato da superfície da carne com o oxigênio da atmosfera ambiental.

Composição centesimal

A deposição de gordura nos diferentes locais corporais parece seguir uma ordem cronológica fixa, sendo que inicialmente a maior taxa de deposição ocorre na gordura perirenal, seguida pela gordura intermuscular, pela gordura subcutânea e por último pela gordura intramuscular (Pethick et al, 2004). O tempo necessário para que ocorra deposição plena de cada depósito corporal é longo, sendo que, geralmente, o animal atinge altas taxas de deposição de gordura intramuscular somente quando já atingiu peso e tamanho a maturidade, pois, neste momento, maiores quantidade de nutrientes são direcionados para deposição de tecido adiposo (Pethick et al., 2004). Portanto, a idade em que os animais foram abatidos neste experimento (13 meses)

justificam os baixos teores de EE observados no músculo *Longissimus dorsi*, já que o peso a maturidade de animais da raça Nelore atinge-se aproximadamente com 428,5 kg de peso de corpo vazio (PCVZ, Marcondes et al. 2010), ou seja, 0,3 vezes maior do que o PCVZ ao abate dos animais deste experimento (329,44 kg), portanto, pressupõe-se que o peso a maturidade não foi atingido. Além disso, a composição centesimal observada neste experimento está de acordo com a composição observada por Duarte et al. (2011) para animais jovens (menos de 2 dentes incisivos permanentes).

Macies e perdas

Quando adicionados à dietas de ruminantes, em quantidades e situações específicas, os taninos provocam modificações na relação proteína degradável no rúmen (PDR) proteína não degradável no rúmen (PNDR), o que pode melhorar a utilização da proteína pelo animal (Mezzomo et al. 2011) e também pode alterar o perfil de ácidos graxos da carne (como observado neste experimento). Estas alterações não foram suficientes para modificar as características qualitativas avaliadas na carne (Tabela 9).

O valor médio observado para força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar e perdas por cocção e descongelamento estão similares às encontradas por Duarte et al. (2011) para animais jovens (menos de 2 dentes incisivos permanentes) e com padrão racial Nelore.

Conclusões

A substituição do farelo de soja tradicional por farelo de soja tratado com 2,5% de tanino (85% de tanino condensado e 15% de tanino hidrolisável) em dietas de bovinos, Nelore, super-precoces, alimentados com alto teor de concentrado implicam em modificações no perfil de ácidos graxos, principalmente da gordura subcutânea, apresentando perfil de ácidos graxos mais favoráveis à saúde humana, sem afetar as características de qualidade da carne.

Literatura Citada

- AMSA – **Guidelines for meat color evaluation**. American Meat Science Association. Chicago, IL. 1991.
- ARCHANA, A.B., JADHAV, M.V., KADAM, V.J., Potential of tannins: a review. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.9, p.209–214. 2010.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**. n.37, p.911-917, 1959.
- CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, p.1459-1465, 1995.
- CULLER, R. D.; PARRISH JUNIOR, F. C.; SMITH, G. C.; CROSS, H.R. et al. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine *longissimus* muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.
- DUARTE, M.S., PAULINO, P.V.R., FONSECA, M.A., DINIZ, L.L., CAVALI, J., SERÃO, N.V., GOMIDE, L.A., REIS, S.F., COX, R.B. Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nelore bulls. **Meat Science**. v.88, p.441-446. 2011.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., PÉREZ-ALVAREZ, J.A., SAYAS-BARBERÁ, E., ARANDA-CATALÁ, V. Characterization of the different states of myoglobin in pork using color parameters and reflectance ratios, **Journal of Muscle Foods**, v.11, p.157-167. 2000.

