

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**  
**CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MELAÇO DE SOJA NA TERMINAÇÃO E METABOLISMO DE**  
**OVINOS EM CONFINAMENTO**

**Sérgio Antonio Garcia Pereira Junior**

Zootecnista

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**  
**CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MELAÇO DE SOJA NA TERMINAÇÃO E METABOLISMO DE**  
**OVINOS EM CONFINAMENTO**

**Sérgio Antonio Garcia Pereira Junior**

**Orientadora: Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel**

**Coorientador: Prof. Dr. Eric Haydt Castello Branco van Cleef**

**Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.**

P436m           Pereira Junior, Sérgio Antonio Garcia  
                  Melaço de soja na terminação e metabolismo de ovinos  
                  em confinamento / Sérgio Antonio Garcia Pereira Junior.  
                  -- Jaboticabal, 2019  
                  74 p.

                  Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista  
                  (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias,  
                  Jaboticabal  
                  Orientadora: Jane Maria Bertocco Ezequiel  
                  Coorientador: Eric Haydt Castello Branco van Cleef

                  1. carne qualidade. 2. subproduto. 3. cordeiro. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MELAÇO DE SOJA NA TERMINAÇÃO E METABOLISMO DE OVINOS EM CONFINAMENTO

**AUTOR: SÉRGIO ANTONIO GARCIA PEREIRA JUNIOR**

**ORIENTADORA: JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL**

**COORDENADOR: ERIC HAYDT CASTELLO BRANCO VAN CLEEF**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

  
Profa. Dra. JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

  
Prof. Dr. GIOVANI FIORENTINI (Videoconferência)  
Departamento de Zootecnia/Universidade Federal de Pelotas / Pelotas/RS

  
Profa. Dra. LAURA FRANCO PRADOS  
APTA / Colina/SP

Jaboticabal, 22 de março de 2019

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**SÉRGIO ANTONIO GARCIA PEREIRA JUNIOR** – Nascido em Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, no dia 24 de outubro de 1993, filho de Sérgio Antônio Garcia Pereira e Maria Elaine da Costa Pereira. No ano de 2012 ingressou o curso de Zootecnia na Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT concluindo em outubro de 2016. Em março de 2017 ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia na área de nutrição e alimentação de ruminantes pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – Campus de Jaboticabal, sob orientação da Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel.

## **MENSAGEM**

A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.

*Arthur Schopenhauer*

A experiência nunca falha, apenas as nossas opiniões falham, ao esperar da experiência aquilo que ela não é capaz de oferecer.

*Leonardo da Vinci*

Dedico

Aos meus pais *Sérgio Antônio Garcia Pereira*

e *Maria Elaine Costa Pereira,*

à minha irmã *Maria Eduarda Costa Pereira*

e a toda minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Deus e Pai celeste que nunca me desamparou e me fez capaz de mais uma vez concluir uma etapa da minha formação.

Aos meus pais Sérgio Antônio Garcia Pereira e Maria Elaine da Costa Pereira por absolutamente tudo, nunca houve falta de apoio e incentivo na minha caminhada. À minha irmã Maria Eduarda Costa Pereira que sempre que pode me auxiliava com correções gramaticais dos meus trabalhos.

À toda minha família em Cuiabá, que entenderam o propósito e a importância desta formação tão distante.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Aos meus professores e orientadores Jane Maria Bertocco Ezequiel e Eric Haydt Castello Branco van Cleef pela orientação, confiança e créditos confiados a mim nesse período.

Ao professor Euclides Braga Malheiros por todo suporte e ajuda nos momentos de insegurança quanto ao delineamento experimental e análises estatísticas. À professora e orientadora de graduação Rosemary Laís Galati pela enorme consideração e amizade, despendendo parte do seu tempo de férias para me ajudar com análise de cromatografia gasosa.

Aos professores Giovani Fiorentini e Otávio Machado Neto e Dra. Laura Prados que contribuíram com este trabalho em forma de discussão de dados no exame de qualificação e defesa de dissertação.

Aos amigos-irmãos janinos: Edivilson Castro Filho (Vivizinho), Marco Túlio Almeida (Kpão), Rayanne Costa, Robson Barducci e Maria Carolina Gonçalves pelos bons exemplos de bons profissionais que são e inúmeras trocas de experiências, com toda certeza foram essenciais para que a rotina intensa se

tornasse mais leve e prazerosa. Aos estagiários Andresa Feliciano, João Pedro Bertoco e Júlia Rodrigues que ajudaram a conduzir o experimento a campo e nas análises laboratoriais, sempre com muita dedicação e interesse em aprender. Ao Carlinhos Conte, funcionário do setor que em diversas situações trazia uma solução em meio às dificuldades.

À Kênia Larissa Alves, que esteve comigo desde sempre, pelos conselhos e experiências que fizeram a diferença, me impulsionando a sempre caminhar em busca dos meus objetivos. À Juliana Torrecilhas pela amizade e incontáveis momentos de ajuda, desde o abate até as análises de carne. À Erika Nayara que também muito me ajudou nos momentos de dúvidas de interpretação dos dados e análises químicas da carne.

Aos amigos unespianos: Julie Anne, Erick Escobar, Verônica Mota (Browzinha), Franciele Morlin, Ronyatta Teobaldo e Maurício Rosa pela amizade e pelos importantes momentos de descontração.

Aos amigos e irmãos em Cristo que tive a honra de conhecer e caminhar neste curto período de tempo: Rodrigo Chioda, Caíque Ferreira, Ari Neto, Marina Chioda, Danielle Bonfim, Flávia Campos e Paloma Nóbrega, os momentos de comunhão e as preciosas conversas fizeram e ainda fazem toda a diferença na minha vida.

Ao meu amigo e pastor Ariel Meni, que esteve ao meu lado todas as vezes que precisei de oração e um ombro amigo, sou imensamente grato.

A todos que são meus amigos, que torceram por mim e mesmo que de forma indireta contribuíram para esta conquista, sou fortemente grato, vocês proporcionaram inestimáveis lembranças e conhecimentos.

## SUMÁRIO

	Página
CERTIFICADO DO COMITÊ DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	vi
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1 Introdução .....	1
1.2 Importância da soja na alimentação animal .....	2
1.3 Melaço de soja .....	4
1.4 Melaço de soja na alimentação animal .....	5
1.5 Efeito dos açúcares sobre o padrão fermentativo ruminal e qualidade da carne.....	6
2. REFERÊNCIAS .....	8
CAPÍTULO 2 – EFEITO DE ELEVADAS CONCENTRAÇÕES DE MELAÇO DE SOJA SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE DE CORDEIROS CONFINADOS .....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
2.1 Animais, dietas e delineamento experimental .....	17
2.2 Consumo e desempenho .....	18
2.3 Análises bromatológicas .....	18
2.4 Abate, características de carcaça e amostragem da carne.....	19
2.5 Cor e PH da carne.....	20
2.6 Capacidade de retenção de água, perda por cocção e força de cisalhamento.....	20
2.7 Análises químicas e perfil de ácidos graxos.....	21
2.8 Análises estatísticas.....	22
3. RESULTADOS .....	23
3.1 Consumo, desempenho e características da carcaça.....	23
3.2 Qualidade de carne .....	23
3.3 Perfil de ácidos graxos .....	24
4. DISCUSSÃO.....	25
4.1 Consumo alimentar, desempenho e características de carcaça .....	25
4.2 Qualidade de carne .....	26

4.3	Perfil de ácidos graxos .....	28
5.	CONCLUSÃO .....	29
6.	REFERÊNCIAS .....	30
CAPÍTULO 3 - SUBSTITUIÇÃO PARCIAL OU TOTAL DO MILHO PELO MELAÇO DE SOJA NO METABOLISMO RUMINAL DE OVINOS CONFINADOS.....		48
1.	INTRODUÇÃO.....	49
2.	MATERIAL E MÉTODOS .....	50
2.1	Animais, dietas e design experimental .....	50
2.2	Consumo, PH ruminal, nitrogênio amoniacal e ácidos graxos de cadeia curta.....	51
2.3	Produção de gás e digestibilidade <i>in vitro</i> .....	52
2.4	Degradabilidade ruminal <i>in situ</i> .....	53
2.5	Análises bromatológicas .....	54
2.6	Análise estatística .....	55
3.	RESULTADOS .....	56
3.1	Consumo, digestibilidade <i>in vitro</i> e produção de gás .....	56
3.2	PH, nitrogênio amoniacal e perfil de agcc ruminais .....	56
3.3	Degradabilidade ruminal <i>in situ</i> .....	57
4.	DISCUSSÃO.....	57
5.	CONCLUSÃO .....	60
6.	REFERÊNCIAS .....	60
CAPÍTULO 4 .....		74
1.	IMPLICAÇÕES.....	74

## CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

### CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "**Melaço de soja na dieta de cordeiros confinados: comportamento ingestivo, desempenho e parâmetros ruminais**", protocolo nº 006772/17, sob a responsabilidade do Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jane Maria Bertocco Ezequiel, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 01 de junho de 2017.

Vigência do Projeto	20/06/2017 a 20/04/2019
Espécie / Linhagem	<i>Ovis aries</i>
Nº de animais	40
Peso / Idade	18 Kg / 4 Meses
Sexo	Machos
Origem	Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos

Jaboticabal, 01 de junho de 2017.

  
**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lizandra Amoroso**  
Coordenadora – CEUA

## MELAÇO DE SOJA NA TERMINAÇÃO E METABOLISMO DE OVINOS EM CONFINAMENTO

**RESUMO** – O objetivo neste estudo foi avaliar a substituição parcial ou total do milho triturado por melaço de soja sobre desempenho, características de carcaça e qualidade de carne em cordeiros cruzados, assim como parâmetros ruminais, degradabilidade *in situ*, produção de gás e digestibilidade *in vitro* de carneiros cruzados. Os tratamentos consistiram em crescentes inclusões de melaço de soja na base seca da dieta (CON – 0 g/kg de melaço de soja na base seca; M150 – 150 g/kg de melaço de soja na base seca e M300 – 300 g/kg de melaço de soja na base seca). No M300 a substituição do milho triturado foi total. A dieta era composta por 400 g/kg na base seca de silagem de milho e 600 g/kg na base seca de concentrado. Para o ensaio de desempenho, foram utilizados 30 cordeiros cruzados Santa Inês x Dorper ( $16,8 \pm 2,2$  kg, três meses de idade) distribuídos em delineamento de blocos casualizados de acordo com peso corporal inicial. Durante os 70 dias de confinamento foram avaliados os consumos de MS e de nutrientes, bem como o GMD, EA além dos parâmetros de carcaça e qualidade de carne. A inclusão do melaço de soja na dieta dos cordeiros evidenciou efeito quadrático, com maiores valores médios para o M150, no CMS ( $P < 0,01$ ), CMO ( $P = 0,02$ ), CFDN ( $P = 0,01$ ), CPB ( $P < 0,01$ ) e CEE ( $P < 0,01$ ). Enquanto sobre a EA houve redução linear ( $P < 0,01$ ). A adição do subproduto melhorou a qualidade da carne dos cordeiros, reduzindo linearmente a força de cisalhamento ( $P = 0,02$ ) e aumentando a gordura intramuscular ( $P < 0,01$ ) do músculo *Longissimus thoracis*. Consequentemente, o perfil de ácidos graxos na carne teve o mesmo comportamento da gordura intramuscular, à medida que aumentou a inclusão do melaço de soja na dieta, os ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados totais foram aumentados linearmente ( $P < 0,01$ ;  $P < 0,01$  e  $P = 0,05$ , respectivamente). No ensaio de metabolismo, foram utilizados nove carneiros dotados de cânulas permanentes no rúmen, distribuídos em quadrado latino  $3 \times 3$  triplo para avaliação dos parâmetros ruminais de pH, AGCC, N-amoniaco, degradabilidade *in situ*, produção de gás e digestibilidade *in vitro*. A inclusão do melaço de soja aumentou a digestibilidade *in vitro* da MS (Linear,  $P < 0,01$ ) e a sua inclusão em 150 g/kg na base seca otimizou a digestibilidade *in vitro* da fibra (Quadrático,  $P < 0,01$ ). O pH aumentou linearmente ( $P = 0,02$ ) assim como a proporção de ácido butírico ( $P = 0,05$ ), enquanto a amônia ruminal diminuiu linearmente ( $P < 0,01$ ). Sobre os parâmetros de degradabilidade, a inclusão crescente do melaço de soja aumentou de forma linear as frações “a + b” da MS e PB ( $P < 0,01$  e  $P < 0,01$ , respectivamente), a taxa de degradação da PB (Quadrático,  $P < 0,01$ ) e DE5% da FDN (Quadrático,  $P < 0,01$ ). A inclusão do melaço de soja em até 300 g/kg na base seca da dieta embora tenha reduzido a eficiência alimentar dos cordeiros melhorou a qualidade da carne destes animais, proporcionando uma carne mais macia e com maior conteúdo de gordura intramuscular. Já sobre os parâmetros

ruminais a inclusão do subproduto não afetou negativamente o metabolismo dos ovinos e, evidenciou melhoras no pH e digestibilidade *in vitro*, demonstrando ser um alimento energético alternativo na alimentação de ovinos.

**Palavras-chave:** açúcar, metabolismo, qualidade de carne, subproduto.

## SOYBEAN MOLASSES IN FINISHING AND METABOLISM OF SHEEP FEEDLOT

**ABSTRACT** - The objective with this study was to evaluate the partial or total replacement of corn meal by soybean molasses on performance, carcass characteristics and meat quality in crossbred lambs, as well as ruminal parameters, *in situ* degradability, gas production and *in vitro* digestibility sheep crossbred. The treatments consisted of increasing inclusions of soybean molasses on the dry basis of the diet (CON - 0 g/kg of soybean molasses on the dry basis, M150 - 150 g/kg of soybean molasses on dry basis and M300 - 300 g/kg of soybean molasses on dry basis). In the M300 the replacement of corn meal was total. The diet was composed of 400 g/kg in dry base of corn silage and 600 g/kg in dry base of concentrate. For the performance essay, 30 Santa Inês × Dorper crossbred lambs ( $16.8 \pm 2.2$  kg, three months of age) were distributed in a randomized complete block design according to initial body weight. During the 70 days of feedlot, the DM and nutrient intakes were evaluated, as well as ADG, G:F in addition to the carcass and meat quality parameters. The inclusion of soybean molasses in the diet of the lambs showed a quadratic effect, with higher mean values for M150, DMI ( $P < 0.01$ ), OMI ( $P = 0.02$ ), NDFI ( $P = 0.01$ ), CPI ( $P < 0.01$ ) and EEI ( $P < 0.01$ ). While on the G:F there was linear reduction ( $P < 0.01$ ). The addition of the byproduct improved the lamb meat quality by linearly reducing shear force ( $P = 0.02$ ) and increasing the intramuscular fat ( $P < 0.01$ ) of the *Longissimus thoracis* muscle. Consequently, the fatty acid profile in the meat had the same behavior as the intramuscular fat, as the inclusion of soybean molasses in the diet increased, saturated, monounsaturated and total polyunsaturated fatty acids were linearly increased ( $P < 0.01$ ;  $P < 0.01$  and  $P = 0.05$ , respectively). In the metabolism essay, nine sheep with permanent cannulae in the rumen were used, distributed in 3 x 3 triple Latin square to evaluate ruminal parameters of pH, VFA, N-amoniacal, *in situ* degradability, gas production and *in vitro* digestibility. The inclusion of soybean molasses increased the *in vitro* digestibility of DM (Linear,  $P < 0.01$ ) and its inclusion in 150 g/kg in dry base optimized the fiber *in vitro* digestibility (Quadratic,  $P < 0.01$ ). The pH increased linearly ( $P = 0.02$ ) as well as the proportion of butyric acid ( $P = 0.05$ ), while ruminal ammonia decreased linearly ( $P < 0.01$ ). On the degradability parameters, the increasing inclusion of soybean molasses linearly increased the "a + b" fractions of DM and CP ( $P < 0.01$  and  $P < 0.01$ , respectively), the degradation rate of CP (Quadratic,  $P < 0.01$ ) and ED5% of the NDF (Quadratic,  $P < 0.01$ ). The inclusion of soybean molasses up to 300 g/kg on dry basis of the diet, although reducing the feed efficiency of lambs, improved the meat quality of these animals, providing a tenderness meat with a higher intramuscular fat content. On the ruminal parameters, the inclusion of the byproduct did not negatively affect the metabolism of the sheep and,

evidenced improvements in pH and *in vitro* digestibility, proving to be an alternative energetic food in the feeding of sheep.

**Keyword:** Byproduct; meat quality; metabolism; sugar

## CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1.1 Introdução

Com aproximadamente 17,9 milhões de cabeças em todo o país no ano de 2017 (Pesquisa de Pecuária Municipal, IBGE), a ovinocultura tem apresentado cenário estável quanto à sua produção nacional (Figura 1). Entretanto, ainda há grande potencial a ser explorado na cadeia da ovinocultura, uma vez que a produção brasileira não tem sido suficiente para abastecer o mercado interno (Viana, et al., 2015). Somente entre janeiro e setembro de 2017 a importação de carne ovina foi de aproximadamente 5,5 mil toneladas sendo, deste total, 3,5 mil toneladas atendidas somente pelo Uruguai (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2017). Por estar próximo geograficamente do Brasil, o Uruguai conquistou, na última década, o mercado brasileiro de carne ovina, ofertando carne de alta qualidade (Viana et al., 2015), abastecendo um nicho de mercado exigente que tem surgido nos grandes centros urbanos com o conceito “gourmet”.

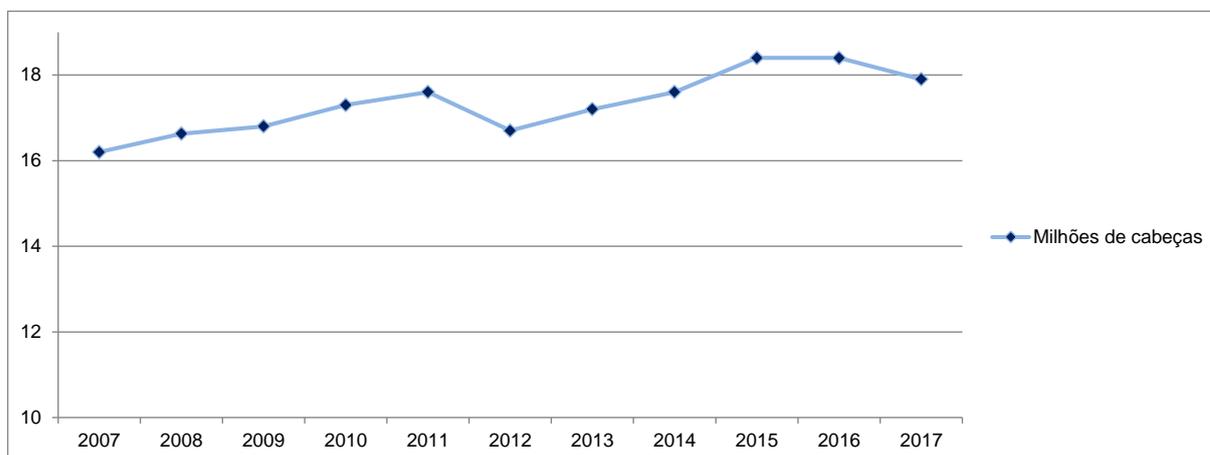


Figura 1. Rebanho efetivo total de ovinos no Brasil na última década (2007 -2017)  
Fonte: Adaptado do IBGE.

