

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado  
na alimentação de tourinhos Nelore**

**FERNANDA MARIA DOS SANTOS**

**SALVADOR – BA**

**MAIO – 2023**

Dados internacionais de catalogação-na-publicação  
(SIBI/UFBA/Biblioteca Universitária Reitor Macedo Costa)

Santos, Fernanda Maria dos.

Extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado na alimentação de tourinhos Nelore / Fernanda Maria dos Santos. - 2023.

83 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Lopes Oliveira.

Coorientador: Prof. Dr. Thadeu Mariniello Silva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Salvador, 2023.

1. Zootecnia. 2. Nutrição animal. 3. Ruminantes - Alimentação e rações. 4. Nelore (Bovino) - Alimentação e rações. 5. Rúmen - Fermentação. 6. Compostos bioativos. 7. Acácia. 8. Taninos. I. Oliveira, Ronaldo Lopes. II. Universidade Federal da Bahia. Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

CDD - 636.20855

CDU - 636.2



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado  
na alimentação de tourinhos Nelore**

**FERNANDA MARIA DOS SANTOS**

**Zootecnista**  
**Mestre em Ciência Animal**

**SALVADOR – BA**

**MAIO – 2023**

**FERNANDA MARIA DOS SANTOS**

**EXTRATO DE *ACACIA MEARNSII* COMO FONTE DE TANINO  
CONDENSADO NA ALIMENTAÇÃO DE TOURINHOS NELORE**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Zootecnia, da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Dr. Ronaldo Lopes Oliveira

Coorientador: Dr. Thadeu Mariniello Silva

**SALVADOR – BA**

MAIO - 2023

**EXTRATO DE *Acacia Mearnsii* COMO FONTE DE TANINO  
CONDENSADO NA ALIMENTAÇÃO DE TOURINHOS NELORE**

**Fernanda Maria dos Santos**

**Tese defendida e aprovada para obtenção do  
grau deDoutor em Zootecnia**

**Salvador, 29 de maio de 2023**

**Comissão examinadora:**



---

**Dr. Ronaldo Lopes Oliveira**  
**UFBA**  
**Orientador / Presidente**



---

**Dra. Analívia Martins Barbosa**  
**UFBA**



---

**Dr. Ederson Américo de  
AndradeUniSul**



---

**Dr. Rafael Silvio Bonilha**  
**PinheiroUNESP**



---

**Dr. Leilson Rocha**

**BezerraUFCG**

**EPIGRAFE**

“Não quero que meus pensamentos morram comigo, quero ter feito alguma coisa. Não estou interessado em poder ou pilhas de dinheiro. Eu quero deixar algo para trás. Quero fazer uma contribuição positiva ...”.

Temple Grandin

## **DEDICATÓRIA**

**A Deus por ser o meu guia  
À minha família  
Aos amigos**

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pois Ele preparou tudo com o maior cuidado para que essa etapa fosse concluída, sem Ele nada seria possível. À minha mãe Delzuita, pelo amor, apoio, orações, companheirismo e por abdicar do seu tempo para estar ao meu lado e da minha filha, me acompanhando nesse propósito. À minha segunda mãe, tia Rita, pelo amor, força, incentivo, cuidado e por ser um anjo na minha vida e estar sempre torcendo por mim. Ao meu pai Sérgio, pelo amor, incentivo, confiança, cuidado e orações. À minha filha Yasmin, pelo amor, alegria, cuidado, sabedoria e por estar comigo desde o início dessa jornada. Ao meu orientador, professor Dr. Ronaldo, pela confiança, paciência, carinho, ensinamentos, por ser esse ser humano incrível e excelente profissional, tenho muita admiração. À toda minha família, por ser meu porto seguro, pelos princípios ensinados, amor, incentivo, apoio, conforto, por sempre estar ao meu lado, independente da ausência física. Aos meus amigos de longas datas e aos que conquistei durante essa jornada, pela amizade e incentivo. A todos os professores da instituição (UFBA), pelas orientações e por ter contribuído muito na minha formação, em especial ao prof. Dr. Thadeu Mariniello, pela paciência na reta final e auxílio na análise de dados. Ao GENRU, por ser esse grupo de estudo maravilhoso, unido e que, além de agregar ao meu conhecimento acadêmico, me proporcionou a convivência com pessoas maravilhosas e excelentes profissionais. À Jusaline, por todo o empenho na fase experimental e coleta de dados. À CAPES, pelo apoio financeiro e realização deste estudo. Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade concedida. Enfim, agradeço de coração a todos que colaboraram com a realização deste sonho e que sonharam junto comigo!

Obrigada!

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo I. Extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado no consumo, digestibilidade, parâmetros ruminais e sanguíneos de tourinhos terminados em confinamento

	<b>Página</b>
Tabela 1 – Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g / kg MS ou conforme indicado) .....	25
Tabela 2 - Proporções de ingredientes e composição química das dietas experimentais com inclusão extrato de <i>Acacia mearnsii</i> contendo tanino condensado .....	26
Tabela 3 - Consumo diário de nutrientes das dietas com inclusão extrato de <i>Acacia mearnsii</i> contendo tanino condensado .....	34
Tabela 4 - Coeficiente de digestibilidade e balanço de nitrogênio (N) de toruinhos alimentados níveis de extrato de <i>Acacia mearnsii</i> contendo tanino condensado .....	35
Tabela 5 - Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ), concentração em µmol/mL de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e razão molar acetato/propionato (C2:C3) de tourinhos alimentados níveis de extrato de <i>Acacia mearnsii</i> contendo tanino condensado .....	36
Tabela 6 - Metabólicos séricos de tourinhos em terminação alimentados com níveis de extrato de .....	38

### Capítulo II. Extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado no desempenho, carcaça e qualidade da carne de tourinhos Nelore terminados em confinamento

**Página**

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g / kg MS ou conforme indicado) .....	61
Tabela 2 - Proporções de ingredientes e composição química das dietas experimentais com inclusão extrato de <i>Acacia mearnsii</i> contendo tanino condensado .....	62
Tabela 3 - Consumo, desempenho e eficiência alimentar de tourinhos em terminação alimentados com níveis de extrato de <i>Acacia mearnsii</i> contendo tanino condensado .....	68
Tabela 4 - Peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), perda por resfriamento (PR), pH da carne de tourinhos em terminação alimentados com níveis de extrato de <i>Acacia mearnsii</i> contendo tanino condensado .....	69
Tabela 5 - Características físicas e químicas e oxidação lipídica da carne de tourinhos em terminação alimentados com de tourinhos em terminação alimentados com níveis de extrato de <i>Acacia mearnsii</i> contendo tanino condensado .....	70
Tabela 6 - Ácidos graxos do músculo <i>Longissimus lumborum</i> (% dos ácidos graxos totais) de tourinhos em terminação alimentados com níveis de extrato de <i>Acacia mearnsii</i> contendo tanino condensado .	71

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo I. Extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado no consumo, digestibilidade, parâmetros ruminais e sanguíneos de tourinhos terminados em confinamento

	<b>Página</b>
Figura 1 – pH ruminal de tourinhos nelore em momentos após o arraçoamento matinal, submetidos a dietas com extrato de <i>Acacia mearnsii</i> como fonte de tanino condensado. a) 0% de extrato, b) 10 g / kg de extrato, c) 30 g / kg de extrato, d) 50 g / kg de extrato	36
.....	
Figura 2 - N-NH <sub>3</sub> ruminal de tourinhos nelore em momentos após o arraçoamento matinal, submetidos a dietas com extrato de <i>Acacia mearnsii</i> como fonte de tanino condensado.....	37

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>TÍTULO</b> - Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> como fonte de tanino condensado na alimentação de tourinhos Nelore	
Introdução Geral .....	13
Referências .....	16
Considerações            finais            e            implicações	83
.....	
<b>CAPÍTULO I.</b> Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> como fonte de tanino condensado no consumo, digestibilidade, parâmetros ruminais e sanguíneos de tourinhos terminados em confinamento	
Resumo .....	21
Abstract .....	22
.....	
Introdução .....	23
Material e métodos .....	24
Resultados .....	33
.....	
Discussão .....	38
Conclusão .....	46

Referências .....	47
-------------------	----

**CAPITULO II.** Extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado no desempenho, carcaça e qualidade da carne de tourinhos Nelore terminados em confinamento

Resumo .....	56
Abstract .....	57
.....	
Introdução .....	58
Materiais e métodos .....	60
.....	
Resultados .....	68
.....	
Discussão .....	72
Conclusão .....	76
Referências .....	77

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A manipulação da microbiota do rúmen com o objetivo de melhorar o metabolismo ruminal e aumentar a eficiência na produtividade animal, ainda é um desafio. Na busca por estratégias para aumentar essa eficiência, aditivos naturais estão sendo utilizados na alimentação de ruminantes por melhorar a fermentação ruminal (Bandeira et al., 2017), utilização de nitrogênio, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e qualidade da carne (Orlandi et al., 2015; Lima et al., 2019).