- GALLEGO-RESTREPO, J.A., PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A., OCHOA, O.A. Los espectros de reflexión como una herramienta auxiliar para la determinación del color en la carne y los productos cárnicos, **Alimentación, Equipos y Tecnología** v.250, p.36-40. 2010.
- GIDDEY, C. The change in meat pigments in sausage making processes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.17. p.14-17. 1966.
- GORNALL, A.G.; BARDAWILL, C.J.; DAVID, M.M. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. **The Journal of Biological Chemistry**, v.177, n.1, p.751-766, 1949.
- GRAY, J.I. Measurement of lipid oxidation: A review. **Journal of The American Oil Chemists Society**, v.55, p.539-585, 1978.
- HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. **Rapid preparation of fatty acids methyl esters**. London: Laboratory Practice, v.22, p.475-476, 1986.
- KEMP, P., LANDER, D. J. Hydrogenation in vitro of alpha-linolenic acid to stearic acid by mixed cultures of pure strains of rumen bacteria. **Journal of General Microbiology** v.130, p.527-533. 1984.
- KHIAOSA-ARD, R.; BRYNER, S. F.; SCHEEDER, M. R. L.; WETTSTEIN, H.-R.; LEIBER, F.; KREUZER, M.; SOLIVA, C. R. Evidence for the inhibition of the terminal step of ruminal α -linolenic biohydrogenation by condensed tannins. **Journal of Dairy Science**. v.92. p.177-188, 2009.
- LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6. ed. São Paulo: Artmed. 2005. 384 p.
- LEÃO, M.I.; COELHO DA SILVA, J.F. Técnicas de fistulação de abomaso em bezerros: In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 17., 1980. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.37, 1980.
- MADUKO, C.O.; PARK, Y.W.; AKOH, C.C. Characterization and oxidative stability of structured lipids: infant milk fat analog. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.85, p.197-204, 2008.
- MANNER, W., MAXWELL, R.J., WILLIAMS, J.E. Effects of Dietary Regimen and Tissue Site on Bovine Fatty Acid Profiles. **Journal of Animal Science**, v.59, p.109-121. 1984.
- MARCONDES, M.I., CHIZZOTTI, M.L., VALADARES FILHO, S.C, GIONBELLI, M.P, PAULINO, P.V.R., PAULINO, M.F. Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.

- CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de Zebuínos puros e cruzados – BR-Corte**. p.85-112. 2010.
- MARTÍN-SÁNCHEZ, A.M., SÁNCHEZ-ZAPATA, E., VIUDA-MARTOS, M., SENDRA, E., SAYAS-BARBERÁ, E., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A., CHAVES-LÓPEZ, C. Influence of sorbate addition on the reflectance ratios R650/R570, R560/R500 and R630/R580 in dry-cured meat products. **Óptica pura y aplicada**. v.43, p.185-191. 2010.
- MEZZOMO, R., PAULINO, P.V.R., DETMANN, E., VALADARES FILHO, S.C., PAULINO, M.F., MONNERAT, J.P.I.S., DUARTE, M.S., SILVA, L.H.P., MOURA, L.S. Influence of condensed tannin on intake, digestibility and efficiency of protein utilization in beef steers fed high concentrate diet. **Livestock Science**. v. 141 p.1-11. 2011.
- OR-RASHID, M. M., O. AL ZAHAL, MCBRIDE. B. W. Studies on the production of conjugated linoleic acid from linoleic and vaccenic acids by mixed rumen protozoa. **Applied Microbiology and Biotechnology**. v.81, p.533–541. 2008.
- PETHICK, D.W. HARPER, G.S., ODDY, V.H. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle: A review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.705-715, 2004.
- POKORNY, J.; VALENTOVA, H.; DAVIDEK, J. Modified determination of 2-thiobarbituric acid value in fats and oils. **Die Nahrung**, v.29, p.31-39, 1985.
- PRIOLO A., WAGHORN, G.C., LANZA, M., BIONDI, L., PENNISI, P. Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: effects on lamb growth performance and meat quality. **Journal of Animal Science**, v.78, p.810-816. 2000.
- PRIOLO, A., BELLA, M., LANZA, M., GALOFARO, V., BIONDI, L., BARBAGALLO, D., BEN SALEM, H., PENNISI, P. Carcass and meat quality of lambs fed fresh sulla (*Hedysarum coronarium* L.) with or without polyethylene glycol or concentrate. **Small Ruminant Research**, v.59, p.281-288. 2005.
- PRIOLO, A., LANZA, M., BELLA, M., PENNISI, P., FASONE, V., BIONDI, L. Reducing the impact of condensed tannins in a diet based on carob pulp using two levels of polyethylene glycol: lamb growth, digestion and meat quality. **Animal Research**, v.51, p.305-313. 2002.
- PRIOLO, A., LANZA, M., BIONDI, L., PAPPALARDO, P., YOUNG, O.A. Effect of partially replacing dietary barley with 20% Carob pulp on post-weaning growth,