Neste cenário, no qual os consumidores estão cada vez mais exigentes por qualidade, a necessidade de o setor produtivo ofertar carne de animais mais jovens,

e criados com menor impacto ambiental, exige que os produtores adotem ferramentas de intensificação da produção, como o confinamento.

Na ovinocultura, o confinamento oferece numerosas vantagens como: menor mortalidade dos animais, melhor controle de dietas (Ribeiro et al., 2011), redução na idade de abate (agregando carne de melhor qualidade), maior giro de capital e elevada produção de adubo orgânico (Lopes e Magalhães, 2005). Entretanto, o confinamento é o mais oneroso dos sistemas de produção, reduzindo a margem de lucro do pecuarista.

Durante o processamento da matéria prima da agroindústria muitos subprodutos, coprodutos e resíduos são gerados, os quais muitos são altamente atrativos para a nutrição animal, pois podem ser uma alternativa na redução dos custos com a alimentação animal, 60 e 70% do total (Martins et al., 2000). Deste modo, há uma suavização na competição por grãos utilizados na alimentação humana (Alves et al., 2007) e concebe destinos para o que seria descartado no meio ambiente.

## **1.2 Importância da soja na alimentação animal**

Por ser fonte primária de proteína e óleo vegetal, a soja (*Glycine max*) é a leguminosa de grãos cultivada mais valiosa no mundo (Lu et al., 2008). O seu fornecimento de potenciais subprodutos e coprodutos ao longo de todo o processamento é vasto (Figura 2). Da decorticagem dos grãos, se origina a casca de soja, que por sua vez possui alto valor nutricional com alta digestibilidade (Zambom et al., 2001). Este alimento energético é muito utilizado para manter ideal o teor de fibra dietética em ruminantes (Cunningham et al., 1993).

A extração do óleo contido no grão origina o óleo de soja que é muito utilizado para aumentar a densidade energética das dietas (Fiorentini et al., 2018). Deste mesmo processamento é produzido o farelo de soja, que por sua vez é a fonte proteica padrão nas dietas dos animais, com teores de proteína bruta variando conforme a participação da casca de soja. Este alimento é de alta aceitabilidade e em muitas vezes é a única fonte proteica que compõe a dieta (Thiago e Silva, 2003).

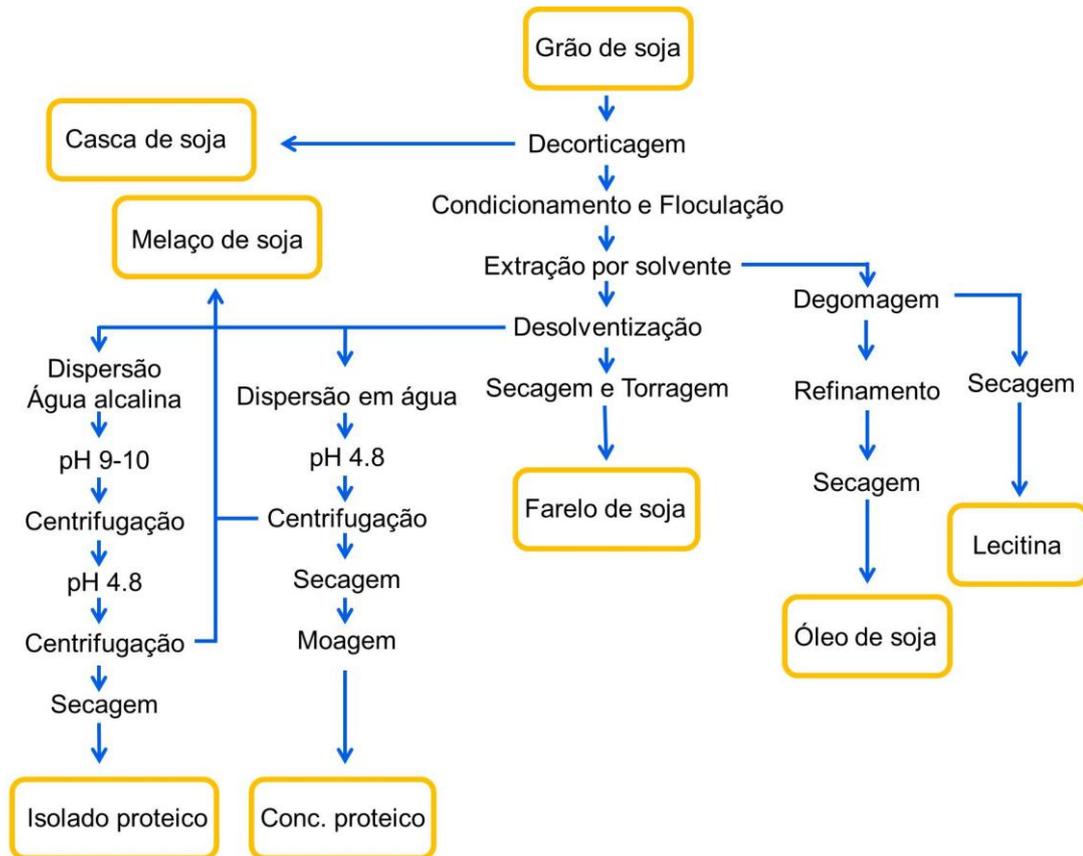


Figura 2. Processamento da soja para obtenção do subproduto Fonte: Adaptado de Loman e Ju, 2016.

Outros subprodutos participam da nutrição animal em menores proporções ou de forma menos expressiva, como exemplo a lecitina, que participa da dieta de frangos e suínos a fim de melhorar a emulsificação das gorduras, permitindo seu maior aproveitamento (Overland et al., 1993). Enquanto, o concentrado e isolado proteico de soja é incluído em dietas de frango de corte e suínos (Junqueira et al., 2004; Scottá et al., 2013).

Todavia, há subprodutos da soja com alta potencialidade que ainda não foram explorados adequadamente na nutrição animal, como é o caso do melaço de soja. O seu baixo custo de aquisição aliado ao grande potencial de substituir ingredientes energéticos convencionais, como milho e sorgo, tem despertado bastante interesse de produtores e pesquisadores, fazendo deste uma grande aposta do setor pecuário.

### 1.3 Melaço de soja

O melaço de soja é um subproduto da indústria processadora de soja, que se assemelha a um xarope castanho viscoso de sabor agridoce (Chajuss, 2004). Por ser um subproduto, o melaço de soja tende a apresentar composição variável, é geralmente composto por, 6 a 10% de proteínas, 10 a 20% de lipídeos, 6 a 10% de minerais, 0,1% de fibras e 40 a 60% de carboidratos, sendo estes compostos por 4% de glicose, 4% de frutose, 11,5% de rafinose, 38,5% de sacarose e 42% de estaquiose (Kinney et al., 2003; Fernandes e Miguel, 2011).

O processo de obtenção consiste na extração dos carboidratos contidos no farelo de soja desengordurado (Figura 2), por meio de dissoluções em água e álcool, separados em duas misturas: uma mais sólida rica em proteínas e outra mistura líquida onde se concentram os açúcares. Já a água e o álcool são recuperados por evaporação e destilação, respectivamente, dando origem ao melaço de soja (Chajuss et al., 2004; Silva et al., 2012).

Embora não haja dados sobre sua produção anual, o seu rendimento é de 20% da produção total do concentrado proteico de soja. Ou seja, a cada tonelada de farelo de soja desengordurado aproximadamente 200 kg de melaço de soja são produzidos (Siqueira et al., 2008). Demonstrando ser um subproduto agroindustrial produzido em grandes quantidades, com baixo custo e de difícil descarte quando não reaproveitado.

Por isso, os mais diversos estudos têm sido realizados com o intuito de explorar a sua composição em açúcares como, por exemplo, em processos fermentativos (Montelongo et al., 1993; Siqueira et al., 2008), produção de etanol (Silva et al., 2012), ácido propiônico (Yang et al., 2018). Todavia o seu maior potencial é na alimentação animal (Siqueira et al., 2008).

Embora o seu uso seja comum em confinamentos comerciais, não há relatos sobre a recomendação de uso, efeitos sobre a microbiota ruminal e digestibilidade de nutrientes, tampouco sobre a qualidade da carne. Poucos estudos foram realizados até o presente momento no mundo, sendo ainda mais restritos nas

condições brasileiras (Drouillard et al., 1999; Bitencourt, 2012; Paula, 2015; Miletic et al., 2017).

#### **1.4 Melaço de soja na alimentação animal**

Ainda que os trabalhos sobre o uso do melaço de soja na alimentação animal sejam escassos, este subproduto apresenta grande potencial de utilização. Em não ruminantes, a sua utilização é limitada em virtude de sua ação retardatória do fluxo intestinal, devido à alteração da viscosidade no intestino causada pelos polissacarídeos não amiláceos (Choct, 1997). Estes animais não possuem enzimas endógenas capazes de digerir em seu trato gastrintestinal os oligossacarídeos rafinose e estaquiose (aproximadamente 5% e 26%, respectivamente, da composição do melaço, Chajuss, 2004), que permanecem intactos até serem fermentados no intestino grosso, causando flatulência e diarreia (Choct et al., 2010).

Em contrapartida, os ruminantes, por meio da sua relação de simbiose com os microrganismos ruminais, podem digerir e aproveitar melhor este ingrediente. Drouillard et al. (1999) relataram que o melaço de soja em até 4% na MS pode ser utilizado em dietas de confinamento para bovinos de corte em fase de terminação. Bitencourt (2012) investigou duas formas diferentes de inclusão do melaço de soja, a primeira delas em substituição ao milho reidratado e ensilado em níveis de substituição de 4,5 e 9% e a outra utilizando 0 e 3% de melaço de soja em substituição à casca de soja para vacas leiteiras. Quando substituiu o milho, o melaço de soja não alterou o consumo de matéria seca e reduziu a produção de leite. No entanto, quando substituiu a casca de soja, o desempenho das vacas leiteiras não foi reduzido.

Avaliando níveis crescentes de melaço de soja (0, 3, 6, 9 e 12% da MS) na dieta de ovelhas adultas, Paula (2015) observou incremento no consumo de proteína e minerais, porém não encontrou efeitos sobre consumo de matéria seca, digestibilidade aparente dos nutrientes e comportamento ingestivo. Ao adicionar 3,7% de melaço de soja na dieta de vacas leiteiras, Miletic et al. (2017) obteve maior desempenho dos animais, além de maior rendimento de proteína no leite.

Resultados preliminares mostram que o melaço continua sendo eficiente mesmo sob altas inclusões. Em estudos recentes com ovinos não foram encontrados efeitos significativos sobre o consumo e parâmetros ruminais em inclusões de até 20% na MS (Almeida et al., 2018). Embora demonstre ser promissor, muito ainda se tem para explorar o melaço de soja na produção de ruminantes, sobretudo o efeito dos seus açúcares sobre a qualidade da carne.

### **1.5 Efeito dos açúcares sobre o padrão fermentativo ruminal e qualidade da carne**

O efeito benéfico do uso de açúcares em dietas de ruminantes está relacionado a alguns fatores, como: rápido crescimento microbiano proporcionado pela energia prontamente disponível e maior eficiência do uso do nitrogênio solúvel e não-proteico (Berchielli et al., 2006). A sua degradação ruminal é rápida e inicia-se com a hidrólise de oligossacarídeos e dissacarídeos em monossacarídeos, com subsequente fermentação dos monômeros de açúcares (Oba, 2011).

Contudo, a digestibilidade da fibra pode diminuir com a suplementação de sacarose (Huhntanen e Khalini, 1991), não sofrer alteração (Penner et al., 2009) ou até mesmo apresentar efeito quadrático (Broderick et al., 2008). Embora seja rapidamente fermentado no rúmen, o açúcar nem sempre é responsável pela queda do pH (Vallimont et al., 2004; Broderick et al., 2008), que restringe a digestibilidade da fibra, devido ao menor fornecimento de unidades de carbono para formação de ácidos fortes, comparado ao amido (Hall e Herejk, 2001).

Piwonka e Firkins (1996) avaliando a adição de glicose *in vitro*, encontraram redução na digestibilidade da fibra no tratamento contendo glicose comparado ao controle, e relacionaram tal efeito a inibidores proteicos que podem ser produzidos em cultivos *in vitro*. Tal relação pode também estar associada à competição das bactérias celulolíticas e as fermentadoras de carboidratos não fibrosos por nitrogênio e outros nutrientes (Jones et al., 1998).

A inclusão de açúcares solúveis em dietas de ruminantes pode alterar as proporções de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Estudos *in vitro* demonstram redução no acetato e aumento no propionato (Lee et al., 2003; Hall e Weimer, 2007)

e aumento no butirato (Vallimont et al., 2004; Hoover et al., 2006). Em estudos *in vivo* os efeitos são mais discretos devido às baixas inclusões usuais, todavia há relatos de redução no acetato e incremento no propionato (Oba et al., 2015; Razzaghi et al., 2015) e também acréscimo nas proporções de butirato (DeFrain et al., 2004; Oba et al., 2015).

Os AGCC são os principais fornecedores de substrato energético aos ruminantes (Guilloteau et al., 2010), os quais possuem alta relação com valorizadas características de carne. Smith e Crouse (1984) demonstraram que a glicose é o principal substrato utilizado na síntese de gordura intramuscular, enquanto o acetato é amplamente utilizado na síntese de gordura subcutânea. Já o propionato é um dos principais precursores de glicose em ruminantes, por meio da gliconeogênese hepática (Yost et al., 1977).

Estudos recentes comprovam que há correlações entre os AGCC e as características buscadas na qualidade de carne. A área de olho de lombo possui correlação negativa com a concentração ruminal de acetato; a espessura de gordura possui relação positiva com a concentração ruminal propionato; enquanto o marmoreio possui relação positiva com a concentração ruminal dos três ácidos: acético, propiônico e butírico (Bulumulla et al., 2018).

O grão de soja possui de 1 a 2% de rafinose e 3,5 a 4,5% de estaquiose na sua composição (Geng et al., 2018), que se trata da molécula de sacarose ligadas a 1 ou 2 moléculas de galactose, respectivamente, unidas por ligações  $\alpha$  galactosidade (Suarez, et al., 1999). Como mencionado anteriormente, os humanos e animais não sintetizam a enzima que hidrolisa as ligações dos oligossacarídeos da soja, contudo Yang et al. (2018) ao trabalhar com a bactéria *Propionibacterium acidipropionici* encontraram produção de propionato de 21,9 g/L/h e rendimento de 0,39 g/g de açúcar ao utilizar o melaço de soja como fonte de carbono na fermentação microbiana. O mesmo autor relata que, ao investigar os açúcares isolados sobre a produtividade do propionato foram encontrados valores de 27,1; 26,5; 26 e 23,6 g/L para glicose, frutose, galactose e rafinose respectivamente, com rendimento de 0,52; 0,62; 0,65; 0,54 g de propionato por g de açúcar para a mesma sequência de açúcares. A *Propionibacterium acidipropionici* é uma bactéria nativa do ecossistema ruminal, a qual utiliza açúcar e lactato como substrato para sintetizar

acetato e propionato (Azad et al., 2017), portanto os oligossacarídeos são degradáveis no rúmen.

Diante do exposto, o objetivo com o estudo foi avaliar os efeitos da alta inclusão de melaço de soja, em substituição parcial e total ao milho, na dieta de cordeiros terminados em confinamento sobre os parâmetros ruminais, digestibilidade *in vitro*, desempenho, características de carcaça e qualidade da carne.

## 2. REFERÊNCIAS

Almeida MTC, Ezequiel JMB, Paschoaloto J, Castro Filho ES, Barducci RS, Soragni G, Zampieri Neto E, Pedro, AE, van Cleef EHCB (2018) Effect of increasing inclusion of soybean molasses on rumen fermentation of feedlot sheep. In: ASAS-CSAS ANNUAL MEETING, **Anais ASAS-CSAS Annual Meeting** Vancouver.

Alves ACN, Mattos WRS, Santos FAP, Lima MLP, Paz CCP, Pedrosa AM (2007) Substituição parcial de silagem de milho por farelo de glúten de milho desidratado na alimentação de vacas holandesas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36:1590-1596.

Azad E, Narvaez N, Derakhshani H, Allazeh AY, Wang Y, Mcallister TA, Khafipour E (2017) Effect of *Propionibacterium acidipropionici* P169 on the rumen and faecal microbiota of beef cattle fed a maize-based finishing diet. **Beneficial Microbes** 8(5):785-799.

Berchielli TT, Pirez AV, Oliveira SG, (2 Edição) (2011) *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 583p.

Bitencourt LL (2012) **Substituição de milho moído por milho reidratado e ensilado ou melaço de soja em vacas leiteiras**. 131f. Tese (Doutorado em Nutrição e Produção de Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Broderick GA, Luchini ND, Reynal SM, Varga GA, Ishler VA (2008) Effect on production of replacing dietary starch with sucrose in lactating dairy cows. **Journal Dairy Science** 91:4801-4810.

Bulumulla PBAIK, Li MM, Chen Y, Li F, Whitte RR, Hanigan MD, Li C, Plastow G, Guan LL (2018). Relationship of ruminal volatile fatty acids and microbial population with carcass and meat quality traits of beef steers. In: ASAS-CSAS ANNUAL MEETING, **Anais ASAS-CSAS Annual Meeting** Vancouver.

Chajuss D (2004) Soy molasses: processing and utilization as a functional food. In.: Liu K (Ed.) **Soybeans as functional foods and ingredients**. Missouri: AOCS 132-144.

Choct M (1997) Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**. June:13-26.

Choct M, Dersjant-Li Y, Mcleish J, Peisker M (2010). Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences** 23(10):1386-1398.

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2017). **Ovinos e Caprinos: Balanço 2017**. Brasília: CNA/SENAR (Série Arquivos). Disponível em: <[https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/ovinos\\_caprinos\\_balanco\\_2017.pdf](https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/ovinos_caprinos_balanco_2017.pdf)> Acesso em: 18 Out. 2018.

Cunningham, KD, Cecava, MJ, Johnson, TR (1993). Nutrient digestion, nitrogen, and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. **Journal of Dairy Science**, 76(11): 3523-3535.

Defrain JM, Hippen AR, Kalscheur KF, Schingoethe DJ (2004) Feeding lactose increases ruminal butyrate and plasma b-hydroxybutyrate in lactating dairy cows. **Journal Dairy Science** 87:2486-2494.

Drouillard JS, Schoenholz CK, Hunter RD, Nutsch TA (1999) Soy molasses as a feed ingredient for finishing cattle. **Cattlemen's Day**, Dodge City 5(1):89-92.

Fernandes GR, Miguel DP (2011) Detecção dos açúcares da soja. **Cadernos de Pós Graduação da FAZU** 2(1).

Fiorentini, G, Messana, JD, Neto, AJ, Sgobi, EG, Castagnino, PS, Berchielli, TT (2018) Performance and meat quality of Nelore bulls fed crude glycerin combined with soybean oil. **Animal Feed Science and Technology**, 241, 45-54.

Geng X, Fan J, Xu L, Wang H, Ng TB (2018). Hydrolysis of oligosaccharides by a fungal  $\alpha$ -galactosidase from fruiting bodies of a wild mushroom *Leucopaxillus tricolor*. **Journal of Basic Microbiology** 1-10.

Guilloteau P, Martin L, Eeckhaut V, Ducatelle R, Zabielski R, Van Immerseel F (2010). From the gut to the peripheral tissues: the multiple effects of butyrate. **Nutrition Research Reviews** 23(2):366-384.