Nesse contexto, ganham destaque plantas com presença de compostos bioativos que podem ser uma opção em substituição ao uso de aditivos sintéticos na alimentação, como moduladores da fermentação ruminal (Avila et al., 2020), que dependendo da quantidade ofertada, pode melhorar o metabolismo proteico com reflexo positivo no desempenho animal (Hart et al., 2008). Além de modular a fermentação ruminal, a utilização de metabólitos secundários pode ser uma alternativa com menor custo e apresentam mais segurança em relação aos compostos sintéticos (Piluzza et al., 2014). Dentre os compostos secundários, os taninos condensados, são considerados

importantes por serem abundantes na natureza e resistentes à degradação ruminal (Addisu, 2016; Naumann et al, 2017), especialmente no que diz respeito ao seu impacto na produção animal.

Os taninos são compostos polifenólicos classificados comumente em dois grupos, hidrolisáveis (TH) e condensados (TC), cujas estruturas químicas são diferentes (Salame et al., 2019). Estão presentes em diversas espécies de plantas forrageiras, atuando no metabolismo secundário das mesmas (Addisu, 2016). Ou seja, não são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, mas sim a proteção delas e são sintetizados em resposta a vários fatores, como o estresse climático, patógenos, proteção contra herbivoria, conservação de energia e nitrogênio (Ncube e Van Standen, 2015; Huang et al., 2018). Esses fatores influenciam a concentração de tanino (Frutos et al 2002), característica que pode determinar a consequência desse fenol na qualidade nutricional das plantas.

Os TH são constituídos por diversas moléculas de ácidos fenólicos, como o ácido tânico e ácido gálico, ligados por ligação de ésteres a parte central de um carboidrato. Essas moléculas são passíveis de hidrólise química ou enzimática, apresentando maior toxicidade para os animais ruminantes (Grasel et al., 2016). Por outro lado, os taninos condensados (TC) ou proantocianidinas, são compostos polifenólicos de alto peso molecular, e consistem em oligômeros ou polímeros de subunidades de flavan-3-ol, como a catequina, ligadas por ligação carbono-carbono que não são susceptíveis à degradação enzimática anaeróbica (Lima et al., 2019; McSweeney et al., 2001). Isso acontece porque os grupos hidroxila do TC são combinados com outras moléculas tornando-os mais resistentes à degradação ruminal (Naumann et al., 2017), com isso são considerados mais importantes, do ponto de vista nutricional, que os hidrolisáveis (Addisu, 2016; Naumann et al., 2017). Além de serem abundantes em muitas espécies de plantas consumidas por ruminantes (Muir, 2011).

Os TC são mais comuns nas dicotiledôneas do que nas monocotiledôneas, e a *Acacia* sp. é um exemplo na família Leguminosae rica neste composto (Waterman e Mole, 1994). A *Acacia mearnsii*, também conhecida como Acácia negra, é uma espécie leguminosa originária do sudeste da Austrália. No Brasil, seu plantio concentra-se principalmente no Rio Grande do Sul, mas também é comum em regiões áridas e semi-áridas, sendo explorada para vários fins, tais como a produção de tanino, fixação de nitrogênio, recuperação de solos degradados, curtimento de pele, dentre outros (Mueller-Harvey, 2006; Griffin et al., 2011).

Da casca da Acácia é extraído o tanino através de moagem e hidrossolubilização, para obtenção na forma de pó (Chirinos et al., 2007), e o extrato obtido, dentre inúmeras utilidades, é utilizado para curtimento de pele. No processo de curtimento de pele, por exemplo, os TC se complexam com as proteínas da pele animal e combinam-se com as fibras do colágeno, inibindo o processo de putrefação e, desta forma, se produz o couro no processo de curtimento (Deshpande et al., 1986).

Na produção animal, os taninos ligam-se, principalmente, às proteínas dietéticas, reduzindo a sua degradabilidade, além de ligações com enzimas microbianas, reduzindo a concentração de nitrogênio amoniacal no rúmen (Rira et al., 2015), melhorando a utilização de aminoácidos pelos ruminantes. Isso ocorre porque os TCs ligam-se às proteínas através de ligações de hidrogênio que é estável no rúmen (pH 5,0 e 7,0) (Makkar, 2003), porém dissociado no abomaso (pH 2,5-3,5) e no intestino delgado (pH >7), liberando proteínas para digestão e disponibilizando aminoácido para absorção e utilização pelo animal (Mueller-Harvey, 2006). Além das proteínas, os taninos condensados ligam-se a celulose, hemicelulose e pectina, reduzindo a sua degradabilidade (McSweeney et al., 2001).

Vários objetivos nutricionais podem ser alcançados através do consumo de TC (Mlambo e Mapiye, 2015), no entanto, os efeitos adversos ou benéficos dependem da concentração de tanino, quantidade que é consumida e fonte vegetal (Aboagye et al., 2018; Makkar, 2003). Quando administrado em altos níveis (acima de 50g / kg de TC MS) na dieta de ruminantes, os TC funcionam como fator antinutricional, por formar complexos entre tanino e proteína salivar na boca, causando adstringência e reduzindo a aceitabilidade dos alimentos (Grainger et al. 2009), além de afetar negativamente as atividades enzimáticas e absorção de nutrientes (Makkar et al., 1989). Todavia, em níveis baixos e moderados (< 10-30 g/kg de MS), são benéficos aos ruminantes ou não afetam o consumo de matéria seca (Perna Júnior et al., 2017), apresentam potencial para melhorar a fermentação do rúmen (Abdullah et al., 2018) e reduzem a degradabilidade ruminal da proteína, aumentando o suprimento de aminoácidos no intestino delgado (Aguerre et al., 2016) e, conseqüentemente, o desempenho animal. Além disso, os TCs apresentam a capacidade em modular a biohidrogenação (Natalello et al., 2020) e aumentar o teor de ácido linoléico (18:2n-6) na carne de cordeiros (Kamel et al., 2018).

Dessa forma, o extrato comercial de *Acacia mearnsii*, contendo cerca de 700 g de tanino condensado por quilograma de extrato, apresenta potencial para ser usado como uma alternativa ao uso de aditivos em alimentos para ruminantes, em

concentrações baixas e moderadas na matéria seca da dieta (Orlandi et al., 2015). No entanto, não há uma fonte e concentração precisa de tanino condensado a ser administrada, porém, valores são estimados (Frutos et al., 2002). Dessa forma, é necessário aprofundar a pesquisa do uso de tanino condensado para melhor compreensão da interação do TC e nutrição de bovinos, principalmente no que diz respeito ao seu impacto na produção animal e qualidade da carne.

Nossa hipótese é que adicionar extrato de *Acacia mearnsii* contendo níveis de até 50 g/kg da MS total à dieta de tourinhos terminados em confinamento, melhora o aproveitamento do alimento e seus nutrientes e, conseqüentemente, a qualidade da carcaça e carne de tourinhos Nelore terminados em confinamento. Portanto, o estudo foi conduzido para testar a hipótese com base no consumo da ração, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio, fermentação ruminal, características da carcaça e qualidade da carne de tourinhos Nelore submetidos à dieta com extrato de acácia negra (*Acacia mearnsii*) como fonte de TC.