- and carcass and meat characteristics of Comisana lambs. **Meat Science**, v.50, p.355-363. 1998.
- RODRÍGUEZ-ALCALÁ, L.M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, M.C.; CACHÓN, F.; MARMESAT, S.; ALONSO, L.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; FONTECHA, J. Changes in the lipid composition powdered infant formulas during long-term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, p.6533-6538, 2007.
- ROMEU-NADAL, M.; CHÁVES-SÉRVIN, J.L.; CASTELLOTE, A. I; RIVERO, M.; LÓPEZ-SABATERA, M.C. Oxidation stability of the lipid fraction in Milk powder formulas. **Food Chemistry**, v.100, p.756-763, 2007.
- ROSMINI, M.R., PERLO, F., PÉREZ-ALVAREZ, J.A., PAGÁN-MORENO, M.J., GAGO-GAGO, A., LÓPEZ-SANTOVEÑA, F., ARANDA-CATALÁ, V. TBA test by an extractive method applied to paté. **Meat Science**, v.42, p.103-110. 1996.
- ROTTA, P.P. **Desempenho produtivo, exigências nutricionais e avaliação de métodos para estimação de fluxo de digesta em bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2012. 144p.
- VASTA, V.; MAKKAR, H. P. S.; MELE, M.; PRIOLO, A. Ruminal biohydrogenation as affected by tannins in vitro. **British Journal of Nutrition**. v.102 p.82-92. 2009a.
- VASTA, V.; MELE, M.; SERRA, A.; SCERRA, M.; LUCIANO, G.; LANZA, M.; PRIOLO, A. Metabolic fate of fatty acids involved in ruminal biohydrogenation in sheep fed concentrate or herbage with or without tannins. **Journal of Animal Science**. v.87, p.2674–2684, 2009b.
- VELASCO, J.; MARMESAT, S.; HOLGADO, F.; MARQUEZ-RUIZ, G.; DOBARGANES, C. Influence of two lipid extraction procedures on the peroxide value in powdered infant formulas. **European Food Research and Technology**, v.226, p.1159-1166, 2008.
- WARREN, H.E., SCOLLAN, N.D., ENSER M., HUGHES, S.I., RICHARDSON R.I., WOOD J.D. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition **Meat Science**. v.78, p.256–269. 2008.
- WOOD, J.D.; RICHARDSON, 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**, v.66, p.21-32, 2003.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de taninos na alimentação de ruminantes trás modificações na composição do ganho de carcaça do animal, aumentando a quantidade de músculo e diminuindo a quantidade de gordura, sem alterar o ganho de carcaça do animal. Tal modificação é causada pelo aumento na quantidade de PNDR e conseqüentemente aumento na quantidade de proteína metabolizável utilizada pelo animal. Além disso, a inclusão do tanino reduziu o consumo dos animais, o que conseqüentemente (em conjunto com a não alteração no GMD) melhorou a conversão alimentar dos mesmos.

Baseando-se nos resultados obtido recomenda-se substituir 60% do FS pelo FST para melhorar a eficiência de conversão alimentar, já que neste nível foram encontrados os mais baixos valores de CA.

Recomenda-se também a substituição total do FS (7,5% da MS) por 2,5% da MS de FST, pois este apresentou os mesmos resultados produtivos, no entanto com redução de 200% a quantidade de farelo de soja da dieta, o que pode melhorar os custos de produção.