Hall MB, Herejk C (2001) Differences in yields of microbial crude protein from in vitro fermentation of carbohydrates. **Journal Dairy Science** 84:2486-2493.

Hall MB, Weimer PJ (2007) Sucrose concentration alters fermentation kinetics, products, and carbon fates during *in vitro* fermentation with mixed ruminal microbes. **Journal of Animal Science** 85(6):1467-1478.

Hoover WH, Tucker C, Harris J, Sniffen CJ, De Ondarza MB (2006) Effects of nonstructural carbohydrate level and starch: sugar ratio on microbial metabolism in continuous culture of rumen contents. **Animal Feed Science and Technology** 128(3-4):307-319.

Huhtanen P, Khalili H (1991) Sucrose supplements in cattle given grass silage-based diet. 3. Rumen pool size and digestion kinetics. **Animal Feed Science and Technology** 33:275-287.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017) **Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) – Efetivos dos rebanhos (Cabeças)**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>>. Acesso em: 01 Nov. 2018.

Jones DF, Hoover WH, Miller Webster TK (1998) Effects of concentrations of peptides on microbial metabolism in continuous culture. **Journal Animal Science** 76:611-616.

Junqueira, OM, Silz, LZT, Araújo, LF, Lopes, EL, Duarte, KF (2004). Níveis de substituição do leite em pó desnatado pelo isolado protéico de soja na dieta de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2283-2291.

Kinney AJ (2003) Engineering soybeans for food and health. **The Journal of Agrobiotechnology Management and Economics** 6:18-22.

Loman AA, Ju KL (2016) Soybean carbohydrate as fermentation feedstock for production of biofuels and value-added chemicals. **Process Biochemistry** 51(8):1046-1057.

Lee MRF, Merry RJ, Davies DR, Moorby JM, Humphreys MO, Theodorou MK, Scollan ND (2003) Effect of increasing availability of water-soluble carbohydrates on *in vitro* rumen fermentation. **Animal Feed Science and Technology** 104(1-4):59-70.

Lopes MA, Magalhães GP (2005) Análise da rentabilidade da terminação de bovinos de corte em condições de confinamento: um estudo de caso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 57(3):374-379.

Lu, G, Han, F, Tallman, J, Klein, TM, Zang, J (2009). Soybean. In.: Kole C, Hall TC. (Eds) **Compendium of Transgenic Crop Plants**.

Martins AS, Prado IN, Zeoula LM, Branco AF, Nascimento WG (2000) Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte proteica em novilhas. **Revista Brasileira de Zootecnia** 29(1):229-277.

Miletić A, Stojanović B, Grubić G, Stojić P, Radivojević M, Joksimović-Todorović M, Popovac M, Obradović, S (2017) The soybean molasses in diets for dairy cows. **Mljekarstvo** 67(3):217-225.

Montelongo J, Chassy BM, Mccord JD (1993) *Lactobacillus salivarius* for conversion of soy molasses into lactic acid. **Journal of Food Science** 58(4):863-866.

Oba M (2011) Review: Effects of feeding sugars on productivity of lactating cows. **Canadian Journal of Animal Science** 91(1):37-46.

Oba M, Mewis JL, Zhining Z (2015) Effects of ruminal doses of sucrose, lactose, and corn starch on ruminal fermentation and expression of genes in ruminal epithelial cells. **Journal of Dairy Science** 98(1):586-594.

Øverland, M, Tokach, MD, Cornelius, SG, Pettigrew, JE, Rust, JW (1993). Lecithin in swine diets: I. Weanling pigs. **Journal of Animal Science**, 71(5), 1187-1193.

Paula CG (2015) **Suplementação com melaço de soja na dieta de ovinos: parâmetros sanguíneos, consumo, digestibilidade e comportamento ingestivo**. 62f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal de Uberlândia.

Penner GB, Guan LL, Oba M (2009) Effect of feeding fermenten on ruminal fermentation in lactating Holstein cows fed two dietary sugar concentrations. **Journal Dairy Science** 92:1725-1733.

Piwonka EJ, Firkins JL (1996) Effect of glucose fermentation on fiber digestion by ruminal microorganisms *in vitro*<sup>1</sup>. **Journal of Dairy Science** 79(12):2196-2206.

Razzaghi A, Valizadeh R, Naserian AA, Mesgaran MD, Rashidi L (2015) Effects of sucrose and sunflower oil addition to diet of Saanen dairy goats on performance and milk fatty acid profile. **Livestock Science** 173:14-23.

Ribeiro ELA, Mizubuti IY, Silva LDF, Paiva HP, Sousa CL, Castro FAB (2011) Desempenho, comportamento ingestivo e características de carcaça de cordeiros confinados submetidos a diferentes frequências de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40(4):892-898.

Scottá, BA, Albino, LFT, Rostagno, HS, Gomide, APC, Campos, PF, Vieira, RA, Demuner, LF (2013). Coeficientes de digestibilidade e conteúdo de aminoácidos digestíveis em alimentos proteicos para frangos de corte. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 3(1).

Silva FB, Romão BB, Cardoso VL, Coutinho Filho U, Ribeiro EL (2012) Production of ethanol from enzymatically hydrolyzed soybean molasses. **Biochemical Engineering Journal** 69:61-69.

Siqueira PF, Karp SG, Carvalho JC (2008) Production of bio-ethanol from soybean molasses by *Saccharomyces cerevisiae* at laboratory, pilot and industrial scales. **Bioresource Technology** 99(17):8156-8163.

Smith SB, Crouse JD (1984) Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. **The Journal of Nutrition** 114(4):792-800.

Suarez FL, Springfield J, Furne JK, Lohrmann TT, Kerr PS, Levitt MD (1999) Gas production in humans ingesting a soybean flour derived from beans naturally low in oligosaccharides. **The American Journal of Clinical Nutrition** 69(1):135-139.

Thiago, LRL, da Silva, JM **Soja na alimentação de bovinos**. Embrapa gado de corte. Circular técnica, 2003.

Vallimont JE, Bargo F, Cassidy TW, Luchini ND, Broderick GA, Varga GA (2004) Effects of replacing dietary starch with sucrose on ruminal fermentation and nitrogen metabolism in continuous culture. **Journal Dairy Science** 87:4221-4229.

Viana GA, Espalter MRM, Pedroseo JD (2015) Dinâmica das importações de carne ovina no Brasil: análise dos componentes temporais. **Semina: Ciências Agrárias**, 36(1).

Yang H, Wang Z, Lin M, Yang ST (2018) Propionic acid production from soy molasses by *Propionibacterium acidipropionici*: Fermentation kinetics and economic analysis. **Bioresource Technology** 250:1-9.

Yost WM, Young JW, Schmidt SP, Mcgilliard AD (1977) Gluconeogenesis in ruminants: propionic acid production from a high-grain diet fed to cattle. **The Journal of Nutrition** 107(11):2036-2043.

Zambom, MA, Santos, GD, Modesto, EC, Alcalde, CR, Gonçalves, GD, Silva, DD, Faustino, JO (2001). Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum**, 23(4), 937-943.

## CAPÍTULO 2

**Este capítulo corresponde ao artigo científico submetido à revista “Animal Feed Science and Technology” e encontra-se em avaliação para publicação, exceto o idioma.**

## CAPÍTULO 2 – EFEITO DE ELEVADAS CONCENTRAÇÕES DE MELAÇO DE SOJA SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE DE CORDEIROS CONFINADOS

### RESUMO

O objetivo com este estudo foi avaliar os efeitos de inclusões crescentes de melaço de soja (SM) sobre o desempenho e qualidade da carne de cordeiros terminados em confinamento. Trinta cordeiros mestiços (Santa Inês × Dorper;  $16,8 \pm 2,2$  kg, três meses de idade) não castrados, foram utilizados em delineamento de blocos casualizados por um período de 70 dias. Os tratamentos foram dietas com diferentes inclusões de melaço de soja, contendo 0 g/kg na base seca (CON), 150 g/kg na base seca (M150), ou 300 g/kg na base seca (M300). Todas as dietas eram compostas de silagem de milho (400 g/kg na base seca) como fonte de volumoso e concentrado composto por milho, farelo de trigo, farelo de soja, ureia, sal mineral e calcário (600 g/kg na base seca). A inclusão do subproduto evidenciou efeito quadrático no consumo de matéria seca (CMS,  $P < 0,01$ ), com maiores valores para os animais que foram alimentados com 150 g/kg de MS na base seca. Todavia, a eficiência alimentar reduziu linearmente ( $P < 0,01$ ). Sobre a maciez do músculo *Longissimus thoracis* houve aumento linear ( $P = 0,02$ ), bem como a gordura intramuscular ( $P < 0,01$ ), conseqüentemente os ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados totais aumentaram linearmente ( $P < 0,01$ ,  $P < 0,01$ ,  $P = 0,05$ , respectivamente). Apesar da eficiência alimentar diminuir, a adição de até 300 g/kg de MS na base seca aumentou a maciez da carne e o marmoreio de cordeiros cruzados, sendo uma fonte energética alternativa em dietas de confinamento.

**Palavras-chaves:** açúcar; *Longissimus thoracis*; marmoreio; ovinos.

## 1. INTRODUÇÃO

Cor e maciez atualmente são duas importantes características que o consumidor prioriza no momento da compra, e muitas vezes o preço não é o fator limitante (Platter et al., 2005; Mennecke et al., 2007). Os hábitos de consumo mudaram em todo o mundo, carnes com maior gordura intramuscular têm sido adicionada mais regularmente nas refeições (Liu et al., 2016), tornando o marmoreio um requisito básico para carnes de alta qualidade nos Estados Unidos, Japão, Coreia, Austrália, Canadá e Brasil (Ladeira et al., 2018).

Sendo assim, o grande desafio para o produtor para permanecer na cadeia de produtiva é aliar o baixo custo de produção com produto final de qualidade. Neste sentido, o uso de resíduos e subprodutos da agroindústria é uma ferramenta que pode reduzir os custos de produção e amenizar a dependência de grãos amplamente utilizados na nutrição humana e de não ruminantes.

O melaço de soja é um subproduto obtido em grande quantidade com relativo baixo custo comercial (Rodrigues et al., 2017), possui textura viscosa, coloração marrom e sabor agridoce, oriundo da produção do concentrado proteico de soja e isolado proteico de soja (Loman e Ju, 2016). O seu uso como ingrediente energético em nutrição de ruminantes tem sido promissor, como demonstrado em vacas leiteiras (Miletić et al., 2017) e bovinos de corte (Drouillard et al., 1999). Contudo, não há relatos de uso para espécie ovina, sobretudo em altas inclusões.

Diante do exposto, os dados sobre o uso de melaço de soja em escala de produção são muito escassos, assim como seus possíveis impactos na qualidade de carne de cordeiros. Assim, a hipótese deste estudo foi que a inclusão de melaço de soja poderia ser uma alternativa ao uso de milho triturado, sem influenciar negativamente o desempenho e a qualidade da carne de cordeiros cruzados em confinamento. Para tanto, foram avaliados o desempenho e as características de carcaça de cordeiros confinados, bem como os parâmetros físicos e químicos do músculo *Longissimus thoracis*.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Todos os procedimentos experimentais envolvendo os animais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Jaboticabal (nº do protocolo 006772/17).

### **2.1 Animais, dietas e delineamento experimental**

O estudo foi conduzido na Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos, Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes, e no Laboratório de Tecnologia da Carne, pertencentes à Universidade Estadual Paulista, em Jaboticabal, São Paulo.

Trinta cordeiros machos (Santa Inês x Dorper), não castrados, peso corporal inicial de  $16,8 \pm 2,2$  kg e três meses de idade, foram blocados (5) pelo peso corporal inicial e aleatoriamente distribuídos em três tratamentos. Os animais permaneceram durante todo o período experimental em galpão coberto, em baias suspensas de 1,2 m<sup>2</sup> com piso ripado, comedouros individuais e bebedouros coletivos. Os cordeiros foram submetidos a manejo sanitário prévio com everminação e suplementação de vitaminas A, D, E e K (IVERMECTINA 0,08% p/v e Vit ADE Calbos, Curitiba, PR - Brasil). Após a chegada, os animais receberam silagem de milho exclusivamente e foram adaptados às dietas experimentais de terminação utilizando protocolo de escada com períodos de cinco dias para cada nível de concentrado (0, 20, 40 e 60% - dieta experimental). No 16º dia, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 h para determinar o peso corporal inicial, e então foram alimentados com as dietas experimentais de terminação por 70 dias.

As dietas eram compostas por silagem de milho, milho grão moído, farelo de trigo, farelo de soja, ureia pecuária, calcário, sal mineral e melaço de soja (exceto o tratamento controle), as quais foram formuladas com concentrações semelhantes em PB (182 g/kg) e energia (2,7 Mcal EM/kg), para ganhos de aproximadamente 250 g/dia, segundo o NRC (2007). Os tratamentos consistiram na inclusão crescente do melaço de soja na base seca; CON – sem inclusão do melaço de soja; M150 – inclusão de 150 g/kg de melaço de soja na base seca; M300 – inclusão de 300 g/kg

de melaço de soja na base seca, substituindo parcialmente ou totalmente o milho triturado, respectivamente (Tabela 1 e 2).

## **2.2 Consumo e desempenho**

A silagem de milho, o concentrado e o melaço de soja foram pesados separadamente e misturados no momento do fornecimento, 0800 e 1600h, oferecendo 50% da dieta em cada refeição. Ajustes diários do consumo foram realizados por meio de escore de cocho a fim de que permanecessem sempre 3 a 5% de sobras. As sobras foram pesadas diariamente para os cálculos de consumos de MS e nutrientes, e em dias alternativos colhidas e armazenadas para análises laboratoriais.

O ganho em peso médio diário (GMD, g), foi obtido por meio da relação entre o ganho total do animal dividido pelos dias de confinamento. Enquanto a eficiência alimentar (EA), por sua vez, foi calculada pela relação do GMD e o CMS. Para acompanhamento do desempenho, os animais foram pesados a cada 15 dias até se aproximarem do peso ao abate (32 kg, que correspondeu ao 70º dia) e, posteriormente, as pesagens passaram a ser semanais.

## **2.3 Análises bromatológicas**

Ao final do experimento, amostras de alimentos fornecidos e sobras foram secas em estufa com ventilação forçada a 55°C, por 72 horas e moídas em moinho do tipo Willey, com peneiras de crivos de 1 mm. A MS foi determinada mediante secagem em estufa a 105°C (AOAC, 1990, método 967,06) e a matéria mineral (MM), por combustão completa em forno mufla a 600°C, por 4 horas (AOAC, 2002, método 942.05).

A concentração de nitrogênio total foi determinada utilizando aparelho micro Kjeldahl (AOAC, 2002, método 2001,11), sendo a proteína bruta (PB) estimada por meio da multiplicação do N total pelo fator 6,25. O extrato etéreo foi obtido por extração em éter de petróleo em aparato Soxhlet, por 4 horas (AOAC, 2005, método 920.39). Os conteúdos de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), e fibra

insolúvel em detergente ácido (FDA) foram estimados segundo Van Soest e Wine, (1967) usando  $\alpha$ -amilase termoestável e sem sulfito de sódio. FDN foi corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) segundo proposto por Licitra et al. (1996). Os teores de carboidratos não fibrosos foram estimados por equações descritas por Hall (2000) e carboidratos totais segundo Sniffen et al. (1992).

#### **2.4 Abate, características de carcaça e amostragem da carne**

No 70º dia experimental os animais alcançaram média de 32 kg de peso corporal, e então foram submetidos a jejum de sólidos por 16 h e pesados para obtenção do peso corporal final (PCfinal). Os cordeiros foram transportados para planta frigorífica comercial, situada a 200 km de distância do campus, para serem abatidos. O abate foi realizado mediante insensibilização por eletroneurose de dois pontos, seguido por secção das veias jugulares e artérias carótidas. Após a evisceração, a carcaça foi pesada para obtenção do peso da carcaça quente (PCQ) e cálculo do seu rendimento ( $RCQ = (PCQ/PCfinal) \times 100$ ) e então refrigeradas a aproximadamente 4°C, por 24 h. Após o post mortem e o período de refrigeração, as carcaças foram novamente pesadas para obtenção do peso da carcaça fria (PCF) e cálculo do seu rendimento ( $RCF = (PCF/PCfinal) \times 100$ ), assim como a perda por resfriamento ( $PR = ((PCQ - PCF)/PCQ) \times 100$ ).

Na carcaça esquerda, foi realizado corte transversal entre a 12ª e 13ª costela para exposição do músculo *Longissimus*, onde foram realizadas avaliações de espessura de gordura, com uso de paquímetro digital, e mensuração de área de olho de lombo mediante cálculo ( $AOL = (A/2 \times B/2) \times \pi$ ), em que A é o comprimento máximo do músculo e B o comprimento mínimo do músculo (Silva Sobrinho, 1999).

Por fim, os dois músculos *Longissimus thoracis* de cada carcaça foram removidos completamente, e o direito foi utilizado para análises físicas e o esquerdo para análises químicas. Ambos, foram embalados a vácuo (Selovac 200S, SP - Brasil) com 99% de vácuo em bolsas de poliamida/polietileno de 120  $\mu$ m e 1  $cm^3/m^2/24$  h de permeabilidade de  $O_2$ , 3  $cm^3/m^2/24$  h de permeabilidade de  $CO_2$ , mensurado a 5°C e 75% de umidade relativa; taxa de transmissão de vapor de água (WVTR) foi de 3  $g/m^2/24$  h a 38°C e 100% RH. O valor de vácuo 20 (50 Pa) foi

usado para embalar as amostras, as quais foram armazenadas a  $-18^{\circ}\text{C}$  até o momento das análises.

## 2.5 Cor e pH da carne

O pH inicial foi mensurado 45 min após o abate, no músculo *Longissimus thoracis*, entre 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costela, na superfície do músculo, com auxílio do potenciômetro digital (Texto 205 Sparta, NJ - EUA), e o pH final foi obtido após refrigeração da carcaça (24 h em  $4^{\circ}\text{C}$ ) da mesma forma e local. Para as avaliações da cor da carne, foi utilizado colorímetro (CR-300 Minolta Chroma Meter Osaka - Japão) com abertura de 8 mm, iluminante D65, 10 observadores padrão, cone aberto. Antes das leituras, foi realizada calibração em temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ ), utilizando um padrão branco puro (100% reflexão) e uma caixa preta (zero reflexão). Os parâmetros avaliados foram: luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de vermelho ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo ( $b^*$ ), os quais foram avaliados de acordo com o sistema de cores CIE  $L^* a^* b^*$  (CIE, 2004). Após aproximadamente 30 minutos de exposição do músculo ao oxigênio, as leituras se iniciaram na superfície do músculo *Longissimus* (Houben et al., 2000).

## 2.6 Capacidade de retenção de água, perda por cocção e força de cisalhamento

Amostras do músculo *Longissimus thoracis* foram descongeladas a  $2^{\circ}\text{C}$  por 24 h para realização das análises de capacidade de retenção de água (CRA), perda por cocção (PPC) e força de cisalhamento Warner-Bratzler (WBSF). Para determinação do CRA, amostras de carne (aproximadamente 2 g) foram pesadas antes e após serem submetidas a pressão de 10 kg por 5 min. A diferença de peso foi utilizada para expressar o CRA em % (Ham, 1986). A PPC foi obtida através da cocção de um bife do *Longissimus thoracis* (2,3 cm), por animal em grill elétrico (George Foreman, Beachwood, OH - EUA), pré-aquecido ( $196^{\circ}\text{C}$ ). Os bifes permaneceram na grelha até atingirem temperatura interna de  $75^{\circ}\text{C}$ , a qual era

monitorada no centro geométrico do bife, por meio de termômetros do tipo espeto (Incotemp, Porto Alegre, RS - Brasil).