## REFERÊNCIAS

- ABOAGYE, I.A.; OBA, M., CASTILLO, A.R.; KOENIG, K.M.; IWAASA, A. D.; BEAUCHEMIN, K.A. 2018. Effects of hydrolyzable tannin with or without condensed tannin on methane emissions, nitrogen use, and performance of beef cattle fed a high-forage diet. *Journal of Animal Science*, 96, 5276-5286, 2018.
- ADDISU, S. Effect of dietary tannin source feeds on ruminal fermentation and production of cattle; a review. *Online Journal of Animal and Feed Research*, Shabestar, v. 6, n. 2, 45-56, 2016.
- AGUERRE, M. J.; CAPOZZOLO, M. C.; LENCIONI, P.; CABRAL, C.; WATTIAUX, M. A. Effect of quebracho-chestnut tannin extracts at 2 dietary crude protein levels on performance, rumen fermentation, and nitrogen partitioning in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99, 4476-4486, 2016.

- BANDEIRA, P.A.V., PEREIRA FILHO J.M., DE AZEVÊDO SILVA A.M., CEZAR M.F., BAKKE O.A., SILVA U.L., BORBUREMA, J.B., BEZERRA L.R. Performance and carcass characteristics of lambs fed diets with increasing levels of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) hay replacing Buffel grass hay. *Tropical Animal Health and Production*, 49, 1001–1007, 2017.
- CHIRINOS, R.; ROGEZ, H.; CAMPOS, D.; PEDRESCHI, R.; LARONDELLE, Y. Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers. *Separation and Purification Technology*, 55, 217–225, 2007.
- DESHPANDE, S.S.; CHERYAN, M.; SALUNKHE, D.K. Tannin analysis of food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.24, 401-449, 1986.
- FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; RAMOS, G.; GIRÁLDEZ, F.J.; MANTECÓN, A. R. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. *Animal Feed Science and Technology*, 92, 215-226, 2002.
- FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; GIRÁLDEZ, F.J.; MANTECÓN, A.R. An in vitro study on the ability of polyethylene glycol to inhibit the effect of quebracho tannins and tannic acid on rumen fermentation in sheep, goats, cows, and deer. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55, 1125–1132, 2004.
- GRAINGER, C.; CLARKE, T.; AULDIST, M.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; MCGINN, S.M; WAGHORN, G.C.; ECKARD, R.J. Potential use of *Acacia mearnsii* condensed tannins to reduce methane emissions and nitrogen excretion from grazing dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 89, 2, 241-251, 2009.
- GRASEL, S.; FLÔRES, M.; RODOLFO, C. Development of methodology for identification the nature of the polyphenolic extracts by FTIR associated with multivariate analysis. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 153, 94–101, 2016.
- GRIFFIN, A.R.; MIDGLEY, S.J.; BUSH, D.; CUNNINGHAM, P.J.; RINAUDO, A.T. Global uses of Australian acacias – recent trends and future prospects. *Diversity and Distributions*, 17: 837–847, 2011.
- HART, K.J.; YÁÑEZ-RUIZ, D.R.; DUVAL, S.M.; MCEWAN, N.R.; NEWBOLD, C. J. Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 147, 8–35, 2008.

- HUANG, Q.; LIU, X.; ZHAO, G.; HU, T.; WANG, Y. Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4, 137–150, 2018.
- KAMEL, H.E.M.; AL-DOBAIB, S.N.; SALEM, A.Z.; LÓPEZ, S.; ALABA, P.A. Influence of dietary supplementation with sunflower oil and quebracho tannins on growth performance and meat fatty acid profile of Awassi lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 235, 97–104, 2018.
- LIMA, P.R., APDINI, T., FREIRE, A.S., SANTANA, A.S., MOURA, L.M.L., NASCIMENTO, J.C.S., RODRIGUES, R.T.S., DIJKSTRA, J., GARCEZ NETO, A.F., QUEIROZ, M.A.A., MENEZES, D.R. 2019. Dietary supplementation with tannin and soybean oil on intake, digestibility, feeding behavior, ruminal protozoa and methane emission in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 249, 10–17, 2019.
- MAKKAR, H.P.S., SINGH, B., NEGI, S.S. Relationship of rumen degradability with microbial colonization, cell wall constituents and tannin levels in some tree leaves. *Animal Production Science*, 49, 299-303, 1989.
- MAKKAR, H.P.S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*, 49, 241–256, 2003.
- MCSWEENEY, C.S.; PALMER, B.; MCNEILL, D.M.; KRAUSE, D.O. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 91, 83-93, 2001.
- MCSWEENEY, C.S.; PALMER, B., BUNCH, R., KRAUSE, D.O. 2001. Effect of tropical forage calliandra on microbial protein synthesis and ecology in the rumen. *Journal of Applied Microbiology*, 90, 78–88, 2006.
- MLAMBO, V.; MAPIYE, C. Towards household food and nutrition security in semi-arid areas: What role for condensed tannin-rich ruminant feedstuffs? *Food Research International*, 76, 953–961, 2015.
- MUELLER-HARVEY, I. Review Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 2010-2037, 2006.
- MUIR, J.P. The multi-faceted role of condensed tannins in the goat ecosystem. *Small Ruminant Research*, 98, 115–120, 2011.

- NATALELLO, A.; HERVÁS, G.; TORAL, P.G.; LUCIANO, G.; VALENTI, B.; MENDOZA, A.G.; PAUSELLI, M.; PRIOLO, A.; FRUTOS, P. Bioactive compounds from pomegranate byproducts increase the in vitro ruminal accumulation of potentially health promoting fatty acids. *Animal Feed Science and Technology*, 259, 114355, 2020.
- NAUMANN, H.D.; TEDESCHI, L. O.; ZELLER, W.E.; HUNTLEY, N.F. The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, 929-949, 2017.
- NCUBE, B.; VAN STADEN, J. Tilting plant metabolism for improved metabolite biosynthesis and enhanced human benefit. *Molecules*, 20, 12698–12731, 2015.
- ORLANDI, T.; KOZLOSKI, G. V.; ALVES, T. P.; MESQUITA, F. R.; ÁVILA, S. C. 2015. Digestibility, ruminal fermentation and duodenal flux of amino acids in steers fed grass forage plus concentrate containing increasing levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. *Animal Feed Science and Technology*, 210, 37–45, 2015.
- PERNA JÚNIOR, F.; Cassiano, E.C.O.; Martins, M.F.; Romero, L.A.S.; Zapata, D.C.V.; Pinedo, L.A., Marino, C.T.; Rodrigues, P.H.M. Effect of tannins-rich extract from *Acacia mearnsii* or monensin as feed additives on ruminal fermentation efficiency in cattle. *Livestock Science*, 203, 21-29, 2017.
- PILUZZA, G.; SULAS, L.; BULLITTA, S. Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability: a review. *Grass and Forage Science*, 69, 1-17, 2014.
- RIRA, M., MORGAVI, D. P, ARCHIMÈDE, H. Potential of tannin-rich plants for modulating ruminal microbes and ruminal fermentation in sheep. *Journal Animal Science*, 93, 334–347, 2015.
- WAGHORN, G.C.; SHELTON, I.D. Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* on the nutritive value of pasture for sheep. *The Journal of Agricultural Science*, 128, 365–372, 1997.
- WAGHORN, G. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production—Progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, 147, 116–139, 2008.
- WATERMAN, P.G., MOLE, S. Analysis of phenolic plant metabolites. London: Blackwell Scientific Publications. Oxford, 1994, p. 16.

## **CAPÍTULO 1**

---

Extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado no consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, parâmetros ruminais e sanguíneos de tourinhos terminados em confinamento

Extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado no consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, parâmetros ruminais e sanguíneos de tourinhos terminados em confinamento

RESUMO

O extrato de *Acacia mearnsii* tem sido usado como fonte de tanino condensado (TC) e apresenta potencial por melhorar a utilização de nitrogênio na produção de ruminantes. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes de *Acacia mearnsii* como fonte de TC no consumo da ração, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e fermentação ruminal em tourinhos Nelore terminados em confinamento. Quatro bovinos mestiços, castrados, providos de cânula ruminal, com peso corporal médio de 446 ( $\pm$  34) kg foram distribuídos em delineamento quadrado latino duplo 4  $\times$  4, repetidos no tempo. Cada quadrado latino teve duração de 68 dias, divididos em quatro períodos, 17 dias cada, sendo 10 dias para adaptação dos animais e 7 dias para coleta de dados e amostras. Os tratamentos utilizados consistiram de uma dieta sem inclusão de extrato de *Acacia mearnsii* (0 g/kg) e três dietas com 10, 30 e 50 g/kg com base na matéria seca (MS). O uso de extrato de *Acacia mearnsii* contendo TC na dieta reduziu ( $P < 0,05$ ) o consumo de MS, PB, EE, FDNcp e CNF. Houve aumento

( $P < 0,05$ ) na digestibilidade da MS, FDNcp, CNF e NDT, porém, não afetou ( $P = 0,1563$ ) a digestibilidade da proteína bruta e eficiência de síntese de proteína microbiana. A inclusão do extrato de Acácia proporcionou redução no nitrogênio ingerido ( $P < 0,0001$ ), excreção do N via urina ( $P = 0,0120$ ). Já a excreção de N via fezes aumentou quadraticamente ( $P = 0,0298$ ) com ingestão máxima do extrato no nível de inclusão de 10,09 g/kg MS, porém, não afetou o balanço de nitrogênio ( $P = 0,8995$ ). A concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) não foram afetados com a inclusão do extrato. Entretanto, as concentrações de N-NH<sub>3</sub> sofreram mudanças em função do tempo, com valor máximo de 10,74 mg/dL no tempo de 3,10 horas. O pH ruminal reduziu com a inclusão do extrato ( $P < 0,0001$ ) e em relação ao tempo de coleta ( $P = 0,0009$ ). Não houve interação entre os efeitos da inclusão do extrato e momento de coleta. Albumina ( $P = 0,7900$ ), triglicerídeos ( $P = 0,8852$ ) e ureia ( $P = 0,2486$ ) no sangue não diferiram entre os tratamentos. No entanto, as proteínas totais apresentaram efeito linear decrescente ( $P = 0,0228$ ). Portanto, o extrato de *Acacia mearnsii*, em doses até 50 g/kg MS ou 35 g/kg TC, tem potencial para ser usado como fonte de tanino na dieta de tourinhos terminados em confinamento para melhorar o aproveitamento do alimento e seus nutrientes. Além de ser vantajoso do ponto de vista ambiental.

**Palavras-chave:** acácia negra, bovinos, digestibilidade, fermentação, nitrogênio, sangue

Acacia mearnsii extract as a source of condensed tannin in consumption,  
digestibility, nitrogen balance, ruminal and blood parameters of bulls  
finished in confinement

ABSTRACT

Acacia mearnsii extract has been used as a source of condensed tannin (TC) and has the potential to improve nitrogen utilization in ruminant production. The aim of this study was to evaluate the effect of increasing levels of Acacia mearnsii as a source of TC on feed intake, nutrient digestibility, nitrogen balance and rumen fermentation in Nelore bulls finished in feedlot. Four crossbred, castrated cattle equipped with a rumen cannula, with an average body weight of 446 ( $\pm 34$ ) kg were distributed in a  $4 \times 4$  double Latin square design, repeated over time. Each Latin square lasted 68 days, divided into four experimental periods, 17 days each, with 10 days for adaptation of the animals and 7 days for data and sample collection. The treatments used consisted of a diet without the inclusion of Acacia mearnsii extract (0 g/kg) and three diets with 10, 30 and 50 g/kg based on dry matter (DM). The use of Acacia mearnsii extract containing TC in the diet reduced ( $P < 0.05$ ) intake of DM, CP, EE, cpNDF and CNF. There was

an increase ( $P < 0.05$ ) in DM, cpNDF, CNF and NDT digestibility, however, it did not affect ( $P = 0.1563$ ) crude protein digestibility and microbial protein synthesis efficiency. The inclusion of Acacia extract provided a reduction in ingested nitrogen ( $P < 0.0001$ ), excretion of N via urine ( $P = 0.0120$ ). The excretion of N via feces increased quadratically ( $P = 0.0298$ ) with maximum extract intake at the inclusion level of 10.09 g/kg DM, however, it did not affect the nitrogen balance ( $P = 0.8995$ ). The concentration of ammoniacal nitrogen (N-NH<sub>3</sub>) and short-chain fatty acids (SCFA) were not affected by the inclusion of the extract. However, N-NH<sub>3</sub> concentrations changed over time, with a maximum value of 10.74 mg/ dL at 3.10 hours. The ruminal pH reduced with the inclusion of the extract ( $P < 0.0001$ ) and in relation to the collection time ( $P = 0.0009$ ). There was no interaction between the effects of extract inclusion and time of collection. Therefore, *Acacia mearnsii* extract, in doses up to 50 g/kg DM or 35 g/kg TC, has the potential to be used as a source of tannin in the diet of young bulls finished in feedlot to improve the use of food and its nutrients. In addition to being advantageous from an environmental point of view by reducing nitrogen excretion.

**Keywords:** black wattle, cattle, digestibility, fermentation, nitrogen

## 1. INTRODUÇÃO

Os taninos condensados (TC) são compostos vegetais secundários e se distinguem de outros compostos polifenólicos por sua capacidade em formar complexos com proteínas e, com menor intensidade, a íons metálicos, aminoácidos e polissacarídeos (Addisu, 2016). O extrato de *Acacia mearnsii* tem sido usado como fonte de TC e investigado como aditivo, pois apresenta potencial por melhorar a utilização de nitrogênio na produção de ruminantes, a fermentação ruminal e reduzir a excreção de nitrogênio (Ávila et al., 2015; Orlandi et al., 2015).

Quando adicionados à dieta de ruminantes, os taninos condensados podem ser benéficos, prejudiciais ou inócuos, dependendo de vários fatores, como o tipo e estrutura química dos taninos, a quantidade ingerida, a espécie animal que os consome e a concentração na dieta (Makkar, 2003; Patra e Saxena, 2011). Quando presentes em

concentrações inferiores a 30 g/kg de matéria seca, os TC não afetam a ingestão de matéria seca (Lima et al., 2019) e podem reduzir a proteólise ruminal, aumentando a quantidade de proteína não degradada no rúmen, o que favorece a absorção de aminoácidos no intestino delgado (Waghorn, 2008; Orlandi et al., 2015). Isso melhora a eficiência da utilização da proteína na dieta e, conseqüentemente, o desempenho dos animais (Salami et al., 2019). Além disso, reduz a excreção de nitrogênio (Waghorn, 2008), o que tem impactos positivos no meio ambiente e na produção.

Por outro lado, dietas com mais de 50 g/kg da MS total podem afetar negativamente a aceitabilidade da ração, reduzindo o consumo voluntário e a digestibilidade, o que pode levar a perdas na produtividade animal (Naumann et al., 2017; Dschaak et al., 2011; Ahnert et al., 2015; Mkhize et al., 2018). No entanto, a ingestão gradual de TC pode levar a uma adaptação parcial a esses compostos e minimizar seus efeitos antinutricionais.

Embora reconhecendo os possíveis efeitos benéficos ou antinutricionais dos TCs, ainda existe uma lacuna sobre qual quantidade, entre zero e 50 g de TC por kg de MS, pode surtir mais efeitos desejáveis do ponto de vista de modulação da atividade ruminal.