Após a cocção, os bifes foram refrigerados a 4°C por 24 h e, então, pesados. A PPC foi obtida pela diferença do peso inicial e final dos bifes. A avaliação da força de cisalhamento foi expressa em valores médios dos resultados obtidos nas mesmas amostras da PPC, conforme descreve Wheeler et al., (2002). Para isso, seis núcleos de 1,27 cm de diâmetro foram obtidos de cada bife, totalizando seis amostras por animal, paralelo ao longo do eixo da fibra muscular (AMSA, 1995). Cada núcleo foi cortado uma vez ao meio, perpendicular ao sentido da fibra muscular, pela lâmina do aparelho cisalhador Warner-Bratzler (CT3 25K, Brookfield, Middleboro, MA - USA). Os valores foram obtidos em kgf e convertidos para Newton (N).

## **2.7 Análises químicas e perfil de ácidos graxos**

Para as análises químicas e avaliação do perfil de ácidos graxos, amostras do músculo *Longissimus thoracis* esquerdo foram descongeladas a 2°C por 24 horas e preparadas conforme recomendações da AOAC (1995, método 983.18). A determinação da umidade foi conforme descreve (AOAC, 1995; método 950.46). Foi utilizado o aparelho micro Kjeldahl para determinação do teor de N total, e por meio da sua multiplicação pelo fator 6,25 foram obtidos os valores de proteína bruta (AOAC, 1995; método 928.08). Os lipídeos totais foram obtidos pelo método de extração a frio mediante metodologia de Bligh e Dyer (1959) e os ácidos graxos ésteres metílicos (FAME) foram obtidos pelo método ISO 5509 (1978).

Medidas qualitativas e quantitativas do conteúdo de ácidos graxos da carne e das dietas foram realizadas utilizando cromatógrafo a gás (GC-14B Shimadzu, Kyoto - Japão; com módulo de barramento de comunicação - CBM 102) com detector de chama de ionização (FID) e coluna capilar de sílica fundida (Omegawax 250) com 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro e espessura de filme de 0,25 µm (Supelco SP-24136). O gás Hélio foi usado como traçador a uma taxa de fluxo de 1 mL/min. Uma alíquota de 1 µL da amostra foi injetada em "split" com relação de divisão de 1/100 e temperatura de 250°C. A temperatura do forno foi programada

para permanecer em 100°C por 2 min e, após, aumentar para 220°C a 4°C/min por 25 min, enquanto o detector foi mantido a 280°C. A identificação e quantificação dos ésteres metílicos dos ácidos graxos foram realizadas por comparação com os tempos de retenção e concentrações de ésteres metílicos de ácidos graxos. Os índices de atividade enzimática  $\Delta 9$  dessaturase (16 e 18) e elongase foram determinados segundo metodologia descrita por Malau-Aduli et al. (1997). O índice de aterogenicidade foi usado como um indicador do risco de doença cardiovascular e foi determinado de acordo com Ulbricht & Southgate (1991).

## 2.8 Análises estatísticas

Os dados foram analisados como blocos casualizados, em que os animais foram blocados de acordo com o PC inicial. Foram utilizados três tratamentos (níveis de inclusão do melaço de soja), com dez repetições cada. Os tratamentos foram considerados como efeito fixo e os blocos como efeito aleatório, de acordo com o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + b_j + t_i + e_{ijk}$$

sendo:

$Y_{ij}$  = valor observado na unidade experimental que recebeu o tratamento  $i$  (0;15 e 30% de melaço de soja), bloco  $j$  (1 a 5);

$\mu$  = efeito geral da média;

$b_j$  = efeito do bloco  $j$ ;

$t_i$  = efeito do tratamento  $i$ ;

$e_{ijk}$  = erro aleatório (resíduo).

Todas as variáveis foram analisadas utilizando PROC MIXED do programa estatístico SAS, versão 9.4 (SAS Inst., Inc., Cary, NC). Contrastes foram utilizados para determinar os efeitos linear, quadrático e efeito de controle (CON – 0 g/kg na base seca de melaço de soja) *versus* tratamentos com melaço de soja (M - M150; M300 150 + 300 g/kg na base seca de melaço de soja). O nível de significância foi estabelecido como  $P < 0,05$  e tendência como  $0,05 \leq P \leq 0,10$ .

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Consumo, desempenho e características da carcaça

A inclusão crescente do melaço de soja promoveu efeito quadrático sobre as variáveis de consumo: consumo de matéria seca (CMS;  $P < 0,01$ ), consumo de matéria orgânica (CMO;  $P = 0,02$ ), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN;  $P < 0,01$ ), consumo de proteína bruta (CPB;  $P < 0,01$ ) e consumo de extrato etéreo (CEE;  $P < 0,01$ , Tabela 3). Os maiores valores foram observados no tratamento M150. O CFDN e CEE tiveram maiores e menores médias, respectivamente, para o melaço de soja independente do seu nível de inclusão comparado ao controle ( $P < 0,01$ ).

A adição do subproduto não proporcionou alterações no GMD ( $P \geq 0,11$ ), no entanto, para eficiência alimentar foi observado efeito linear decrescente ( $P < 0,01$ ), o qual a dieta controle proporcionou maior eficiência alimentar para os animais quando comparado ao melaço de soja ( $P = 0,01$ ), com média de 0,24 para CON e 0,21 para SM.

Para as demais variáveis de características de carcaça: peso de carcaça quente e fria, rendimentos de carcaça, perda de resfriamento, espessura de gordura e área de olho de lombo não tiveram influência do melaço de soja ( $P \geq 0,14$ , Tabela 4).

#### 3.2 Qualidade de carne

Cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), PPC e pH se não tiveram alterações entre tratamentos, ( $P \geq 0,19$ ), contudo, a capacidade de retenção de água apresentou maior média para o tratamento controle quando comparado ao melaço de soja ( $P = 0,03$ ) com tendência linear ( $P = 0,08$ , Tabela 5). A força de cisalhamento também foi influenciada pela adição crescente do melaço de soja (Linear decrescente,  $P = 0,02$ ) com tendência no controle vs melaço de soja ( $P = 0,06$ ; valores médios de 35 N para CON e 29 N para SM).

O melaço de soja proporcionou maior deposição de gordura intramuscular comparado ao controle ( $P < 0,01$ ) com efeito linear crescente ( $P < 0,01$ ; de 2,02 para 3,61 g/100g de carne para CON e M300 respectivamente [Tabela 6]). Os teores de umidade foram reduzidos linearmente ( $P = 0,04$ ), enquanto matéria mineral e proteína bruta não foram influenciadas pela inclusão do subproduto ( $P \geq 0,12$ ).

### 3.3 Perfil de ácidos graxos

A adição de melaço de soja na dieta de terminação de cordeiros alterou o perfil de ácidos graxos, aumentando linearmente a quantidade de ácidos graxos saturados (AGS) na carne: ácido cáprico ( $P < 0,01$ ); ácido láurico ( $P < 0,01$ ); mirístico ( $P < 0,01$ ); pentadecanoico ( $P = 0,01$ ); ácido palmítico ( $P < 0,01$ ); ácido heptadecanóico ( $P < 0,01$ ); ácido esteárico ( $P < 0,01$ ) e ácido araquídico ( $P = 0,03$ -Tabela 7).

Os tratamentos também promoveram um aumento linear na quantidade de ácidos graxos monoinsaturados (AGM): ácido miristoleico ( $P < 0,01$ ); ácido palmitoleico ( $P < 0,01$ ); ácido heptadecenoico ( $P < 0,01$ ); ácido oleico ( $P < 0,01$ ); ( $P < 0,01$ ); ácido cis vacênico ( $P < 0,01$ ); ácido eicosenoico ( $P = 0,01$ ).

Alguns ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) foram influenciados pela adição do subproduto, com efeito linear crescente: ácido  $\alpha$ -linolênico ( $P < 0,01$ ); ácido  $\gamma$ -linoleico ( $P < 0,01$ ); CLA cis-9 trans-11 ( $P = 0,02$ ); ácido eicosadienoico ( $P = 0,03$ ); ácido eicosatrienoico ( $P < 0,01$ ); ácido araquidônico ( $P = 0,05$ ); DTA ( $P = 0,02$ ) e DPA ( $P = 0,03$ ). Tendência quadrática foi observada para DPA ( $P = 0,08$ ), com menor valor observado para o tratamento M150, (média = 3,56 mg/100g de tecido).

No presente estudo, AGS total, AGM total e ômega-3 total foram influenciados pela inclusão do melaço de soja na dieta, mostrando um efeito linear respectivamente ( $P < 0,01$ ,  $P < 0,01$  e  $P = 0,02$ , Tabela 8). Com tendência linear crescente para AGP total ( $P = 0,08$ ). As relações AGP/AGS e n-6/n-3 também foram linearmente aumentadas ( $P < 0,01$  e  $P < 0,01$ , respectivamente). Além disso, as relações de atividade enzimática, AGM/AGS e AGI/AGS e ômega 6 total não foram alteradas pelos tratamentos experimentais ( $P \geq 0,11$ ).

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1 Consumo alimentar, desempenho e características de carcaça

O efeito quadrático do melaço de soja observado para as variáveis CMS, CMO, CFDN, CPB e CEE pode ser atribuído ao efeito de saciedade da dieta. Devido à grande quantidade ou proporção de açúcares contidos no tratamento M300, a produção de ácido propiônico pode ter sido acentuada. A suplementação com açúcares solúveis pode aumentar a produção deste ácido graxo no rúmen (Lee et al., 2003; Oba et al., 2015), e a energia oriunda da glicose estocada na forma de ácido propiônico disponível para o animal hospedeiro é de 109%, contra 62 e 78% do acético e butírico, respectivamente (Owens e Basalan, 2016). O vínculo do ácido propiônico com o comportamento alimentar e consumo tem sido apresentado em estudos com uma relação inversamente proporcional (Stocks e Allen, 2012; Maldini e Allen, 2018). A saciedade pelo ácido propiônico é regulada por meio de sinais emitidos pelo fígado para centros de alimentação cerebral, suprimindo ou potencializando o consumo conforme a intensidade da sua oxidação hepática (Allen et al., 2009).

Contudo, nem todo açúcar que entra no rúmen parece ser fermentado pela microbiota ruminal à ácido propiônico. Como os açúcares são totalmente solúveis em água, a sua hidrólise é muito mais rápida que a do amido, logo, a sua disponibilidade é alta e em excesso, a ponto dos microrganismos armazenarem glicose na forma de glicogênio (Hall e Weimer, 2007; Hall, 2017). Para que este evento ocorra, um ATP é gasto para cada molécula de glicose adicionada a cadeia de glicogênio (Ball e Morell, 2003), configurando uma ineficiência energética no rúmen. Ponderando que no rúmen há rendimento de 3 a 4 ATP quando uma molécula de glicose é degradada até ácido acético, propiônico e butírico (Russell e Wallace, 1997), a estocagem de glicose em glicogênio configura queda de 25 a 33% no rendimento de ATP aliado com o baixo consumo do tratamento CON explica o efeito linear decrescente e controle contra melaço de soja da eficiência alimentar para os tratamentos com melaço de soja.

## 4.2 Qualidade de carne

Dentre as avaliações de qualidade de carne a CRA é uma mensuração importante, pois está altamente correlacionada com a perda econômica na indústria, seja no armazenamento, exposição do produto ou processamento no varejo (Bertram et al., 2003). A água potencialmente livre é localizada nos espaços intermoleculares das proteínas solúveis em sal (actina e miosina) e a sua taxa de fluxo varia conforme a permeabilidade, diâmetro e comprimento destes espaços (Brewer, 2004; Hughes et al., 2014), que, por sua vez, os espaços intermoleculares são dependentes de pH, força iônica, pressão osmótica e comprimento de sarcômero (Brewer, 2004).

Os efeitos obtidos neste estudo não podem ser atribuídos ao pH, todavia, não foram avaliados outras possíveis causas. Os valores de CRA encontrados na literatura variam de 65% a 81% (Carvalho et al., 2015; Dávila Ramirez et al., 2013), demonstrando que os valores obtidos neste estudo são considerados adequados para cordeiros.

O efeito linear decrescente observado na maciez do músculo *Longissimus thoracis* pode ser atribuído à gordura intramuscular presente na carne, que por sua vez foi aumentada linearmente com a adição do melaço de soja nas dietas. Starkey et al. (2016) encontraram redução de 3,9 N na força de cisalhamento para cada 1% de acréscimo na gordura intramuscular no músculo *Longissimus* de cordeiros. No atual estudo, a redução na força de cisalhamento foi de 5,98 N para cada 1% de acréscimo na gordura intramuscular. O que justifica a redução linear da umidade na carne, uma vez que há uma alta correlação negativa entre gordura intramuscular e umidade na carne (Pflanzer e Felício, 2011).

A gordura aparente da carne está relacionada com a aceitabilidade do produto no momento da compra, devido o consumidor final associar altos teores de gordura com malefícios a saúde (Realini et al., 2014) como, aumento na incidência de doenças coronarianas, obesidade e até mesmo câncer em humanos (Miller, 2004). Entretanto, carnes com maiores níveis de gordura intramuscular configuram carne de maior palatabilidade, sabor e maciez (Hocquette et al., 2010). Estudos mostram que carnes com teores de gordura entre 3 e 7,3% são aceitáveis para o

consumo humano sem trazer prejuízos a saúde (Sanches et al., 2012). No presente estudo, os valores de gordura intramuscular do músculo *Longissimus thoracis* foram aumentados linearmente, partindo de 2,02% para 3,61% no tratamento CON e M300 respectivamente. Sendo ainda adequados para a saúde humana, configurando carne de maior qualidade para o tratamento M300.

As maiores concentrações de gordura intramuscular no músculo *Longissimus thoracis* podem ser explicadas, parcialmente, pelo maior aporte de açúcares solúveis no intestino, como o glicogênio produzido no rúmen, mencionado anteriormente. O aporte de açúcar no intestino possivelmente ocorreu através da sua solubilização na fração líquida do rúmen, que contornou a degradação e incorporação microbiana por meio do fluxo ruminal da água. A taxa de passagem da água no rúmen é 20%/h em ovinos sob condições de pastejo, com um fluxo médio de 753 mL/h (Ulyatt, 1964).

O acetato é o principal precursor de acetyl-coa para lipogênese no tecido adiposo intramuscular e subcutâneo, no entanto a glicose possui maior preferência pelo tecido adiposo intramuscular que o subcutâneo (Smith et al., 2018) Além da glicose, a dieta possivelmente proporcionou grandes dosagens de frutose no intestino delgado, seja diretamente (frutose livre) ou indiretamente por meio da hidrólise completa da sacarose no rúmen e dos oligossacarídeos do melaço de soja: rafinose e estaquiose. Esses açúcares complexos são galactosil derivados da sacarose formados, respectivamente, por uma e duas moléculas de galactose combinadas à sacarose, unidas por ligações  $\alpha$ -1,6 glicosídica, as quais só podem ser quebradas por microrganismos (Kumar et al., 2010). A hidrólise dos oligossacarídeos da soja ocorre de forma rápida e eficiente, com 67% em 30 min e 73% em até 1 hora (Kotiguda et al., 2007). Logo, o rendimento em frutose é de 25 e 33% por unidade de estaquiose e rafinose hidrolisada, respectivamente. Ao somar as quantidades de frutose livre e as constituídas nas moléculas de sacarose, rafinose e estaquiose, é encontrado um valor de 29,34 g de frutose a cada 100 g de melaço de soja.

Alguns estudos vêm mostrando que a frutose disponível no intestino delgado está associada a maiores atividades lipogênicas (Samuel, 2011). A lipogênese tem como precursor principal e inicial o acetyl coA. Tanto a via glicolítica como a frutolítica culminam em acetyl-coA, no entanto a frutose entra na via oxidativa da glicose após

o seu ponto de regulação energética principal, fosfofrutoquinase, a qual é controlada por feedback do citrato e ATP. Assim, a frutólise é fonte inesgotável de acetil-coA para a lipogênese (Elliot, et al., 2002; Herman e Samuel, 2016). O que possivelmente aconteceu neste estudo.

Volpi Lagrecca e Duckett (2016) ao investigarem o potencial lipogênico da frutose em bovinos de corte, suplementaram 4,6% de frutose dissolvida na água do bebedouro dos animais e não observaram efeitos sobre ganho de peso, características de carcaça e nem gordura intramuscular. Os autores atribuíram a falta de efeitos à baixa dosagem da suplementação, embora os animais suplementados com frutose apresentaram maiores adipócitos intramusculares, evidenciando o potencial da frutose para a marmorização da carne.

### **4.3 Perfil de ácidos graxos**

A inclusão crescente do melaço de soja aumentou em 65% a quantidade de CLA cis 9, trans 11, aumentando a qualidade nutricional da carne. Produtos de origem animal em geral, com maiores quantidades deste ácido graxo são altamente valorizados devidos à sua ampla relação de benefícios à saúde humana, tais como: redução da gordura corporal, antiaterogênico, hipolipeminate, anticarcinogênico, anti-inflamatório, diminuição da resistência a insulina entre outros (Wahle et al., 2004; Haro et al., 2006).

O subproduto aumentou substancialmente a quantidade total de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados em 72, 73 e 29%, respectivamente, o que pode ser atribuído ao aumento do teor de gordura de 2,02 g para 3,61 g/100g de carne com a inclusão de 300 g/kg do subproduto. No entanto, cada grupo desses ácidos graxos tem uma relevância diferente para a saúde humana.

Os AGSs, como C14:0 e C16:0, são relatados como os principais AGs relacionados ao aumento das concentrações de colesterol no sangue, responsável pelo aumento do risco de doenças cardiovasculares (Valsta, Tapanainen e Männistö, 2005; Siri-Tarino et al., 2010). Enquanto os AGPs, especialmente aqueles pertencentes ao grupo ômega-3, possuem uma vasta lista de benefícios à saúde

humana, como a melhoria da regulação do sistema imunológico, coagulação sanguínea, metabolismo do colesterol, estrutura da membrana fosfolipídica no cérebro e retina, baixa incidência de câncer de mama, cólon e próstata, além de reduzir os riscos de demência em adultos (Abedi e Sahari, 2014, Nguyen et al., 2018).

Ao converter as quantidades totais de AGP e AGS em porcentagem da gordura intramuscular total, pode-se observar uma redução na participação de AGPs (de 7,32% no tratamento CON para 5,42% no tratamento M300), enquanto a AGS participou com 46,25% no CON e 47,41% em M300. Essa explicação pode estar relacionada à preferência dos fosfolipídios por AGP e lipídeos neutros por AGS (Wood et al., 2004), durante a maturação na fase de terminação dos animais. Quando o conteúdo de gordura muscular é aumentado, os lipídios neutros também aumentam, o que não ocorre com os fosfolipídios, assim, há um efeito de diluição dos AGPs na gordura intramuscular (Wood et al., 2008).

Warren et al. (2008) relataram que a proporção de fosfolipídios em bovinos diminuiu de 30% aos 14 meses para 12% aos 24 meses, juntamente com o aumento de C18:1 e redução das concentrações de C18:2, pois os animais depositaram mais gordura subcutânea, evidenciando um efeito de diluição. No presente estudo, a maior deposição de gordura intramuscular provavelmente ocorreu devido ao maior fluxo de glicose e frutose ao intestino delgado, o que potencializou a síntese de novo no tecido adiposo dos animais e a deposição muscular, conseqüentemente, a síntese de gordura foi principalmente AGS e AGM. O melaço de soja demonstrou alto potencial como ingrediente agregador da qualidade da carne, melhorando a maciez e o marmoreio, características altamente valorizadas no mercado.

## **5. CONCLUSÃO**

O melaço de soja provou ser um ingrediente energético alternativo ao padrão milho em dietas de terminação para cordeiros. A sua adição em até 300 g/kg na dieta de cordeiros confinados melhorou a qualidade da carne, traduzindo em carne mais macia com maior marmoreio no músculo *Longissimus thoracis*.

## 6. REFERÊNCIAS

Abedi, E., Sahari, M.A., 2014. Long chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties. *Food Science & Nutrition*, 2(5), 443-463.

Allen, M.S., Bradford, B.J., Oba, M., 2009. Board-Invited Review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of Animal Science*, 87(10), 3317-3334.

AMSA (American Meat Science Association) (1995). Research guidelines for cookery, sensory evaluation and tenderness measurements of fresh meat. Chicago: National Livestock and Meat Board, IL.

AOAC International, 1990. Official Methods of Analysis. of AOAC 15th ed: Washington, DC.

AOAC International, 1995. Official Methods of Analysis of AOAC 16th ed: Arlington, VA.

AOAC International, 2002. Official Methods of Analysis. of AOAC 17th ed: Washington, DC.

AOAC International, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC 18th ed: Gaithersburg, MD.

Ball, S.G., Morell, M.K., 2003. From bacterial glycogen to starch: understanding the biogenesis of the plant starch granule. *Annual Review of Plant Biology*, 54(1), 207-233.

Bertram, H.C., Andersen, H.J., Karlsson, A.H., Horn, P., Hedegaard, J., Nørgaard, L., Engelsen, S.B., 2003. Prediction of technological quality (cooking loss and Napole Yield) of pork based on fresh meat characteristics. *Meat Science*, 65(2), 707-712.

Bligh, E.G., Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911–917.

Brewer, M.S., 2004. Chemical and physical characteristics of meat | Water-holding capacity. In: C. Devine, C., Dikeman M. (1st ed.), *Encyclopedia of Meat Sciences*. Academic Press, pp. 242–249.

Carvalho, V.B., Leite, R.F., Almeida, M.T.C., Paschoaloto, J.R., Carvalho, E.B., Lanna, D.P.D., Perez, H.L., van Cleef, E.H.C.B., Homem Junior, A.C., Ezequiel, J.M.B., 2015. Carcass characteristics and meat quality of lambs fed high concentrations of crude glycerin in low-starch diets. *Meat Science*, 110, 285-292.

CIE (International Commission on Illumination) 2004. Colorimetry technical report. In: DeFrain, J.M., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F., Jardon, P.W., Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. *Journal of Dairy Science*, 87, 4195–4206.

Dávila-Ramírez, J.L., Avendaño-Reyes, L., Macías-Cruz, U., Torrentera-Olivera, N. G., Zamorano-García, L., Peña-Ramos, A., González-Ríos, H., 2013. Effects of zilpaterol hydrochloride and soybean oil supplementation on physicochemical and sensory characteristics of meat from hair lambs. *Small Ruminant Research*, 114(2-3), 253-257.

Drouillard, J.S., Schoenholz, C.K., Hunter, R.D., Nutsch, T.A., 1999. Soy molasses as a feed ingredient for finishing cattle. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, (1), 89-92.

Elliott, S.S., Keim, N.L., Stern, J.S., Teff, K., Havel, P.J., 2002. Fructose, weight gain, and the insulin resistance syndrome. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(5), 911-922.

Hall, M.B. 2000. Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis. Gainesville: University of Florida.

Hall, M.B., 2017. Nitrogen source and concentration affect utilization of glucose by mixed ruminal microbes in vitro. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2739-2750.

Hall, M.B., Weimer, P.J., 2007. Sucrose concentration alters fermentation kinetics, products, and carbon fates during in vitro fermentation with mixed ruminal microbes. *Journal of Animal Science*, 85(6), 1467-1478.

Hamm, R., 1986. Functional properties of themiofibrillar system and their measurement. In: Bechtel, P.J. (Ed.), *Muscle as Food* Orlando. Academic Press, pp. 135–199.

Haro, A.M., Artacho, R., Cabrera-Vique, C., 2006. Ácido linoleico conjugado: Interés actual en nutrición humana. *Revisión Medicina Clínica*, 127(13), 508-515.

Herman, M.A., Samuel, V.T., 2016. The sweet path to metabolic demise: fructose and lipid synthesis. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 27(10), 719-730.

Hocquette, J.F., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C., Pethick, D.W., 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal*, 4(2), 303-319.

Houben, J.H., van Dijk, A., Eikelenboom, G., Hoving-Bolink, A.H., 2000. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on colour stability and lipid oxidation in minced beef. *Meat Science*, 55(3), 331–336.

Hughes, J.M., Oiseth, S.K., Purslow, P.P., Warner, R.D., 2014. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98(3), 520-532.

ISO, 1978. Animal and vegetable fats and oils - Preparation of methyl esters of fatty acids. Method 5509, 1–6.

Kotiguda, G., Kapnoor, S.S., Kulkarni, D., Mulimani, V.H., 2007. Degradation of raffinose oligosaccharides in soymilk by immobilized alpha-galactosidase of *Aspergillus oryzae*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17(9), 1430.

Kumar, V., Rani, A., Goyal, L., Dixit, A.K., Manjaya, J.G., Dev, J., Swamy, M., 2010. Sucrose and raffinose family oligosaccharides (RFOs) in soybean seeds as influenced by genotype and growing location. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(8), 5081-5085.

Ladeira, M.M., Schoonmaker, J.P., Swanson, K.C., Duckett, S.K., Gionbelli, M.P., Rodrigues, L.M., Teixeira, P.D., 2018. Nutrigenomics of marbling and fatty acid profile in ruminant meat. *Animal*, 1-13.

Lee, M.R.F., Merry, R.J., Davies, D.R., Moorby, J.M., Humphreys, M.O., Theodorou, M.K., MacRae, J.C., Scollan, N.D., 2003. Effect of increasing availability of water-soluble carbohydrates on in vitro rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 104(1-4), 59-70.

Licitra, G., Hernandez, T.M. Van Soest, T.P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 57, 347–358.

Liu, J., Fu, R., Liu, R., Zhao, G., Zheng, M., Cui, H., Li, Q., Song, J., Wang, J., Wen, J., 2016. Protein profiles for muscle development and intramuscular fat accumulation at different post-hatching ages in chickens. *PloS One*, 11(8), e0159722.

Loman, A.A., & Ju, L.K., 2016. Soybean carbohydrate as fermentation feedstock for production of biofuels and value-added chemicals. *Process Biochemistry*, 51(8), 1046-1057.

Malau-Aduli, A.E.O., Siebert, B.D., Bottema, C.D.K., Pitchford, W.S., 1997. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48, 715–722.

Maldini, G., Allen, M.S., 2018. Temporal effects of ruminal propionic acid infusion on feeding behavior of Holstein cows in the postpartum period. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3077-3084.

Mennecke, B.E., Townsend, A.M., Hayes, D.J., Lonergan, S.M., 2007. A study of the factors that influence consumer attitudes toward beef products using the conjoint market analysis tool. *Journal of Animal Science*, 85(10), 2639-2659.

Miletić, A., Stojanović, B., Grubić, G., Stojić, P., Radivojević, M., Joksimović-Todorović, M., Popovac, M., Obradović, S., 2017. The soybean molasses in diets for dairy cows. *Mljekarstvo*, 67(3), 217-225.

Miller, R.K. 2004. Chemical and physical characteristics of meat | Palatability. In: C. Devine, C., Dikeman M. (1st ed.), *Encyclopedia of Meat Sciences*. Academic Press, pp. 256–266.

National Research Council, 2007. *Nutrient requirements of small ruminants*. seventh ed. National Academic Press: Washington, DC.

Nguyen, D.V., Malau-Aduli, B.S., Cavalieri, J., Nichols, P.D., Malau-Aduli, A.E., 2018. Supplementation with plant-derived oils rich in omega-3 polyunsaturated fatty acids for lamb production. *Veterinary and Animal Science*.

Oba, M., Mewis, J.L., Zhining, Z., 2015. Effects of ruminal doses of sucrose, lactose, and corn starch on ruminal fermentation and expression of genes in ruminal epithelial cells. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 586-594.

Owens, F.N., Basalan, M., 2016. Ruminal fermentation. In: Millen, D.D., Arrigoni, M.D.B., Pacheco, R.D.L. (first ed), *Rumenology Springer*, pp. 63-102.

Pflanzer, S.B., de Felício, P.E., 2011. Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. *Meat Science*, 87(1), 7-11.

Platter, W.J., Tatum, J.D., Belk, K.E., Koontz, S.R., Chapman, P.L., Smith, G.C., 2005. Effects of marbling and shear force on consumers' willingness to pay for beef strip loin steaks. *Journal of Animal Science*, 83(4), 890-899.

Realini, C.E., Kallas, Z., Pérez-Juan, M., Gómez, I., Olleta, J.L., Beriain, M.J., Albertí, P., Sañudo, C., 2014. Relative importance of cues underlying Spanish consumers' beef choice and segmentation, and consumer liking of beef enriched with n-3 and CLA fatty acids. *Food Quality and Preference*, 33, 74-85.

Rodrigues, M.S., Moreira, F.S., Cardoso, V.L., de Resende, M.M., 2017. Soy molasses as a fermentation substrate for the production of biosurfactant using *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(22), 18699-18709.

Russell, J.B., Wallace, R.J., 1997. Energy-yielding and energy-consuming reactions. In: Robson, P.N., Stewart, C.S. (second ed), *The rumen microbial Ecosystem*. Springer, Dordrecht, pp. 246-282.

Samuel, V.T., 2011. Fructose induced lipogenesis: from sugar to fat to insulin resistance. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 22(2), 60-65.

Sánchez, M., Beriain, M.J., Carr, T.R., 2012. Socio-economic factors affecting consumer behaviour for United States and Spanish beef under different information scenarios. *Food Quality and Preference*, 24(1), 30-39.

Silva Sobrinho, A.G., Body composition and characteristics of carcass from lambs of different genotypes and ages at slaughter. Palmerston North: Massey University, 1999.

Siri-Tarino, P.W., Sun, Q., Hu, F.B., Krauss, R.M., 2010. Saturated fat, carbohydrate, and cardiovascular disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(3), 502-509.

Smith, S.B., Blackmon, T.L., Sawyer, J.E., Miller, R.K., Baber, J.R., Morrill, J.C., Wickersham, T.A., 2018. Glucose and acetate metabolism in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissues from steers infused with glucose, propionate, or acetate. *Journal of Animal Science*, 96(3), 921-929.

Starkey, C.P., Geesink, G.H., Collins, D., Oddy, V.H., Hopkins, D.L., 2016. Do sarcomere length, collagen content, pH, intramuscular fat and desmin degradation explain variation in the tenderness of three ovine muscles? *Meat Science*, 113, 51-58.

Stocks, S.E., Allen, M.S., 2012. Hypophagic effects of propionate increase with elevated hepatic acetyl coenzyme A concentration for cows in the early postpartum period. *Journal of Dairy Science*, 95(6), 3259-3268.

Ulbricht, T.L.V., Southgate, D.A.T., 1991. Coronary heart disease: Seven dietary factors. *Lancet*, 338, 985–992.

Ulyatt, M.J., 1964. The use of polyethylene glycol as a marker for measuring rumen water volume and the rate of flow of water from the rumen of grazing sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 7(4), 713-722.

Valsta, L.M., Tapanainen, H., Männistö, S., 2005. Meat fats in nutrition. *Meat Science*, 70 (3), 525-530.

Van Soest P.J., Wine R.H., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. *Journal Association of Official Analytical Chemists* 50, 50–55.

Volpi-Lagreca, G., Duckett, S.K., 2016. Supplementation of glycerol or fructose via drinking water to enhance marbling deposition and meat quality of finishing cattle. *Journal of Animal Science*, 94(2), 858-868.

Wahle K.W.J., Heys S.D., Rotondo D., 2004. Conjugated linoleic acids: are they beneficial or detrimental to health? *Progress in Lipid Research* 43: 55-587.

Warren, H.E., Scollan, N.D., Enser, M., Hughes, S.I., Richardson, R.I., Wood, J.D. 2008. 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*, 78(3), 256-269.

Wheeler, T.L., Vote, D., Leheska, J.M., Shackelford, S.D., Belk, K.E., Wulf, D.M., 2002. The efficacy of three objective systems for identifying beef cuts that can be guaranteed tender. *Journal of Animal Science*, 80(12), 3315–3327.

Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M., 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78(4), 343-358.

Wood, J.D., Nute, G.R., Richardson, R.I., Whittington, F.M., Southwood, O., Plastow, G., Mansbridge, R., da Costa, N., Chang, K.C., 2004. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Science*, 67(4), 651-667.

**Tabela 1**

Ingredientes, composição centesimal, bromatológica e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais.

Item	Tratamento		
	CON	M150	M300
Composição centesimal, g/kg			
Silagem de Milho	400,0	400,0	400,0
Milho grão moído	300,0	150,0	0,0
Farelo de trigo	121,0	110,5	98,5
Farelo de soja	153,0	163,0	174,5
Ureia	11,0	11,5	12,0
Melaço de soja	0,0	150,0	300,0
Sal Mineral <sup>1</sup>	5,0	5,0	5,0
Calcário	10,0	10,0	10,0
Composição bromatológica calculada <sup>2</sup> , g/kg			
Matéria seca	631,8	604,8	570,0
Matéria mineral	51,2	67,1	82,9
Matéria orgânica	948,8	932,9	917,1
Proteína bruta	181,7	182,2	183,2
Extrato etéreo	36,6	30,3	24,0
PDR <sup>3</sup>	699,7	828,5	817,2
PNDR <sup>3</sup>	300,3	171,5	182,8
FDN	388,7	353,9	318,9
FDN <sub>cp</sub>	346,5	315,2	283,6
FDA	198,7	190,4	182,1
Carboidratos totais	751,1	741,9	732,3
Carboidratos não fibrosos	404,8	426,9	448,9
Amido	388,8	278,8	168,4
Açúcar total <sup>4</sup>	16	148,1	280,5
Energia metabolizável, Mcal/kg	2,7	2,7	2,7
Ca	6,1	6,0	6,0
P	4,0	3,7	3,9
K	5,2	10,1	15,1
Perfil de ácidos graxos, %			
C8:0	0,08	0,07	0,08
C10:0	0,08	0,08	0,09
C12:0	0,13	0,1	0,12
C14:0	0,19	0,17	0,19
C15:0	0,05	0,07	0,08
C16:0	15,64	16,61	18,2
C16:1	0,18	0,15	0,17
C17:0	0,16	0,16	0,18

C 17:1	0,04	0,05	0,05
C18:0	3,15	3,19	3,34
C18:1n9c	27,37	24,01	18,94
C18:1n7	0,9	0,98	1,29
C18:2n6c	45,68	46,88	48,09
C18:3n6	0,1	0,16	0,3
C18:3n3	4,38	5,46	7,24
C 20:0	0,54	0,47	0,36
C20:1n9	0,32	0,33	0,29
C20:2	0,13	0,14	0,13
C22:0	0,35	0,37	0,37
C23:0	0,08	0,12	0,09
C24:0	0,45	0,43	0,4
AGS Total <sup>5</sup>	20,90	21,84	23,50
AGM Total <sup>5</sup>	28,81	25,52	20,74
AGP Total <sup>5</sup>	50,29	52,64	55,76
AGM/AGS	1,38	1,17	0,88
AGP/AGS	2,41	2,41	2,37
AGI/AGS	3,78	3,58	3,26
N-6 <sup>6</sup>	45,78	47,04	48,39
N-3 <sup>6</sup>	4,38	5,46	7,24
N-6/N-3	10,45	8,62	6,68

<sup>1</sup>Composição por kg: P (60g), Ca (100g), Na (195g), Cl (300g), Mg (10g), S (25g), Zn (4g), Cu (0,6g), Mn (0,6g), Fe (1,2g), Co (0,1g), I (0,18g), Fl (0,06g)

<sup>2</sup>FDN – Fibra em detergente neutro; FDNcp – Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDA – Fibra em detergente ácido; PDR – Proteína degradável no rúmen; PNDR – Proteína não degradável no rúmen.

<sup>3</sup>PNDR =  $1 - (a + bc) / (c + k)$ ; PDR = 100 – PNDR

<sup>4</sup>Açúcar total = CNF – Amido

<sup>5</sup>AGS – Ácido graxo saturado; AGM – Ácido graxo monoinsaturado; AGP – Ácido graxo poli-insaturado; AGI – Ácido graxo insaturado

<sup>6</sup>n6 – Ômega 6; n3 – Ômega 3.

**Tabela 2****Composição bromatológica do melaço de soja**

Item	Quantidade
Matéria seca, g/100 g	646
Matéria mineral, g/100 g	122,5
Matéria orgânica, g/100 g	877,5
Proteína bruta, g/100 g	69,3
Extrato etéreo, g/100 g	17,7
Fibra em detergente neutro, g/100 g	2,6
Glicose, g/100 g	3,58
Frutose, g/100 g	3,85
Galactose, g/100 g	1,88
Sacarose g/100 g	29,04
Rafinose, g/100 g	9,98
Estaquiose, g/100 g	30,72
K, g/100 g	2,09
P, mg/100 g	123,70
Mg, mg/100 g	124,40
Na, mg/100 g	19,30
Cu, mg/100 g	1,00
Fe, mg/100 g	3,90
Ca, mg/100 g	6,30

produzido pela CARAMURU ALIMENTOS S/A, São Simão, GO -  
Brasil

**Tabela 3**

Consumo de matéria seca e nutriente, desempenho de cordeiros em confinamento alimentados com diferentes concentrações de melação de soja

Item <sup>1</sup>	Tratamento			EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>		
	CON	M150	M300		CON vs M	L	Q
CMS, g/dia	995	1144	969	21,71	0,33	0,67	<0,01
CMO, g/dia	962	1047	888	20,72	0,78	0,07	0,02
CFDN, g/dia	358	363	276	7,80	<0,01	<0,01	0,01
CPB, g/dia	192	210	174	4,05	0,64	0,02	<0,01
CEE, g/dia	38,1	36,8	25,9	0,83	<0,01	<0,01	<0,01
GMD, g/dia	232	232	196	9,86	0,31	0,11	0,50
EA	0,24	0,21	0,20	0,0063	0,01	<0,01	0,61

<sup>1</sup>CMS - Consumo de matéria seca; CMO – Consumo de matéria orgânica; CFDN – Consumo de fibra em detergente neutro; CPB – Consumo de proteína bruta; CEE – Consumo de extrato etéreo; GMD – Ganho médio diário; EA – Eficiência alimentar.

<sup>2</sup>Erro padrão da média.

<sup>3</sup>Contraste: CON vs M - Controle vs melação de soja; L - Linear; Q – Quadrático.