Nossa hipótese é que adicionar extrato de *Acacia mearnsii* contendo níveis moderados de TC (50 g/kg da MS total) à dieta de bovinos de corte em confinamento melhora o aproveitamento do alimento e seus nutrientes, sem afetar o consumo de matéria seca. Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes de *Acacia mearnsii* (Acácia negra) como fonte de TC no consumo da ração, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e fermentação ruminal em tourinhos Nelore terminados em confinamento.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Considerações éticas e local experimental**

As condições experimentais foram aprovadas pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, com protocolo nº 01/2015. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Bahia, São Gonçalo dos Campos, Bahia.

## 2.2 Animais, tratamentos e delineamento experimental

Foram utilizados quatro bovinos mestiços, castrados, providos de cânula ruminal, com peso corporal médio de 446 ( $\pm$  34) kg. Antes de iniciar o experimento, os bovinos foram identificados, tratados para endo e ectoparasitas, pesados e alojados em baias individuais, providas de comedouro e bebedouro, previamente identificadas de acordo com os tratamentos. Os animais tiveram acesso *ad libitum* a água e ração, e as instalações passaram por uma rotina diária de procedimento de limpeza para remover excrementos, com intuito de preservar a saúde dos animais.

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental quadrado latino duplo  $4 \times 4$ , repetido no tempo. Cada quadrado latino teve duração de 68 dias, divididos em quatro períodos experimentais, cada um com duração de 17 dias, sendo 10 dias para adaptação dos animais às instalações, manejo e dietas experimentais, e os últimos 7 dias para coleta de dados e amostras. Os animais foram pesados no primeiro e no último dia cada período experimental.

Os tratamentos utilizados consistiram de uma dieta controle sem inclusão de extrato de *Acacia mearnsii* (0 g/kg) contendo TC e três dietas com 10, 30 e 50 g/kg com base na matéria seca da dieta total. O extrato de *Acacia mearnsii* foi obtido da Tanac® (Weibull AQ, São Paulo, Brasil) contendo 700 g de tanino condensado por kg de extrato, com características de ser aniônico com mínimo de 935 g/kg de material ativo, 833 g/kg de taninos totais e 953 g/kg de fenóis totais. O extrato comercial foi adicionado ao concentrado e misturado à dieta basal antes do fornecimento aos animais.

Os níveis de inclusão de TC do extrato *Acacia mearnsii* foram definidos com base na variação média do TC observada na literatura, que se baseia na quantidade que preserva o consumo de MS.

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com as recomendações do National Research Council (NRC, 2000) e continham 124 g PB/kg MS, para atender às exigências nutricionais dos animais para um ganho médio diário estimado de 1.200 g/dia e continham feno de *Cynodon spp.* Cv. Tifton-85 picado, milho moído, farelo de soja, óleo de soja, extrato de *Acacia mearnsii*, ureia e mistura mineral. A composição química dos ingredientes está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg MS ou conforme indicado)

Variável	Feno de Tifton-85	Milho moído	Farelo de soja	Óleo de soja	Extrato de <i>Acacia mearnsii</i>
Matéria seca (g/kg MN) <sup>a</sup>	823,6	821,5	834	996	951,1
Cinzas	61,7	11,4	64,6	-	32,3
Proteína bruta	61,6	91,6	503,5	-	5,60
Extrato etéreo	11,3	32,2	28,9	997	1,6
FDNcp <sup>b</sup>	686,6	167	148,5	-	-
Fibra em detergente ácido	356,7	22,4	51,7	-	-
Carboidratos não fibrosos	125,9	709,9	326,4	-	-
PIDN <sup>c</sup> (g/kg PB)	611,7	75,0	26,0	-	-
PIDA <sup>d</sup> (g/kg PB)	89,6	12,0	4,2	-	-
Lignina em detergente ácido	47,9	3,1	92,7	-	-
Celulose	208,8	19,3	47,5	-	-
Hemicelulose	429,9	144,6	8,3	-	-

<sup>a</sup>MN, Matéria Natural; <sup>b</sup>FDNcp, Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; <sup>c</sup>PIDN - proteína indigestível em detergente neutro; <sup>d</sup>PIDA - proteína indigestível em detergente ácido.

As dietas foram ofertadas na forma de ração completa com proporção de volumoso e concentrado de 400:600 g / kg MS, duas vezes ao dia, às 8:00 h e às 15:00 h. A quantidade de alimentação ofertada foi pesada e calculada de acordo com a ingestão do dia anterior, permitindo sobras de até 100 g / kg da quantidade total fornecida para garantir o consumo voluntário pelos animais. A ração era misturada e pesada diariamente para inclusão nas duas refeições oferecida a cada animal e a água foi fornecida à vontade.

A proporção de ingredientes, composição química e ácidos graxos das dietas experimentais está listada na Tabela 2. Amostras dos ingredientes e das dietas formuladas foram coletadas e submetidas separadamente à análise química em triplicata.

Tabela 2 – Proporções de ingredientes e composição química das dietas experimentais com inclusão extrato de *Acacia mearnsii* contendo tanino condensado

Variável	Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> (g/kg MS total)			
	0	10	30	50
Proporção dos ingredientes (g/kg MS)				
Feno de Tifton-85	400	400	400	400
Milho moído	445	432,5	412,5	387,5
Farelo de Soja	87,5	90,0	90,0	95,0
Óleo de Soja	42,5	42,5	42,5	42,5
Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> comercial <sup>a</sup>	0,00	10,0	30,0	50,0
Mistura mineral <sup>b</sup>	10,0	10,0	10,0	10,0

Ureia	15,0	15,0	15,0	15,0
Composição química				
Matéria seca (g/kg matéria natural)	835,5	836,8	839,4	842,0
Matéria mineral (g/kg MS)	45,4	45,7	46,2	46,8
Proteína bruta (g/kg MS)	149,5	149,5	148,5	149,2
Extrato etéreo (g/kg MS)	63,6	63,2	63,2	62,0
FDNcp <sup>c</sup> (g/kg MS)	340,3	339,4	337,7	336,0
Fibra em detergente ácido (g/kg MS)	157,2	157,0	156,6	156,3
Lignina em detergente ácido	20,9	20,9	20,8	20,8
Celulose	136,3	136,1	135,8	135,5
Hemicelulose	183,1	182,4	181,1	179,1
Carboidratos não fibrosos (g/kg MS)	426,0	426,5	429,8	430,8
Taninos totais (g/kg MS)	0,0	8,3	25,0	41,7
Composição de ácidos graxos (g/100g EMAG) <sup>d</sup>				
Ácido mirístico (C14:0)	0,25	0,25	0,25	0,25
Ácido palmítico (C16:0)	20,7	20,6	20,2	19,9
Ácido palmitoléico (C16:1 cis9)	0,10	0,09	0,09	0,09
Ácido esteárico (C18:0)	2,34	2,33	2,30	2,27
Ácido oléico (C18:1 cis9)	16,2	15,9	15,4	14,7
Ácido linoléico	33,6	33,2	32,3	31,4
Ácido alfa-linolênico	14,8	14,8	14,8	14,8

<sup>a</sup> Extrato de *Acacia mearnsii* (Weibull AQ, Tanac S, A., Montenegro, RS, Brasil); <sup>b</sup>Níveis de garantia (por kg em elementos ativos): cálcio, 145 g (máx.); fósforo, 97,8 g; enxofre, 38,0 g; cobre, 1810 mg; cobalto, 66,0 mg; ferro, 2,846 mg; iodo, 89,5 mg; manganês, 1,774 mg; selênio, 14,9 mg; zinco, 4,298 mg; flúor, 968,0 mg (máximo); <sup>c</sup>FDNcp, Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; <sup>d</sup>EMAG - éster metílico de ácido graxo.

### 2.3 Consumo

O consumo de matéria seca (CMS), nutrientes e fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp) foi estimado com base na diferença entre a quantidade total ofertada e quantidade contida nas sobras. Os resultados de CMS e FDNcp foram expressos em porcentual do peso vivo corporal (%PC). Todos os comedouros foram observados diariamente às 7h da manhã e, caso não houvesse sobra de ração, a ração ofertada era acrescida em 10%.