**Tabela 4**

Características de carcaça de cordeiros em confinamento alimentados com diferentes concentrações de melaço de soja

Item <sup>1</sup>	Tratamento			EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>		
	CON	M150	M300		CON vs M	L	Q
PC final, kg	32,22	33,79	30,59	0,97	0,72	0,31	0,34
PCQ, kg	15,44	16,40	15,01	0,48	0,97	0,58	0,35
PCF, kg	15,31	16,19	14,83	0,47	0,95	0,52	0,36
RCQ, %	47,91	48,52	49,01	0,28	0,20	0,14	0,96
RCF, %	47,52	47,95	48,41	0,24	0,25	0,17	0,95
PR, %	0,81	1,15	1,20	0,13	0,22	0,24	0,64
EG, mm	2,61	2,24	2,50	0,11	0,37	0,72	0,27
AOL, cm <sup>2</sup>	11,74	11,60	10,65	0,47	0,46	0,33	0,87

<sup>1</sup>PC inicial – Peso corporal inicial; PC final – Peso corporal final; PCQ – Peso de carcaça quente; PCF – Peso de carcaça fria; RCQ – Rendimento de carcaça quente; RCF – Rendimento de carcaça fria; PR – Perda por resfriamento; EG – Espessura de gordura; AOL – Área de olho de lombo.

<sup>2</sup>Erro padrão da média.

<sup>3</sup>Contrastes: CON vs M - Controle vs melaço de soja; L - Linear; Q – Quadrático.

**Tabela 5**

Capacidade de retenção de água, pH, perda por cocção, força de cisalhamento e cor do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros em confinamento alimentados com diferentes concentrações de melão de soja

Item <sup>1</sup>	Tratamento			EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>		
	CON	M150	M300		CON vs M	L	Q
pH <sub>45min.</sub>	6,25	6,24	6,25	0,0472	0,94	0,96	0,83
pH <sub>24h</sub>	5,56	5,60	5,63	0,0374	0,45	0,55	0,95
CRA, %	73,73	71,35	71,57	0,56	0,03	0,08	0,23
PPC, %	27,74	23,04	24,88	1,22	0,19	0,37	0,28
WBSF, N	35,48	31,65	25,97	1,66	0,06	0,02	0,85
<i>Cor</i>							
L*	32,54	32,01	31,02	0,62	0,54	0,36	0,76
a*	12,56	12,07	12,97	0,38	0,96	0,70	0,49
b*	3,28	3,24	3,58	0,17	0,71	0,51	0,73

<sup>1</sup>CRA – Capacidade de retenção de água; PPC – Perda por cocção; WBSF – Warner Bratzler shear force; L\* - Luminosidade; a\* - Intensidade de vermelho; b\* - Intensidade de amarelo.

<sup>2</sup>Erro padrão da média.

<sup>3</sup>Contraste: CON vs M - Controle vs melão de soja; L - Linear; Q – Quadrático.

**Tabela 6**

Composição centesimal do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros em confinamento alimentados com diferentes concentrações de melado de soja

Item, g/100g	Tratamento			EPM <sup>1</sup>	P-valor <sup>2</sup>		
	CON	M150	M300		CON vs M	L	Q
Umidade	71,88	71,64	69,34	0,48	0,19	0,04	0,36
Matéria mineral	1,21	1,32	1,18	0,03	0,60	0,70	0,12
Proteína bruta	20,23	20,26	21,11	0,29	0,48	0,32	0,44
Lipídeos totais	2,02	2,45	3,61	0,21	<0,01	<0,01	0,70

<sup>1</sup>Erro padrão da média.

<sup>2</sup>Contrastes: CON vs M – Controle vs melado de soja; L- Linear; Q – Quadrático.

**Tabela 7**

Perfil de ácidos graxos identificados no músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros alimentados com concentrações crescentes de melação de soja

Ácidos graxos, mg/100g carne		Tratamento			EPM <sup>1</sup>	P-valor <sup>2</sup>		
		CON	M150	M300		CON vs M	L	Q
<b>Saturados</b>								
Cáprico	C10:0	2,84	3,61	5,74	0,43	<0,01	<0,01	0,45
Láurico	C12:0	1,47	1,90	2,89	0,20	0,01	<0,01	0,44
Mirístico	C14:0	42,21	48,29	79,90	5,45	<0,01	<0,01	0,28
Pentadecanoico	C15:0	4,60	4,96	6,22	0,41	0,08	0,01	0,43
Palmitico	C16:0	544,62	623,81	961,0	60,57	<0,01	<0,01	0,23
Heptadecanoico	C17:0	17,40	19,54	27,40	1,63	<0,01	<0,01	0,40
Estearico	C18:0	386,49	415,25	636,48	41,56	0,02	<0,01	0,11
Araquídico	C20:0	1,84	1,77	2,86	0,19	0,19	0,03	0,02
<b>Monoinsaturados</b>								
Miristoleico	C14:1 cis9	1,15	1,44	2,18	0,17	0,01	<0,01	0,57
Palmitoleico	C16:1 cis9	30,84	37,05	57,22	3,87	<0,01	<0,01	0,44
Heptadecenoico	C17:1	10,87	13,28	19,29	1,19	<0,01	<0,01	0,47
Oleico	C18:1 n9	903,88	1085,01	1563,46	98,21	0,01	<0,01	0,41
Cis-Vacênico	C18:1 n7	31,83	36,47	51,46	3,31	<0,01	<0,01	0,47
Eicosenoico	C20:1 n9	1,62	1,92	2,55	0,15	0,04	0,01	0,53
<b>Poli-insaturados</b>								
α Linolenico	C18:3 n3	3,52	4,08	5,53	0,31	<0,01	<0,01	0,58
γ Linolenico	C18:3 n6	2,53	2,47	3,67	0,23	0,01	<0,01	0,14
CLA	C18:2 cis9 trans11	6,96	8,50	11,50	0,78	0,01	0,02	0,52
Linoleico	C18:2 n6	87,39	87,41	102,75	5,74	0,45	0,20	0,61
Eicosadienoico	C20:2	0,72	0,76	0,99	0,07	0,15	0,03	0,63
Eicosatrienoico	C20:3 n6	2,59	2,74	3,88	0,21	0,04	<0,01	0,15
Araquidônico	C20:4 n6	36,04	35,89	51,35	3,30	0,16	0,05	0,24
EPA	C20:5 n3	1,45	1,35	1,69	0,12	0,78	0,44	0,38
DTA	C22:4 n6	3,18	3,41	5,04	0,34	0,06	0,02	0,29
DPA	C22:5 n3	3,77	3,56	5,61	0,36	0,17	0,03	0,08
DHA	C22:6 n3	0,85	0,94	1,13	0,08	0,2310	0,13	0,79

<sup>1</sup>Erro padrão da média.

<sup>2</sup>Contraste: CON vs M – Controle vs melação de soja; L- Linear; Q – Quadrático.

**Tabela 8**

Total de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados, índice de atividades enzimáticas do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros em confinamento alimentados com diferentes concentrações de melação de soja

Item <sup>1</sup>	Tratamento			EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>		
	CON	M150	M300		CON vs M	L	Q
AGS Total, mg/100g	1001,47	1119,12	1722,89	108,92	<0,01	<0,01	0,30
AGM Total, mg/100g	980,21	1175,18	1696,16	106,46	<0,01	<0,01	0,43
AGP Total, mg/100g	149,03	151,13	193,14	10,67	0,24	0,08	0,39
AGM/AGS	0,99	1,04	1,00	0,02	0,49	0,74	0,44
AGP/AGS	0,16	0,13	0,12	0,006	0,01	<0,01	0,75
AGI/AGS	1,15	1,18	1,12	0,02	0,68	0,39	0,54
Ômega 3 Total, mg/100g	9,63	9,93	13,96	0,79	0,10	0,02	0,21
Ômega 6 Total, mg/100g	131,72	131,94	166,69	9,28	0,31	0,11	0,41
n-6/n-3	13,79	13,30	12,05	0,27	0,05	<0,01	0,51
$\Delta^9$ Desaturase 16	5,48	5,49	5,61	0,74	0,47	0,59	0,74
$\Delta^9$ Desaturase 18	70,64	71,81	71,28	0,53	0,58	0,77	0,53
Elongase	68,83	69,56	67,90	0,87	0,24	0,11	0,87
Aterogenicidade	0,63	0,62	0,68	0,53	0,20	0,39	0,53

<sup>1</sup>AGS – Ácido graxo saturado; AGM – Ácido graxo monoinsaturado; AGP – Ácido graxo poli-insaturado; AGI – Ácido graxo insaturado.

<sup>2</sup>Erro padrão da média.

<sup>3</sup>Contraste: CON vs M – Controle vs melação de soja; L- Linear; Q – Quadrático.

## CAPÍTULO 3

**O artigo a seguir está redigido conforme normas de publicação da “Animal Feed Science and Technology”, exceto o idioma.**

### CAPÍTULO 3 - SUBSTITUIÇÃO PARCIAL OU TOTAL DO MILHO PELO MELAÇO DE SOJA NO METABOLISMO RUMINAL DE OVINOS CONFINADOS

#### RESUMO

O objetivo neste estudo foi avaliar a substituição do milho por melaço de soja, em dietas para ovinos confinados, e seu efeito sobre os parâmetros ruminais, como pH, N-amoniaco, ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), degradabilidade *in situ*, produção de gás e digestibilidade *in vitro*. Nove carneiros cruzados, não castrados canulados no rúmen (73,3 kg  $\pm$  2,5 e 18 meses de idade) foram aleatoriamente distribuídos em delineamento de quadrado latino 3  $\times$  3 triplo. Os tratamentos continham 0, 150 e 300 g/kg de melaço de soja na base seca. O melaço de soja substituiu totalmente o milho grão moído no tratamento que continha 300 g/kg do subproduto. A inclusão crescente do melaço de soja aumentou a digestibilidade *in vitro* da MS em comparação ao tratamento controle ( $P < 0,01$ ) quando a inclusão foi de 150 g/kg de melaço de soja, houve aumento na digestibilidade *in vitro* da FDN (Quadrático,  $P < 0,01$ ). O pH aumentou linearmente ( $P = 0,02$ ), enquanto o N-amoniaco reduziu ( $P < 0,01$ ) conforme aumentava-se a inclusão do melaço de soja na dieta, não houve diferença entre os tratamentos na produção total de gás e produção total de AGCC ( $P \geq 0,54$ ). Contudo, a proporção de butirato aumentou linearmente ( $P = 0,05$ ). A inclusão crescente do melaço de soja aumentou as proporções das frações “a + b” ( $P < 0,01$ ) e degradabilidade efetiva da MS ( $P < 0,01$ ), além de influenciar de forma quadrática a taxa de degradação da fração “b” da PB ( $P < 0,01$ ) e a degradabilidade efetiva da fração fibrosa da dieta ( $P < 0,01$ ). A inclusão de até 300 g/kg de melaço de soja na base seca em dietas para ovinos além de não afetar negativamente o metabolismo, melhorou o pH ruminal e a digestibilidade *in vitro*, evidenciando ser ingrediente energético alternativo ao milho na alimentação de ovinos em confinamento.

**Palavras-chave:** açúcares; degradabilidade *in situ*; estaquiose; rafinose; subproduto

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de subprodutos da agroindústria é uma realidade na produção de ruminantes em todo o mundo. A alta capacidade destes animais em converter biomassa fibrosa não comestível em produto de alta qualidade (Valenti et al., 2018) garante aos ruminantes a vantagem de não depender totalmente de grãos e cereais, o que reduz os custos no seu sistema de produção.

Para isso, a busca por alimentos em potencial com disponibilidade o ano todo, de baixo custo e valor nutricional atraente é constante, e nesse contexto o melaço de soja se insere. Ele é obtido a partir da desolventização com etanol do farelo de soja desengordurado, que separa a proteína dos carboidratos. Após dispersão em água e centrifugação, os produtos obtidos em maiores quantidades são o: concentrado proteico de soja ou isolado proteico de soja, e em menores, o subproduto melaço de soja (Loman e Ju, 2016).

O melaço de soja possui coloração marrom escura e se assemelha ao xarope, devido a sua alta composição de monossacarídeos e oligossacarídeos possui sabor agridoce (Chajuss, 2004). Sua utilização para animais não ruminantes é limitada, devido à ausência da enzima  $\alpha$ -galactosidase que impossibilita a digestão dos oligossacarídeos no trato gastrointestinal, e ao se acumularem no intestino, sofrem fermentação ocasionando flatulências e diarreias (Choct, 2010).

Contudo, na alimentação de animais ruminantes há grande potencial que foi pouco explorado até o momento. Ao investigar a inclusão de 3,7% de melaço de soja na dieta de vacas lactantes (Miletic et al., 2017), observaram que o subproduto proporcionou aumento na produção e no rendimento do leite em proteínas. Paula (2015) avaliou a inclusão do melaço de soja em até 12% na MS e não encontrou efeitos sobre digestibilidade aparente da MS e nutrientes, e comportamento ingestivo de ovelhas adultas, no entanto evidenciou a necessidade de estudos com maiores inclusões do subproduto nas dietas.

Não existem dados suficientes sobre os efeitos do melaço de soja no metabolismo e ambiente ruminal destes animais. Sendo assim, a hipótese deste estudo é que o melaço de soja não afeta negativamente o metabolismo ruminal de ovinos quando comparados ao alimento energético padrão: milho. Para isso, o

objetivo neste estudo foi avaliar a substituição do milho por melaço de soja em dietas para ovinos confinados e seu efeito sobre os parâmetros ruminais, como pH, N-amoniaco, ácidos graxos de cadeia curta, degradabilidade *in situ*, digestibilidade *in vitro* e produção de gás *in vitro*.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado na Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos do Departamento de Zootecnia, pertencente à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal, SP - Brasil. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (nº protocolo 6772/17) desta instituição.

### **2.1 Animais, dietas e design experimental**

Nove carneiros, canulados no rúmen, não castrados, mestiços Santa Inês x Dorper (73,3 kg  $\pm$  2,5 e 18 meses de idade) foram sorteados aleatoriamente em delineamento quadrado latino 3 x 3 triplo. Os animais permaneceram em baias individuais semicobertas de 2,5m<sup>2</sup>, com piso de concreto, comedouros individuais e bebedouros coletivos. Cada um dos três períodos experimentais era composto por 21 dias, sendo os 14 primeiros destinados à adaptação e os demais 7 dias às colheitas.

As dietas experimentais foram formuladas, de acordo com NRC (2007), para serem semelhantes em relação aos teores de proteína e energia (18% PB e 2,7 Mcal/kg MS), suprimindo as exigências para ganhos de 250 g/dia, com relação volumoso:concentrado de 40:60. Os tratamentos foram identificados como: CON – sem inclusão de melaço de soja; M150 – contendo 150 g/kg de melaço de soja na base seca da dieta; e M300 - contendo 300 g/kg de melaço de soja na base seca da dieta, o que correspondeu à substituição total do milho (Tabela 1). A composição do melaço de soja utilizado no estudo segue relatada na Tabela 2.

## **2.2 Consumo, pH ruminal, nitrogênio amoniacal e ácidos graxos de cadeia curta**

O concentrado, a silagem de milho e o melaço de soja foram pesados separadamente e misturados no momento da alimentação, dividindo igualmente para duas refeições no dia (0800 e 1600 h). Por sete dias, as sobras foram coletadas e pesadas diariamente, antes da primeira refeição, garantir que sempre houvesse entre 3 e 5% de alimento remanescente no cocho, a fim de permitir a seletividade de cada animal, e também, obtenção do consumo de matéria seca (CMS) e dos nutrientes.

Amostras do conteúdo ruminal foram colhidas dos carneiros no 17º dia de cada período experimental, nos tempos 0, 2, 4, 6, 8 e 10 h após a primeira refeição, para mensurar pH, nitrogênio amoniacal (N-amoniaco) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) ruminais. Aproximadamente 250 g de conteúdo ruminal foram colhidos da porção ventral do rúmen e filtrados em quatro camadas de pano de queijaria, e levados imediatamente ao laboratório para análise.

O pH foi aferido com phmetro digital de bancada (K39-1014B, KASVI, São José dos Pinhais, PR - Brasil). As concentrações de N-amoniaco foram obtidas em aparato micro Kjeldahl, (TE-0363; Tecnal Piracicaba, SP - Brasil) com uso de KOH segundo protocolo descrito por Detmann et al. (2012). Para obtenção das concentrações de AGCC, aproximadamente 2 mL de fluido ruminal foi centrifugado duas vezes a 12 000 × g. por 15 min cada (MINI Gyrozen Micro centrifuge, Yuseong-gu, Korea) com 10 µL de ácido fórmico (98-100%). Após a centrifugação, 0,5 mL do sobrenadante foi transferido para o vial cromatográfico. As concentrações de AGCC foram determinadas a partir da injeção de 1 µL do clarificado no cromatógrafo a gás (TRACE 1300, Thermo Scientific, MA - USA) equipado com coluna capilar de 25 m HP-FFAP (0,320 mm; 0,50 µm J&W Agilent Technologies Inc.; Palo Alto, CA - EUA). O gás de arraste utilizado foi o hidrogênio e a temperatura do forno programada inicial foi de 80°C, com taxa de 10°C/min até alcançar 140°C e em seguida com taxa de 20°C/min para atingir 200°C num tempo total de separação de 10 min. O tempo de retenção, área dos picos e valores de porcentagem relativa da área foram obtidos com software Chrom Quest 4.1 e a curva de calibração foi feita por meio de padrões

cromatográficos (Chem Service, West Chester, PA - EUA) de ácido acético (99,5%; CAS 64-19-97), ácido propiônico (99%; CAS 79-09-4), ácido isobutírico (99%; CAS 79-31-2), ácido butírico (98.7%; CAS 107-92-6), ácido isovalérico (99%; CAS 503-74-2), e ácido valérico (99%; CAS 109-52-4).

### 2.3 Produção de gás e digestibilidade *in vitro*

No 15º dia de cada período experimental, dois ensaios *in vitro* eram conduzidos de forma simultânea, um para avaliação da produção total de gás e outro para estimativa da digestibilidade *in vitro*. Foram colhidos, da porção ventral do rúmen, aproximadamente 500g de conteúdo ruminal de cada animal através da cânula, os quais foram filtrados em quatro camadas de panos de queijaria e armazenados em garrafas térmicas (pré-aquecidas a 39°C). Após a colheita, o material foi imediatamente levado ao laboratório para análise.

Para a produção total de gás, 200 mg da dieta total, moídos a 1 mm, foram pesados em frascos com capacidade de 60 mL. O fluido ruminal foi misturado à solução tampão de Goering e Van Soest (1970) na proporção de 1:2, totalizando 20 mL de inóculo em cada frasco. Os recipientes foram purgados com CO<sub>2</sub>, tampados com tampas de borracha, lacrados com anilhas de alumínio e levados ao agitador orbital aquecido, com agitação de 80 rpm e temperatura de 39°C (SL 222, Solab, Piracicaba, SP - Brasil). A produção de gás foi avaliada por meio da pressão acumulada nos tempos 6, 12, 24, 48 e 72 h, aferida em psi (libra por polegada quadrada) com transdutor de pressão e data logger (Omega HHP9303, Stamford, CT - EUA). Em cada tempo de mensuração dos gases, os frascos correspondentes eram retirados e então imersos em água gelada, para cessar a atividade microbiana. Posteriormente, a pressão aferida em psi foi convertida para mL/g de gás a partir do desenvolvimento de regressão relacionando pressão com volume conhecido.

A digestibilidade *in vitro* foi avaliada utilizando metodologia proposta por Holden (1999), com auxílio do fermentador Ankom Daisy<sup>II</sup> (Tecnologia ANKOM Corp., Macedon - NY). Em três jarros foram purgados CO<sub>2</sub> e pré-aquecidos (39°C) no próprio fermentador Daisy<sup>II</sup>, e dentro deles vinte sacos foram adicionados (15 = amostras e 5 = brancos) de tecido não tecido (5 x 5 cm; 20 mg de MS/cm<sup>2</sup>) com 500

mg de dieta total, moída a 1 mm, o qual cada jarro correspondeu a um tratamento. A solução era composta por 400 mL de fluido ruminal (133 mL de cada carneiro adaptado a mesma dieta), 1330 mL de solução tampão "A" (10 g/L de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0,5 g/L de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0,5 g/L de NaCl, 0,1 g/L de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e 0,5 g/L de  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) e colocada dentro de cada jarro fermentador, juntamente com 266 mL de solução tampão "B" (15 g/L  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  e 1 g/L de  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ).

Após 48 h de incubação, 40 mL de HCl (6 mol/L) e 8 g de pepsina (1:10 000) foram adicionados em cada jarro e incubados por mais 24 h. Os resíduos contidos em cada saco foram lavados em água corrente e posteriormente, levados à estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 h. Foram avaliadas as digestibilidades *in vitro* da matéria seca (DIVMS), proteína bruta (DIVPB) e fibra em detergente neutro (DIVFDN).

#### **2.4 Degradabilidade ruminal *in situ***

Os parâmetros de degradação ruminal *in situ* foram determinados de acordo com metodologia proposta por Orskov e McDonald (1979). Sacos de poliéster foram parcialmente secos em estufa de ventilação forçada (55°C) por 72 h e posteriormente secos em estufa a 105°C por duas horas. Após a obtenção das taras dos sacos, amostras das dietas previamente secas (55°C por 72 h) foram moídas (silagem de milho a 5 mm e concentrado a 2 mm) e pesadas 40 mg/cm<sup>2</sup> na forma de ração total e acondicionadas dentro dos sacos, os quais foram selados a quente.

Foram incubadas amostras em duplicata com adicional de um branco em cada tempo de incubação e tratamento. A incubação ocorreu nos tempos 4, 8, 12, 24, 36, 48 e 96 h, em que os sacos foram inseridos no rúmen em ordem reversa, para que fossem retirados todos ao mesmo tempo. Os sacos pertencentes ao tempo 0 de cada tratamento não foram submetidos à incubação ruminal, estes foram lavados apenas em água corrente.

Após serem retirados do rúmen, os sacos foram lavados manualmente em água corrente por 30 min, com finalidade de padronização e assegurar que não houvesse mais material remanescente em suspensão na água. Após serem pré-secos os resíduos que não foram degradados foram submetidos à análise de

matéria seca (MS), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB). As cinéticas de degradação da MS, PB e FDN foram obtidas por meio da equação:  $DP = a + b (1 - e^{-kdt})$ , onde “DP” é o potencial máximo de degradação da dieta no rúmen, “a” = fração solúvel em água e representa o tempo 0, “b” = fração insolúvel e potencialmente degradável, “kd” = taxa de degradação da fração “b” por hora e “t” = tempo de incubação.

A degradabilidade ruminal efetiva foi estimada utilizando equação de  $DE = a + [(b \times kd) / (kd + kp)]$ , onde, DE = degradabilidade efetiva em porcentagem; kp = taxa de passagem considerada como 5% e “a”, “b” e kd as mesmas constantes da equação anteriormente descrita (AFRC 1993).

## 2.5 Análises bromatológicas

Amostras dos ingredientes, sobras, resíduos da degradabilidade in situ e digestibilidade in vitro, foram submetidas à estufa de ventilação forçada (55°C) por 72 h e posteriormente moídas em moinhos do tipo Willey, em peneiras com crivo de 1 mm. Para determinação MS as amostras foram secas em estufa 105°C (AOAC, 1990 método 967.06) e a determinação da PB foi realizada por meio de aparelho micro Kjeldahl e multiplicação do valor obtido de N total por 6,25 (AOAC, 2002 método 2001.11). A FDN foi determinada conforme Van Soest e Wine (1967) com adaptações de Dettman et al. (2012).

Nas amostras dos alimentos ainda foram realizadas análises de matéria mineral (MM) mediante combustão completa em mufla a 600°C por 4 h (AOAC, 2002 método 942.05), extrato etéreo (EE) pela extração em éter de petróleo em aparato Soxhlet por 4 h (AOAC, 2005 método 920.39), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) segundo proposto por Van Soest e Wine (1967), fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp) segundo Licitra et al. (1996); carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados mediante equação de Hall (2000) e carboidratos totais segundo equação de Sniffen et al. (1992).

## 2.6 Análise estatística

Os dados foram analisados como quadrado latino 3 × 3 triplo utilizando o PROC MIXED do SAS, (SAS Institute INC., Cary, NY). Os tratamentos foram considerados como efeito fixo e os animais e períodos como efeito aleatório. O modelo estatístico para o estudo foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{k(j)} + \lambda_{l(j)} + \alpha\beta_{(ij)} + \varepsilon_{ijkl}$$

Onde:

$Y_{ijkl}$  = valor observado na parcela para tratamento i, quadrado latino j, período k e carneiro l;

$\mu$  = média geral;

$\alpha_i$  = efeito do tratamento i;

$\beta_j$  = efeito do quadrado latino j;

$\gamma_{k(j)}$  = efeito do período k dentro do quadrado latino j;

$\lambda_{l(j)}$  = efeito do carneiro l dentro do quadrado latino j;

$\alpha\beta_{(ij)}$  = efeito da interação i do tratamento e quadrado latino j;

$\varepsilon_{ijkl}$  = erro residual.

Os dados de pH, N-amoniaco e AGCC foram considerados como medidas repetidas no tempo. Estruturas de variância e covariância foram testadas e a melhor foi selecionada para cada variável, com base na menor informação de Akaike. Os efeitos de tratamento foram testados por meio de contrastes: efeito linear da adição crescente do melaço de soja; efeito quadrático da adição crescente do melaço de soja e efeito controle vs tratamentos contendo melaço de soja.

Os valores de significância adotados foram de 5% e tendência de 10% ( $0,10 < P < 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Consumo, digestibilidade *in vitro* e produção de gás

A inclusão crescente do melaço de soja não alterou o consumo de MS, FDN e PB ( $P > 0,05$ , Tabela 3). Todavia, promoveu efeito quadrático para DIVFDN ( $P < 0,01$ ), com valor médio máximo para a inclusão de 150 g/kg do subproduto. Semelhantemente, para DIVMS, efeito quadrático foi observado ( $P < 0,01$ ), assim como efeito de controle vs melaço de soja, independente do seu nível de inclusão ( $P < 0,01$ ). Em média, a DIVMS nos tratamentos com melaço de soja foi 87,38%, contra 85,58% no tratamento controle. Adicionalmente, não foi observado efeito dos tratamentos sobre a DIVPB e a produção total de gás ( $P > 0,10$ , Tabela 3 e Figura 1).

#### 3.2 pH, nitrogênio amoniacal e perfil de AGCC ruminais

Não houve interação de tempo de amostragem e tratamento para as variáveis pH, N-amoniacal e AGCC ( $P > 0,05$ ). O pH ruminal aumentou linearmente com a inclusão do melaço de soja ( $P = 0,02$ , Tabela 4), com tendência para inclusão de melaço de soja contra o controle ( $P = 0,08$ ). Os valores médios foram de 5,9 no tratamento CON e 6,11 para melaço de soja (SM).

A adição do subproduto da soja reduziu linearmente o N-amoniacal ( $P = 0,006$ ), com maiores concentrações no tratamento controle em detrimento do melaço de soja. A produção total de AGCC não foi influenciada pelo melaço de soja ( $P > 0,05$ ), mas ao avaliar os ácidos graxos individualmente, verificou-se que o ácido valérico sofreu efeito quadrático ( $P = 0,05$ ), com maiores médias para o tratamento M150, enquanto a proporção de ácido butírico aumentou linearmente ( $P = 0,05$ ), com valores médios de 14.08, 15.98 e 16.94% para CON, M150 e M300 respectivamente (Tabela 4).

### 3.3 Degradabilidade ruminal *in situ*

Sobre a degradabilidade da matéria seca, a inclusão crescente do melaço de soja aumentou linearmente as frações “a + b” ( $P < 0,01$ ), a DE5% ( $P < 0,01$ ) e a DP ( $P < 0,01$ ), também foi observado efeito de controle vs melaço de soja ( $P < 0,01$ ,  $P < 0,01$  e  $P < 0,01$  respectivamente; Tabela 5).

A adição do subproduto também evidenciou efeito linear crescente sobre as frações “a + b” da proteína ( $P < 0,01$ ) e degradabilidade efetiva com taxa de passagem de  $5\% h^{-1}$  ( $P < 0,01$ ), enquanto sobre a taxa de degradação foi observado efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) com a inclusão do melaço de soja, com menor valor médio no tratamento M150. Efeito controle vs melaço de soja também foi demonstrado sobre as frações “a + b” ( $P < 0,01$ ), kd ( $P = 0,02$ ) e DE5% ( $P < 0,01$ ). Em média, os valores de kd e DE5% para proteína bruta nos tratamentos com melaço de soja foram, respectivamente 5,17 e 82,22% contra 4,53 e 69,62% para o tratamento controle.

O melaço de soja influenciou de forma quadrática tanto as frações “a + b” ( $P = 0,02$ ) como a degradabilidade efetiva na taxa de  $5\% h^{-1}$  ( $P < 0,01$ ) da fibra. As demais variáveis (kd da MS e FDN) não houve alterações com a inclusão do melaço de soja na dieta ( $P \geq 0,18$ ).

## 4. DISCUSSÃO

A digestibilidade *in vitro* da MS foi maior devido à participação do melaço de soja, uma vez que a sua inclusão foi em substituição ao milho, aumentando a quantidade de carboidratos solúveis (CHOs) em detrimento do amido. CHOs têm como característica alta e rápida taxa de degradação,  $300\% h^{-1}$ , enquanto que o amido possui intermediária, 10 a  $20\% h^{-1}$ , (Sniffen et al., 1983; Sniffen et al., 1992; Oba, 2011). O que justifica as maiores frações “a + b”, bem como DE 5%. Os oligossacarídeos da soja (rafinose e estaquiose) somam mais que 40% da composição do melaço de soja, que nos ruminantes são degradados por bactérias como *Propionibacterium acidipropionici* (Oshio et al., 1987; Azad et al., 2017; Yang

et al., 2018), contribuindo para maior digestibilidade in vitro e degradabilidade ruminal das dietas que continham melaço de soja.

A otimização da digestibilidade in vitro e DE 5% da FDN no tratamento M150 pode estar relacionada às mudanças na fermentação ruminal causada pelo melaço de soja. Esta condição e a menor taxa de degradação da PB (4,43 % h<sup>-1</sup>) pode ter proporcionado maior crescimento da população microbiana, especialmente, os protozoários (Dijkstra et al., 1995). Ao aumentar a inclusão do melaço de soja para 300 g/kg, provavelmente o crescimento de bactérias que degradam CHOs foi mais rápido (Russell et al., 1992), estabelecendo um ambiente de competição por nutrientes no ecossistema ruminal devido ao maior aporte de CHOs (Hall e Mertens, 2017). Se, por um lado, a população de protozoários contribuiu com a digestão da fibra no M150, por outro, o aumento na quantidade de melaço de soja e o favorecimento do crescimento da população de protozoários, indiretamente prejudicou a digestão da fibra, uma vez que estes microrganismos demonstram atividade predatória contra bactérias (Ghorbani et al., 2002), utilizando-as como uma de suas fontes de proteína (Eugène et al., 2004)

A maior degradabilidade da PB pode ser atribuída à maior PDR das dietas com melaço de soja (69,9; 82,8 e 81,7% para CON, M150 e M300 respectivamente) que somadas à energia prontamente disponível oriunda dos CHOs otimizou a degradação deste nutriente. Ao comparar amido e sacarose sobre fermentador artificial (Hindrichsen e Kreuzer, 2009) encontraram maior degradação da PB para os tratamentos que continham sacarose, independente do pH alto ou baixo.

Os açúcares por terem alta e rápida fermentação ruminal, teoricamente favoreceriam a produção de ácido láctico, que conseqüentemente, reduziria o pH ruminal (Oba, 2011; Kenney et al., 2015) e a digestibilidade da fibra (Russell e Wilson, 1996). Contudo, neste trabalho, os valores de pH não foram reduzidos e, uma explicação para isso seria que a inclusão do melaço de soja estimulou o crescimento microbiano, especialmente das *Propionibacterium acidipropionici*, que são bactérias que utilizam oligossacarídeos como substrato para seu crescimento (Yang et al., 2018), reduzindo a disponibilidade de esqueletos carbônicos que seriam fermentados à ácido láctico. Concomitantemente, pode ter havido produção e armazenamento de glicogênio pela microbiota (Hall e Weimer, 2007). Não havendo

prejuízo no pH, os açúcares também podem ter sido utilizados como substrato por microrganismos que auxiliaram na digestão da FDN na dieta M150, enquanto ao adicional 300 g/kg de melaço de soja, a estabilidade ruminal foi prejudicada, com reflexos negativos sobre a fibra. Outra teoria que poderia ter ocorrido concomitantemente à primeira, está relacionada ao aumento na proporção do ácido butírico, que segundo Sellers et al. (1964) e Thorlacius et al. (1972) influenciaria o fluxo sanguíneo, aumentando a absorção dos produtos da fermentação, especialmente os AGCC, o que explicaria a ausência de efeito no pH.

Os valores de N-amoniaco exigidos para digestão e máximo crescimento microbiano aumenta conforme a fermentabilidade da dieta (Erdman et al., 1986), e pode variar de 8,5 a 30 mg/dL (McDonald, 2002), o que faz os resultados deste estudo estarem dentro ou próximos da faixa adequada (21,8 a 32,2 mg/dL). A inclusão de CHOs pode diminuir a concentração de amônia (Firkins et al., 2007; Khezri et al., 2009), mediante a melhor sincronia de energia e proteína na dieta, o que permite rápida absorção microbiana da amônia disponível no ambiente ruminal, haja vista que sua disponibilidade no meio é dada mediante a dinâmica entre a liberação de amônia no rúmen pela fermentação dietética, absorção via epitélio ruminal, aproveitamento microbiano e taxa de passagem do líquido ruminal (Berchielli et al., 2011, Silva et al., 2016). No atual estudo, a absorção do epitélio ruminal pode ter sido otimizada, devido às maiores proporções de ácido butírico nos tratamentos que possuem melaço de soja (14,08; 15,98 e 16,94 % para CON, M150 e M300, respectivamente). Suplementação com CHOs na dieta de ruminantes está amplamente relacionada com maiores produções de ácido butírico pelos microrganismos ruminais (Lee et al., 2003, Hoover et al., 2006, Oba et al., 2015). Este ácido, por sua vez, é o principal estimulador químico do desenvolvimento do epitélio ruminal (Mentschel et al., 2001).

Baseado no presente estudo, o fornecimento de melaço de soja pode aumentar a produção e as concentrações de ácido butírico ruminal, o que possibilita melhor ambiente no rúmen para maior aproveitamento dos produtos da fermentação. Para melhor entender os possíveis efeitos do melaço de soja sobre o desenvolvimento do rúmen, estudos com avaliação de morfologia e histologia de papilas ruminais são necessários.

## 5. CONCLUSÃO

A inclusão do melaço de soja na dieta de ovinos cruzados em até 300 g/kg na base seca melhorou a digestibilidade *in vitro* da MS, aumentou o pH ruminal e não trouxe efeitos negativos sobre os parâmetros ruminais, o que torna este subproduto um alimento alternativo ao usual milho moído.

## 6. REFERÊNCIAS

Agricultural and Food Research Council – AFRC, 1993. Energy and protein requirements of ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on responses to nutrients. CAB International, Wallingford.

AOAC International, 1990. Official Methods of Analysis. of AOAC 15th ed: Washington, DC.

AOAC International, 2002. Official Methods of Analysis. of AOAC 17th ed: Washington, DC.

AOAC International, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC 18th ed: Gaithersburg, MD.

Azad E., Narvaez N., Derakhshani H., Allazeh A.Y., Wang Y., McAllister T.A., Khafipour E., 2017. Effect of *Propionibacterium acidipropionici* P169 on the rumen and faecal microbiota of beef cattle fed a maize-based finishing diet. *Beneficial Microbes*, 8(5), 785-799.

Berchielli T.T., Pirez A.V., Oliveira S.G.D. 2011. *Nutrição de Ruminantes*, second ed. FUNEP, Jaboticabal.

Chajuss D., 2004. Soy molasses: processing and utilization as a functional food, In: Liu, K., (Ed.) Soybeans as functional foods and ingredients. AOCS Missouri, pp. 132-144.

Choct M., Dersjant-Li Y., McLeish J., Peisker M., 2010. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(10), 1386-1398.

Detmann E.; Souza M.A.; Valadares Filho S.C.; Queiroz A.C.; Berchielli T.T.; Saliba E.O.S.; Cabral L.S.; Pina D.S.; Ladeira M.M.; Azevedo J.A.G. 2012. Métodos para Análise de Alimentos – INCT Ciência Animal. Visconde de Rio Branco, MG: Suprema.

Dijkstra J., Tamminga S., 1995. Simulation of the effects of diet on the contribution of rumen protozoa to degradation of fibre in the rumen. *British Journal of Nutrition*, 74(5), 617-634.

Erdman R.A., Proctor G.H., Vandersall J.H. 1986. Effect of rumen ammonia concentration on in situ rate and extent of digestion of feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, 69(9), 2312-2320.

Eugène M., Archimede H., Sauvant D., 2004. Quantitative meta-analysis on the effects of defaunation of the rumen on growth, intake and digestion in ruminants. *Livestock Production Science*, 85(1), 81-97.

Firkins J.L., Yu Z., Morrison M., 2007. Ruminal Nitrogen Metabolism: Perspectives for Integration of Microbiology and Nutrition for Dairy<sup>1,2</sup>. *Journal of Dairy Science*, 90, E1-E16.

Ghorbani G.R., Morgavi D.P., Beauchemin K.A., Leedle J.A.Z., 2002. Effects of bacterial direct-fed microbials on ruminal fermentation, blood variables, and the microbial populations of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 80(7), 1977-1985.

Goering H.K.; Van Soest P.J., 1970. In vitro rumen digestibility determination. In.: Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). USDA: Washington, DC p.379.

Hall M.B. 2000. Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis. Gainesville: University of Florida.

Hall M.B., Mertens D.R., 2017. A 100 - year review: Carbohydrates Characterization, digestion, and utilization. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10078-10093.

Hall M.B., Weimer P.J., 2007. Sucrose concentration alters fermentation kinetics, products, and carbon fates during in vitro fermentation with mixed ruminal microbes. *Journal of Animal Science*, 85(6), 1467-1478.

Hindrichsen I.K., Kreuzer M., 2009. High methanogenic potential of sucrose compared with starch at high ruminal pH. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 93(1), 61-65.