Para determinar a composição das dietas, foram coletadas amostras dos ingredientes individuais e das dietas. As amostras dos alimentos ofertados e sobras foram coletadas nos cinco primeiros dias de cada período experimental e identificadas com o nível de tanino e animal. Em seguida, foram armazenadas como compostos

individuais para cada animal dentro de cada período a uma temperatura de -20°C. Ao final do período experimental, todas as amostras foram secas a 55°C por 72 horas em uma estufa de circulação forçada de ar e moídas em um moinho de faca Wiley (Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil) com peneira de 1 mm. A determinação da MS, PB, N total, EE e FDN foi realizada, e as amostras foram armazenadas em recipientes plásticos e hermeticamente fechados (ASS, cidade de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) para análises subsequentes.

#### **2.4 Digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e eficiência de síntese de proteína microbiana**

Para quantificar a excreção de matéria seca fecal, foram realizadas coletas de fezes entre o 11º e 17º dia do período experimental, em duas coletas diárias, uma de manhã e outra à tarde, diretamente do reto dos animais e armazenadas em freezer à -20°C. Antes das análises, as amostras foram homogeneizadas e uma subamostra representativa de 10% do total foi retirada, seca em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 h e moída em moinho de facas tipo Wiley, com peneira de 1 mm. Posteriormente, foram retiradas amostras compostas por animal dentro do período e armazenadas em potes hermeticamente fechados à -20°C para análises químicas.

Com a finalidade de determinar a produção fecal, foi utilizada a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno (Cochran et al., 1986). Para determinar a FDNi, amostras de alimentos, sobras e fezes foram moídas em peneira de 2 mm, incubadas em sacos de tecido não tecido (TNT) com gramatura 100 (100 g de matéria prima/m<sup>2</sup> de produto final) e inseridos no rúmen de dois bovinos fistulados por 288 horas (Valente et al., 2011). Os sacos de TNT com o material remanescente da incubação ruminal foram lavados, submetidos à secagem em estufa com ventilação forçada a 55°C, por 72 horas. Em seguida, foram submetidos a extração com detergente neutro para obtenção do FDNi. A produção de matéria seca fecal (kg MS/dia) foi estimada com base na razão entre a quantidade do marcador consumido e sua concentração nas fezes, de acordo com a equação:  $\text{Fezes (kg MS/dia)} = (\text{FDAi ingerido (g/dia)} / \text{FDAi concentração nas fezes (g/dia)}) \times 100$  (Silva e Leão, 1979).

Os coeficientes de digestibilidade (CD) da MS, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp) e

carboidrato não-fibroso (CNF) foram obtidos a partir da seguinte equação:  $CD = [(kg \text{ da fração ingerida} - kg \text{ da fração excretada}) / (kg \text{ da fração ingerida})] \times 100$ .

O consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) foi calculado de acordo com Sniffen et al., (1992), usando a equação  $CNDT = (PBi - PBf) + 2,25 (EEi - EEf) + (CTi - CTf)$ , onde PBi, EEi e CTi representam a ingestão de PB, EE e carboidratos totais, respectivamente, e PBf, EEf e CTf referem-se à PB, EE e carboidratos totais excretados nas fezes, respectivamente. As concentrações de NDT foram obtidas por meio da equação  $NDT = PBD + (2,25 \times EED) + CNFD + FDNcpD$ , em que PBD, EED, CNFD e FDNcpD são, respectivamente, proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, carboidratos não-fibrosos digestíveis e fibra em detergente neutro (corrigido para cinzas e proteínas) digestível. Os teores de NDT foram obtidos conforme a seguinte equação:  $NDT (g/kg) = (\text{consumo de NDT/CMS}) \times 100$ .

O volume urinário no período de 24 horas foi mensurado a partir da coleta total de urina de cada animal realizadas diariamente, do 11º ao 17º dia de cada período. Para isso, foi utilizado funis adaptados aos animais e ligados a mangueira de polietileno, que conduziam a urina até um recipiente plástico estéril com tampa, contendo 200 mL de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) a 20% (Barbosa et al., 2006), para evitar a volatilização dos compostos nitrogenados da urina. O volume de urina coletado no período de 24 horas de cada amostra pontual foi registrado e pesado. A urina coletada foi filtrada em tripla camada de gaze, para remoção das partículas sólidas, e alíquotas de 10 mL foram diluídas em 40 mL de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 0,036 N (Valadares et al., 1999). As amostras foram armazenadas em potes estéreis de polietileno e congeladas em freezer à  $-10^\circ C$ , para posteriores análises das concentrações de alantoína, ácido úrico e nitrogênio total. A determinação do N-urinário foi realizada de acordo com o método INCT/CA – 001/1 (Detmann et al., 2012).

A concentração de alantoína foi determinada conforme método colorimétrico descrito por Chen e Gomes (1992). O ácido úrico foi determinado por meio de kit comercial (Labtest®, La-goá Santa Minas Gerais, Brasil) e o teor de nitrogênio total (N) de acordo com o método INCT-CA N 001/1 (Detmann et al., 2012). Para estimar a excreção total dos derivados de purinas, para estimar a proteína microbiana, foi calculada a soma das quantidades de alantoína e ácido úrico (mmol/dia) excretadas na urina. As purinas microbianas absorvidas (Pabs, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas (DP, mmol/dia), por meio da equação:  $Pabs = (DP - 0,385 \times PV^{0,75}) / 0,84$ , em que 0,84 é a recuperação de purinas absorvidas como

derivados de purinas e  $0,385 \times PV^{0,75}$ , a contribuição endógena para excreção de purinas (Chen e Gomes, 1992).

A síntese retículo-ruminal de compostos nitrogenados microbianos (NMic, g / dia) foi determinada em função das purinas microbianas absorvidas (Pabs, mmol / dia), utilizando a equação:  $NMic (g / dia) = 70 \times Pabs / 0,83 \times 0,116 \times 1000$ , em que 70 é o conteúdo de nitrogênio nas purinas (mg N/mol); 0,83 a digestibilidade intestinal das purinas microbianas e 0,116, a relação N-purinas: N-total dos microrganismos ruminais (Chen e Gomes, 1992). A síntese de proteína bruta microbiana foi obtida multiplicando-se o nitrogênio microbiano por 6,25, enquanto a eficiência de síntese de proteína microbiana (g N/100 g NDT) foi determinada pela razão entre a síntese de proteína microbiana e o consumo de NDT (NRC, 1996).

O balanço de nitrogênio (BN) foi estimado de acordo com a seguinte equação:  $BN (g/dia) = N \text{ ingerido } (g/dia) - [N \text{ excretado nas fezes } (g/dia) + N \text{ excretado na urina } (g/dia)]$ .

## 2.5 Parâmetros ruminais, sanguíneos e ácidos graxos

Amostras do conteúdo ruminal foram coletadas manualmente no dia 16 de cada período, através da cânula ruminal, em oito pontos distintos do rúmen às 0 (antes da alimentação), 2, 4 e 6 horas após a alimentação. Foram avaliados o pH, concentração de nitrogênio amoniacal ( $NH_3-N$ ) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Após a coleta, o líquido foi filtrado em gaze e, imediatamente, o pH foi registrado com auxílio de um potenciômetro digital (TECNOPON mPA-210, Piracicaba, São Paulo, Brasil). O pH 5,8 indica o limiar de casos de acidose ruminal subaguda (Penner et al., 2007), e pH 6,0 e 6,2 são indicativos de condições ruminais saudáveis (Penner e Beauchemin, 2010).

Para determinação de  $NH_3-N$ , uma alíquota de 50 mL de cada amostra de fluido ruminal foi acidificada em 1 mL de ácido sulfúrico (1:1). As amostras foram imediatamente congeladas, em recipiente com tampa e identificado, a  $-10^\circ C$  até análise. A concentração de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal foi determinada pelo método de Kjeldahl, sem digestão ácida da amostra e utilizando hidróxido de potássio (2N) como base para destilação, após centrifugação da amostra a  $3.000 \times g$  por 15 min. Os resultados foram expressos em mg/dL.