Holden L.A., 1999. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. *Journal of Dairy Science*. 82, 1791-1794.

Hoover W.H., Tucker C., Harris J., Sniffen C.J., De Ondarza M.B., 2006. Effects of nonstructural carbohydrate level and starch: sugar ratio on microbial metabolism in continuous culture of rumen contents. *Animal Feed Science and Technology*, 128(3-4), 307-319.

Loman A.A., Ju L.K., 2016. Soybean carbohydrate as fermentation feedstock for production of biofuels and value-added chemicals. *Process Biochemistry*, 51(8), 1046-1057.

Kenney, N.M., Vanzant E.S., Harmon D.L., McLeod K.R., 2015. Direct-fed microbials containing lactate-producing bacteria influence ruminal fermentation but not lactate utilization in steers fed a high-concentrate diet. *Journal. Animal. Science*, 93:2336–2348.

Khezri A., Rezayazdi K., Mesgaran M.D., Moradi-Sharbabk M., 2009. Effect of different rumen-degradable carbohydrates on rumen fermentation, nitrogen metabolism and actation performance of Holstein dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(5), 651-658.

Lee M.R.F., Merry R.J., Davies D.R., Moorby J.M., Humphreys M.O., Theodorou M.K., Scollan N.D., 2003. Effect of increasing availability of water-soluble carbohydrates on in vitro rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 104(1-4), 59-70.

Licitra G., Hernandez T.M. Van Soest P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 57, 347–358.

McDonald P., Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D., Morgan C.A., Sinclair L.A., Wilkinson R.G., 2002. *Animal Nutrition*, seventh ed. Pearson Education.

Mentschel J., Leiser R., Mülling C., Pfarrer C., Claus R., 2001. Butyric acid stimulates rumen mucosa development in the calf mainly by a reduction of apoptosis. *Archives of Animal Nutrition*, 55(2), 85-102.

Miletić A., Stojanović B., Grubić G., Stojić P., Radivojević M., Joksimović-Todorović M., Popovac M., Obradović S., 2017. The soybean molasses in diets for dairy cows. *Mljekarstvo*, 67(3), 217-225.

NRC, 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. The National Academies Press, Washington, DC, pp. 408.

Oba M., 2011. Effects of feeding sugars on productivity of lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 91(1), 37-46.

Oba M., Mewis J.L., Zhining Z., 2015. Effects of ruminal doses of sucrose, lactose, and corn starch on ruminal fermentation and expression of genes in ruminal epithelial cells. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 586-594.

Ørskov E.R.; McDonald I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, 92, 499–503.

Oshio S., Tahata I., Minato H., 1987. Effect of diets differing in ratios of roughage to concentrate on microflora in the rumen of heifers. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 33(2), 99-111.

Paula C.G. Suplementação com melaço de soja na dieta de ovinos: parâmetros sanguíneos, consumo, digestibilidade e comportamento ingestivo. 2015. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal de Uberlândia.

Russell J.B., O'Connor J.D., Fox D.G., Van Soest P.J., Sniffen C.J., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3551-3561.

Russell J.B., Wilson D.B., 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH?. *Journal of Dairy Science*, 79(8), 1503-1509.

Sellers A.F., Stevens C.E., Dobson A., McLeod F.D., 1964. Arterial blood flow to the ruminant stomach. *American Journal of Physiology*, 207:371-377.

Silva L.D., Pereira O.G., Da Silva T.C., Valadares Filho S.C., Ribeiro K.G., 2016. Effects of silage crop and dietary crude protein levels on digestibility, ruminal fermentation, nitrogen use efficiency, and performance of finishing beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 22-33.

Sniffen C.J., O'Connor J.D., Van Soest P.J., Fox D.G., Russell J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3562-3577.

Sniffen C.J., Russell J.B., Van Soest P.J., 1983. The influence of carbon source, nitrogen source and growth factors in rumen microbial growth. *Proc. Cornell Nutr. Conf.*. Ithaca, NY. p 26.

Thorlacius S.O., 1972. Effect of steam-volatile fatty acids and carbon dioxide on blood content of rumen papillae of the cow. *American Journal of Veterinary Research*. 33:427-430.

Valenti B., Luciano G., Pauselli M., Mattioli S., Biondi L., Priolo A., Natalello A., Morbidini L., Lanza, M., 2018. Dried tomato pomace supplementation to reduce lamb concentrate intake: Effects on growth performance and meat quality. *Meat Science* 145, 63-70.

Van Soest P.J.; Wine R.H., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. *Journal Association of Official Analytical Chemists*. 50, 50-55, 1967.

Yang H., Wang Z., Lin M., Yang S.T., 2018. Propionic acid production from soy molasses by *Propionibacterium acidipropionici*: Fermentation kinetics and economic analysis. *Bioresource Technology*, 250, 1-9.

**Tabela 1**

Composição centesimal e bromatológica das dietas experimentais

Item	Tratamento		
	CON	M150	M300
Composição centesimal, g/kg			
Silagem de Milho	400,0	400,0	400,0
Milho	300,0	150,0	0,0
Farelo de trigo	121,0	110,5	98,5
Farelo de soja	153,0	163,0	174,5
Ureia	11,0	11,5	12,0
Melaço de soja	0,0	150,0	300,0
Sal Mineral <sup>1</sup>	5,0	5,0	5,0
Calcário	10,0	10,0	10,0
Composição bromatológica calculada, g/kg			
Matéria seca	640,8	607,5	574,2
Matéria mineral	51,7	68,2	84,7
Matéria orgânica	948,3	931,8	915,3
Proteína bruta	179,4	179,9	180,9
Extrato etéreo	37,4	31,2	24,9
PDR <sup>3</sup>	699,7	828,5	817,2
PNDR <sup>3</sup>	300,3	171,5	182,8
FDN	385,2	350,5	315,5
FDNcp	338,1	306,9	275,3
FDA	198,7	190,4	182,1
Carboidratos totais	752,1	742,3	732,0
Carboidratos não fibrosos	414,1	435,6	456,9
Amido	388,8	278,8	168,4
Açúcar total <sup>4</sup>	25,3	156,8	288,5
Energia metabolizável, Mcal/kg	2,7	2,7	2,7
Ca	6,1	6,0	6,0
P	4,0	3,7	3,9
K	5,2	10,1	15,1

<sup>1</sup>Composição por kg: P (60g), Ca (100g), Na (195g), Cl (300g), Mg (10g), S (25g), Zn (4g), Cu (0,6g), Mn (0,6g), Fe (1,2g), Co (0,1g), I (0,18g), Fl (0,06g)

<sup>2</sup>FDN – Fibra em detergente neutro; FDNcp – Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDA – Fibra em detergente ácido; PDR – Proteína degradável no rúmen; PNDR – Proteína não degradável no rúmen.

<sup>3</sup>PNDR = 1 – (a + bc) / (c + k); PDR = 100 – PNDR

<sup>4</sup>Açúcar total = CNF – Amido

**Tabela 2**

Composição bromatológica do melão de soja.

Item	Quantidade
Matéria seca, g/kg	646
Matéria mineral, g/kg	122,5
Matéria orgânica, g/kg	877,5
Proteína bruta, g/kg	69,3
Extrato etéreo, g/kg	17,7
FDN, g/kg	2,6
Carboidrato não fibroso, g/kg	790,5
Carboidrato total, g/kg	790,5
Glicose, g/kg	3,58
Frutose, g/kg	3,85
Galactose, g/kg	1,88
Sacarose, g/kg	29,04
Rafinose, g/kg	9,98
Estaquiose, g/kg	30,72
K, g/kg	2,09
P, mg/kg	123,70
Mg, mg/kg	124,40
N, mg/kg	19,30
Cu, mg/kg	1,00
Fe, mg/kg	3,90
Ca, mg/kg	6,30

Produzido pela CARAMURU ALIMENTOS S/A, São Simão, GO - Brasil

**Tabela 3**

Consumo alimentar de ovinos alimentados com diferentes inclusões de melação de soja na dieta

Item	Tratamento <sup>1</sup>			EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>		
	CON	M150	M300		L	Q	CON x M
	Consumo, g/dia <sup>4</sup>						
CMS	1371,7	1492,4	1282,6	126,90	0,54	0,18	0,90
CFDN	430,2	468,4	407,6	38,30	0,63	0,22	0,85
CPB	259,0	279,6	242,4	27,90	0,54	0,21	0,93
	Digestibilidade <i>in vitro</i> , % <sup>5</sup>						
DIVMS	85,5	87,4	87,3	0,17	<0,01	<0,01	<0,01
DIVFDN	59,3	62,3	57,8	0,47	0,21	<0,01	0,40
DIVPB	95,9	96,3	95,8	0,14	0,92	0,23	0,58

<sup>1</sup> - CON – 0 g/kg de melação de soja; M150 – 150 g/kg de melação de soja; M300 – 300 g/kg de melação de soja.

<sup>2</sup> - EPM: Erro padrão da média

<sup>3</sup> - L: Linear; Q: Quadrático; CON vs SM: Contraste entre controle e tratamentos com melação de soja

<sup>4</sup> - CMS: Consumo de MS; CFDN: Consumo de FDN; CPB: Consumo de PB;

<sup>5</sup> - DIVMS: Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; DIVFDN: Digestibilidade *in vitro* da fibra insolúvel em detergente neutro; DIVPB: Digestibilidade *in vitro* da proteína bruta.

**Tabela 4**

pH ruminal, N-amoniaco e ácido graxo de cadeia curta de ovinos alimentados com diferentes inclusões de melão de soja na dieta

Item	Tratamento <sup>1</sup>			EPM <sup>2</sup>	P – valor <sup>3</sup>		
	CON	M150	M300		L	Q	CON x M
pH	5,92	6,01	6,21	0,03	0,02	0,49	0,08
N-NH <sub>3</sub> , mg/dL	32,19	29,01	21,78	1,09	<0,01	0,39	0,03
<i>mMol/L</i>							
AGCC total	44,79	46,20	47,23	1,58	0,57	0,80	0,54
Acético	21,83	22,81	23,26	0,93	0,51	0,83	0,50
Propiônico	12,41	12,90	13,56	0,35	0,33	0,83	0,33
Butírico	6,51	7,61	8,07	0,32	0,19	0,43	0,14
Isobutírico	0,62	0,66	0,52	0,02	0,39	0,18	0,95
Valérico	1,09	1,33	0,99	0,10	0,68	0,05	0,50
Isovalérico	0,85	0,85	0,76	0,02	0,13	0,19	0,50
<i>%</i>							
Acetato	49,62	48,76	48,03	0,52	0,14	0,66	0,14
Propionato	29,63	29,06	29,94	0,36	0,83	0,49	0,88
Butirato	14,08	15,98	16,94	0,32	0,05	0,49	0,05

<sup>1</sup> – CON – 0 g/kg de melão de soja; M150 – 150 g/kg de melão de soja; M300 – 300 g/kg de melão de soja.

<sup>2</sup> - EPM: Erro padrão da média

<sup>3</sup> - L: Linear; Q: Quadrático; CON vs M: Contraste entre controle e tratamentos com melão de soja

**Tabela 5**

Degradabilidade ruminal *in situ* de dietas com diferentes inclusões de melão de soja na dieta

Item	Tratamento <sup>1</sup>			EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>		
	CON	M150	M300		L	Q	CON x M
<i>Matéria seca</i>							
A+B	83,02	87,05	87,47	0,69	<0,01	0,35	<0,01
Kd	4,06	4,37	3,65	0,20	0,39	0,24	0,89
DP	81,45	86,32	86,31	0,80	<0,01	0,18	<0,01
DE5%	58,39	67,12	73,06	1,39	<0,01	0,22	<0,01
<i>Proteína bruta</i>							
A+B	96,01	96,69	97,01	0,15	<0,01	0,50	<0,01
Kd	4,53	4,43	5,90	0,19	>0,01	<0,01	0,02
DP	95,21	96,14	96,87	0,22	<0,01	0,79	<0,01
DE5%	69,62	82,68	81,75	1,46	<0,01	0,11	<0,01
<i>Fibra em detergente neutro</i>							
A+B	58,43	64,18	61,37	1,53	0,17	0,02	0,02
Kd	2,28	2,63	3,11	0,24	0,18	0,91	0,27
DP	48,47	59,67	56,66	2,55	0,10	0,11	0,03
DE5%	27,04	37,43	24,18	1,75	0,36	<0,01	0,19

Kd: Taxa de degradação da fração; DP: Degradabilidade potencial; DE5%: Degradabilidade efetiva com taxa de passagem a 5 % h<sup>-1</sup>.

<sup>1</sup> - CON - 0 g/kg de melão de soja; M150 - 150 g/kg de melão de soja; M300 - 300 g/kg de melão de soja.

<sup>2</sup> - EPM: Erro padrão da média

<sup>3</sup> - L: Linear; Q: Quadrático; CON vs M: Contraste entre controle e tratamentos com melão de soja

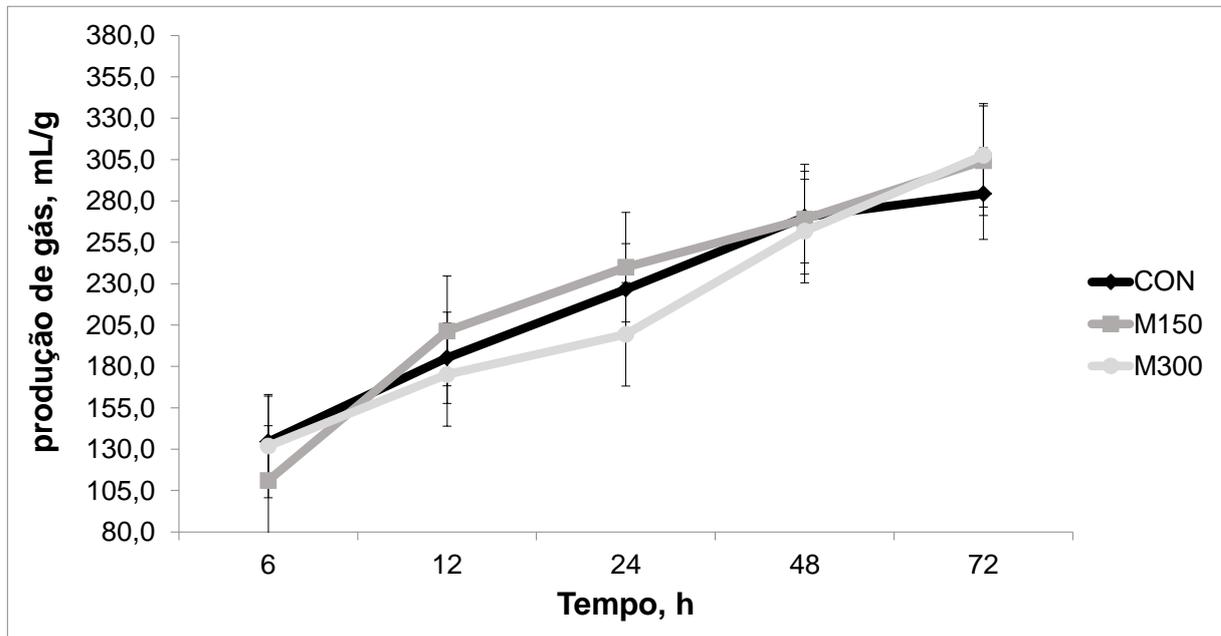


Figura 1. Valores médios da produção total de gás (ml/g) em função dos tempos (horas) para os tratamentos (CON) controle, (M150) 150 g/kg de melaço de soja na base seca e (M300) 300 g/kg de melaço de soja na base seca.

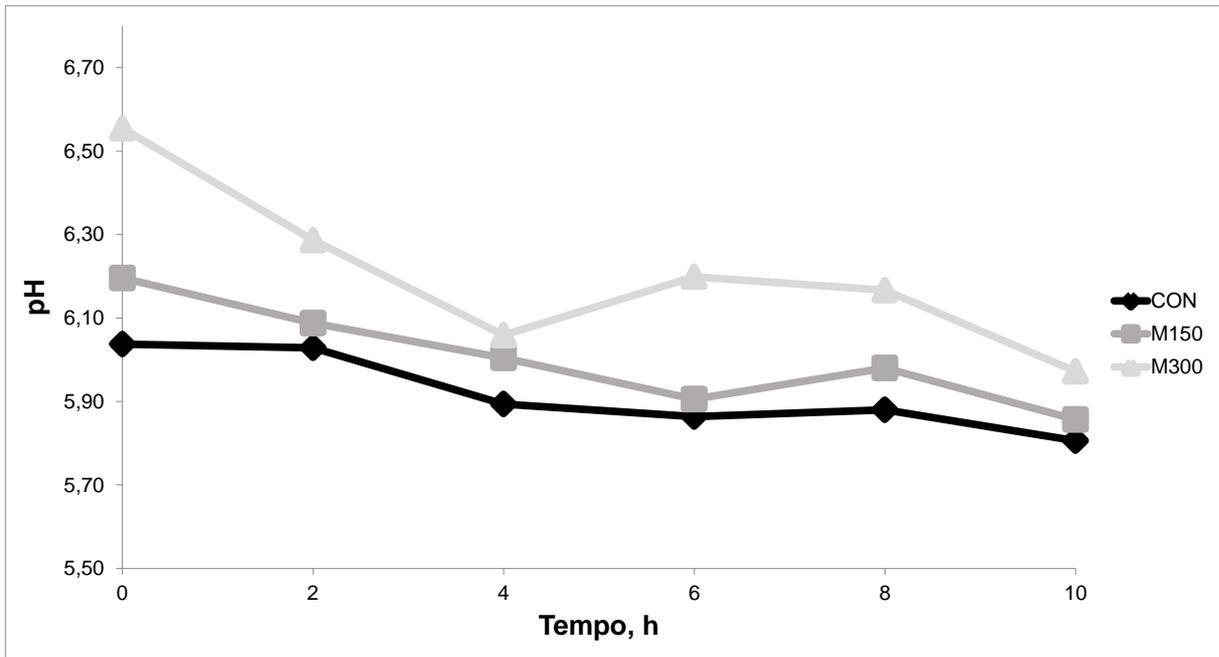


Figura 2. Comportamento do pH ruminal em função dos tempos (horas) após alimentação para os tratamentos (CON) controle, (M150) 150 g/kg de melaço de soja na base seca e (M300) 300 g/kg de melaço de soja na base seca.

## CAPÍTULO 4

### 1. Implicações

O melaço de soja, assim como qualquer outro ingrediente líquido, possui alguns desafios quanto ao seu manejo diário. A experiência que foi adquirida com este trabalho e que vale pontuar é devido à própria característica do material, por ser líquido viscoso a sua homogeneização junto à dieta total é complicada, se tornando ainda mais difícil quando se diminui o nível de volumoso da dieta ou com inclusões acima de 30% na matéria seca.

Por ser altamente rico em carboidratos solúveis, uma vez retirado do seu recipiente próprio a fermentação do melaço de soja ocorre de forma rápida, o que torna obrigatório a coleta do subproduto diariamente. No ensaio de degradabilidade ruminal *in situ*, houve certa dificuldade em analisar e interpretar os dados, devido a característica do melaço de soja em ser solúvel em água, houve uma superestimação dos valores da fração “a” dos nutrientes de proteína bruta e fibra em detergente neutro, uma vez que na metodologia a obtenção desta fração é mediante diferença de peso do material incubado com o remanescente. Uma possível solução seria fazer este ensaio com os ingredientes separadamente, e não a dieta total misturada.