Nos dias 30, 60 e 90 do período experimental, 4 horas após a ingestão da alimentação, foi coletado o sangue dos animais. As amostras de sangue foram então

levadas ao laboratório e centrifugadas (modelo 80-2B DM, IONLAB, Paraná, Brasil) a  $3.000 \times g$  por 15 minutos para separar o soro para avaliação (duplicata) de albumina (verde método do bromocresol), proteína total (método do biureto), globulinas (calculadas pela diferença entre o valor do total de proteínas e albumina) e triglicerídeos (método enzimático Trinder). As análises bioquímicas foram processadas por um analisador automático Labmax Plenno® em conjunto com kit Labtest Diagnóstica®. O aparelho foi previamente calibrado com Calibra 1 em conjunto com soro controle universal Qualitrol 1 H, ambos produzidos pela Labtest Diagnóstica®.

A concentração de nitrogênio ureico no sangue no plasma foi determinada (em duplicata) com espectrofotômetro utilizando o protocolo dos kits enzimáticos comerciais (Labtest Diagnostica, S.A., MG, Lagoa Santa, Brasil), e a concentração foi calculada de utilizando 0,46 N.

Para análise dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que incluiu o acetato, propionato e butirato, uma alíquota de 50 mL de cada amostra de líquido ruminal foi coletada, adicionada 0,4 mL de ácido fórmico e armazenada em recipiente identificado a  $-10^{\circ}\text{C}$  para análises posteriores, segundo Erwin et al. (1961). Após o degelo, as amostras foram colocadas em tubos Falcon e centrifugadas a  $15.000 \times g$  por 10 minuto. A identificação e quantificação dos ácidos foi obtida por Cromatografia Líquida de Alto desempenho (HPLC), equipamento SHIMADZU, modelo SPD-10A VP acoplado ao Detector Ultra Violeta (UV) utilizando-se um comprimento de ondas de 210 nm.

## **2.6 Análises laboratoriais**

As amostras dos ingredientes, dietas, sobras e fezes foram descongeladas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a  $55^{\circ}\text{C}$  por 72 h. Em seguida, foram trituradas em moinhos de faca Wiley (Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil) com peneira de 1 mm, armazenadas em potes plásticos com tampas, identificados e submetidos à análise laboratorial, as quais foram analisadas em triplicatas.

As análises foram realizadas de acordo com a metodologia proposta pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2012) para determinação do teor de MS (método 967.03), matéria mineral (MM, método 942.05), proteína bruta (PB)

pela determinação do N total usando a técnica de Kjeldahl (método 981.10) e extrato etéreo (EE, método 920.29).

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi determinado conforme descrito por Van Soest et al. (1991). O resíduo de FDN foi incinerado em estufa a 600°C por 4 horas para permitir correção para contaminação por cinzas e proteínas (mesmo método descrito para PB) (FDN<sub>cp</sub>). A FDN foi submetida a análise proteica para subtração da proteína insolúvel em detergente neutro (PIDIN) para correção proteica. O conteúdo de PIDN e proteínas insolúveis em detergente ácido (PIDA) foram obtidas seguindo as metodologias propostas por Licitra et al. (1996).

A determinação da lignina em detergente ácido (LDA) foi determinada quando o resíduo do FDA foi tratado com ácido sulfúrico a 72% de acordo com o método (973.18) proposto pela AOAC (2012). O conteúdo de hemicelulose foi determinado subtraindo o FDN (soma de celulose, hemicelulose e lignina) de FDA (soma de celulose e lignina), e o teor de celulose foi determinado como a diferença entre FDA e LDA. Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com a equação desenvolvida por Hall (2000):  $CNF = 1000 - [(PB - P_{Bu} + \text{uréia}) + FDN_{cp} + EE + \text{cinzas}]$ , em que P<sub>Bu</sub> é a PB da uréia, tudo em g/kg.

A composição dos ácidos graxos (AG's) presentes no extrato lipídico das dietas foi obtida através da metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959) e a transesterificação foi realizada conforme Christie (1982). Amostras foram adicionadas a 60 ml da mistura solvente (clorofórmio e metanol, 2:1). Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) foram quantificados por cromatógrafo gasoso-espectrômetro de massa (GCMS-QP 2010 SE, Tóquio, Japão) com detector de massas Shimadzu (GCMS-QP 2010, Tóquio, Japão), e uma coluna RT-x Wax Polietileno Glicol (30 m de comprimento x 0,25 mm de diâmetro interno x 0,25 µm de espessura do filme). O Hélio (He) foi utilizado como gás de arraste a uma taxa de fluxo de 1,0 mL/min split 1:20.

O programa inicial de temperatura do forno foi de 100°C, mantida por 5 minutos, e, então, aumentada gradativamente (a 5°C/min) até atingir 190°C, que foi mantida por 5 minutos. Em seguida, a temperatura foi aumentada gradativamente (2°C/min) até atingir 220°C, que permaneceu por 5 minutos. Posteriormente, foi elevada gradativamente para 240°C (5 °C/min), onde permaneceu por 5 minutos. O tempo de forno totalizou 57 minutos por amostra analisada. Durante a análise, a temperatura utilizada no injetor e no detector foi de 250°C, As injeções foram realizadas em duplicatas, e o volume de injeção foi de 1 µL.

Uma alíquota de 1 µl de extrato esterificado foi injetada no cromatógrafo e a identificação de ácidos graxos individuais foi realizada por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos apresentados pelo padrão de cromatografia FAME MIX (FAME Mix, C4-C24, Sigma-Aldrich, St, Louis, EUA). Os ácidos graxos com cis e isômeros trans foram separados por corrida cromatográfica ao longo da coluna de 100 mm. Nenhum tratamento específico foi realizado para isso, e a amostra foi extraída e esterificada como um todo. A concentração de ácidos graxos foi determinada pela porcentagem da área de um determinado ácido graxo quando adicionado às áreas de todos os picos presentes em a amostra. A quantificação dos ésteres metílicos de ácidos graxos (FAMEs) foi realizada com base na normalização da área do pico (Visentainer e Franco, 2006) e as concentrações foram expressas em g/100g de ésteres metílicos totais de ácidos graxos identificados.

### 3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados em função da inclusão do extrato de *Acacia mearnsii* (0; 10; 30 e 50 g/kg MS), como fonte de TC, nas dietas experimentais. Aos dados foram analisados pelo comando estatístico SAS (versão 9,1, SAS Institute Inc., Cary, NC, 2003). Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + Li + Cj + Tk (ij) + e_{ijk}$$

em que,  $Y_{ijk}$  é o valor observado na unidade experimental que recebeu o tratamento k (na linha i e coluna j);  $\mu$  é o efeito médio global;  $Li$  é o efeito da linha i (animal);  $Cj$  = efeito da coluna j (período);  $Tk (ij)$  = efeito do tratamento k aplicado na linha i e coluna j (0; 10; 30 e 50 g/kg MS) e  $e_{ijk}$  = efeito do erro experimental.

Os dados foram submetidos a contrastes polinomiais para determinar o efeito linear e quadrático dos tratamentos e significância foram considerados quando valor de  $P < 0,05$ .

Após análise dos contrastes, quando significativos, foram determinados os parâmetros das equações de regressão utilizando o procedimento de regressão do SAS.

Para os dados de pH,  $\text{NH}_3\text{-N}$  e AGCC foi utilizado o procedimento para modelos lineares mistos (PROC MIXED) o comando REPEATED devido a natureza das medidas repetidas dos dados (sequencialmente no tempo), o modelo incluiu a interação

entre tempo e o tratamento como efeitos fixos. As variáveis foram analisadas com medida repetidas no tempo, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + a_j + p_k (ij) + (Dap)_{ijk} + T_l + (DT)_{il} + e_{ijk},$$

em que,  $Y_{ijkl}$  = valor observado;  $\mu$  = média geral;  $D_i$  = efeito do tratamento (níveis de extrato de Acácia (0; 10; 30 e 50 g/kg MS);  $a_j$  = período;  $T_l$  = tempo;  $e_{ijk}$  = efeito (residual). Matrizes de covariâncias foram testadas e escolhidas de acordo com o menor valor de critério de informação de Akaike corrigido (AICC). Nenhuma interação significativa entre dieta e tempo foi observada e, portanto, os modelos não incluíram os efeitos da interação. Contrastes polinomiais (linear e quadrático) foram utilizados para verificar o efeito dos tratamentos e o tempo sobre as variáveis respostas, quando o valor de  $P < 0,05$ .

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Consumo

O uso de extrato de *Acacia mearnsii* contendo TC na dieta reduziu o consumo diário de MS, PB, EE, FDNcp e CNF ( $P < 0,0001$ ;  $P = 0,0167$ ;  $P < 0,0001$ ;  $P < 0,0001$ ;  $P = 0,0492$ , respectivamente). Os animais que receberam a dieta com 50 g/dia de extrato tiveram uma redução de 22,4% no consumo de MS em comparação ao nível zero. O consumo de MS e FDNcp também reduziu em relação ao peso corporal ( $P = 0,0001$ ;  $P = 0,0244$ , respectivamente) (Tabela 3).

Tabela 3 - Consumo diário de nutrientes das dietas com inclusão extrato de *Acacia mearnsii* contendo tanino condensado

Item	Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> <sup>a</sup> (g/kg MS total)				EPM <sup>b</sup>	Efeito <sup>c</sup>	
	0	10	30	50		Linear	Quadrático
Consumo de nutriente (kg/dia)							
Matéria seca <sup>1</sup>	9,55	9,29	8,99	7,41	0,51	<0,0001	0,0359
Proteína bruta <sup>2</sup>	1,46	1,46	1,33	1,11	0,08	<0,0001	0,0550
Extrato etéreo <sup>3</sup>	0,63	0,63	0,58	0,44	0,03	<0,0001	0,0058
FDNcp <sup>d,4</sup>	3,10	2,87	2,99	2,64	0,18	0,0167	0,6022
CNF <sup>e,5</sup>	4,18	4,17	3,92	3,08	0,23	<0,0001	0,0042
NDT <sup>f,6</sup>	5,70	5,55	5,75	5,07	0,41	0,0492	0,1788
Consumo (% peso corporal)							
Matéria seca	2,00	1,94	1,89	1,53	0,08	0,0001	0,0586
FDNcp	0,65	0,60	0,63	0,55	0,03	0,0244	0,6445
<b>Equações de regressão</b>						<b>R<sup>2</sup></b>	

<sup>1</sup> $\hat{Y} = -0,0405x + 9,7222$	0,875
<sup>2</sup> $\hat{Y} = -0,0072x + 1,5017$	0,931
<sup>3</sup> $\hat{Y} = -0,0038x + 0,6554$	0,878
<sup>4</sup> $\hat{Y} = -0,0072x + 3,0617$	0,653
<sup>5</sup> $\hat{Y} = -0,0217x + 4,3268$	0,862
<sup>6</sup> $\hat{Y} = -0,0102x + 5,7475$	0,533

<sup>a</sup>Extrato de *Acacia mearnsii* (Weibull AQ, Tanac S, A., Montenegro, RS, Brazil); <sup>b</sup>EPM = erro padrão da média; <sup>c</sup>Significância: P < 0,05; <sup>d</sup>FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; <sup>e</sup>CNF = carboidrato não fibroso; <sup>f</sup>NDT = Nutrientes digestíveis totais; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

## 4.2 Digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e eficiência de síntese de proteína microbiana

Houve aumento na digestibilidade da MS (P = 0,0002), EE (P = 0,0090), FDNcp (P = 0,0011), CNF (P < 0,0001) e NDT (P = 0,0005) com a inclusão do extrato de *Acacia mearnsii* contendo TC na dieta dos bovinos. Porém, não afetou (P = 0,1563) a digestibilidade da proteína bruta (Tabela 4).

A inclusão do extrato de Acácia contendo TC na dieta dos bovinos proporcionou redução no nitrogênio ingerido (P < 0,0001), assim como na excreção do N via urina (P = 0,0120). No entanto, a excreção de N via fezes aumentou quadraticamente (P = 0,0298) com ingestão máxima do extrato no nível de inclusão de 10,09 g / kg MS, porém, não afetou o N retido ou balanço de nitrogênio (P = 0,8995).

Neste experimento, a inclusão do extrato de *Acacia mearnsii* contendo TC não obteve efeito sobre o N microbiano (P = 0,640) e proteína microbiana (P = 0,640), com média de 80,75 e 504,69, respectivamente. Da mesma forma, a eficiência de síntese de proteína microbiana (g PB mic / kg NDT) não foi influenciada (P = 0,864) pelos níveis de até 50g / kg de MS de extrato de Acácia contendo TC na dieta dos bovinos.

Tabela 4 – Coeficiente de digestibilidade e balanço de nitrogênio (N) de tourinhos alimentados níveis de extrato de *Acacia mearnsii* contendo tanino condensado

Item	<i>Acacia mearnsii</i> extract <sup>a</sup> (g/kg MS)				EPM <sup>b</sup>	Efeito <sup>c</sup>	
	0	10	30	50		Linear	Quadrático
Coeficiente de digestibilidade							
Matéria seca <sup>1</sup>	51,21	51,63	55,78	60,74	1,90	0,0002	0,1739
Proteína bruta	62,47	60,49	61,00	66,89	2,93	0,1563	0,0791
Extrato etéreo <sup>2</sup>	72,79	72,53	77,66	82,78	3,56	0,0090	0,3402
FDNcp <sup>d,3</sup>	36,66	36,35	41,78	44,65	1,93	0,0011	0,3771
CNF <sup>e,4</sup>	62,80	63,38	68,20	75,83	2,17	<0,0001	0,0639
Balanço de nitrogênio (N) (g/dia)							
N ingerido <sup>5</sup>	234,26	233,30	212,65	178,09	13,06	<0,0001	0,0528

Excreção N urinário <sup>6</sup>	72,77	53,20	59,64	42,40	10,14	0,0120	0,8681
Excreção N fecal <sup>7</sup>	89,01	95,79	82,64	59,16	7,51	0,0018	0,0298
N retido (ou balanço)	72,48	84,31	70,37	76,53	13,05	0,8995	0,6105
Síntese de proteína microbiana							
PB microbiana (g/dia) <sup>f</sup>	556,48	415,98	609,50	436,80	92,99	0,640	0,841
Eficiência (gPBmic/kg NDT)	101,61	76,53	108,62	86,92	18,94	0,864	0,915

	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
	$^1\hat{Y} = 0,1974x + 50,399$	0,971
	$^2\hat{Y} = 0,2132x + 71,643$	0,954
	$^3\hat{Y} = 0,1776x + 35,863$	0,946
	$^4\hat{Y} = 0,2655x + 61,579$	0,954
	$^5\hat{Y} = -1,149x + 240,43$	0,939
	$^6\hat{Y} = -0,4671x + 67,513$	0,666
	$^7\hat{Y} = -0,0209x^2 + 0,4218x + 89,933$	0,809

<sup>a</sup>Extrato de *Acacia mearnsii* (Weibull AQ, Tanac S, A., Montenegro, RS, Brazil); <sup>b</sup>EPM = erro padrão da média; <sup>c</sup>Significância P < 0,05; <sup>d</sup>FDNcP = fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; <sup>e</sup>CNF = carboidrato não fibroso; <sup>f</sup>PB Microbiana = proteína bruta microbiana.

#### 4.3 Parâmetros ruminais, sanguíneos e ácidos graxos

No presente estudo, as concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) ruminal (P = 0,5448), de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (P = 0,7546), acetato (P = 0,4076), propionato (P = 0,3365), butirato (P = 0,7863) e razão molar acetato/propionato (C2:C3) (P = 0,1742) não foram influenciadas pela inclusão de até 50 g/kg do extrato de *Acacia mearnsii* (36 g/kg de tanino condensado) na MS da dieta (tabela 5).

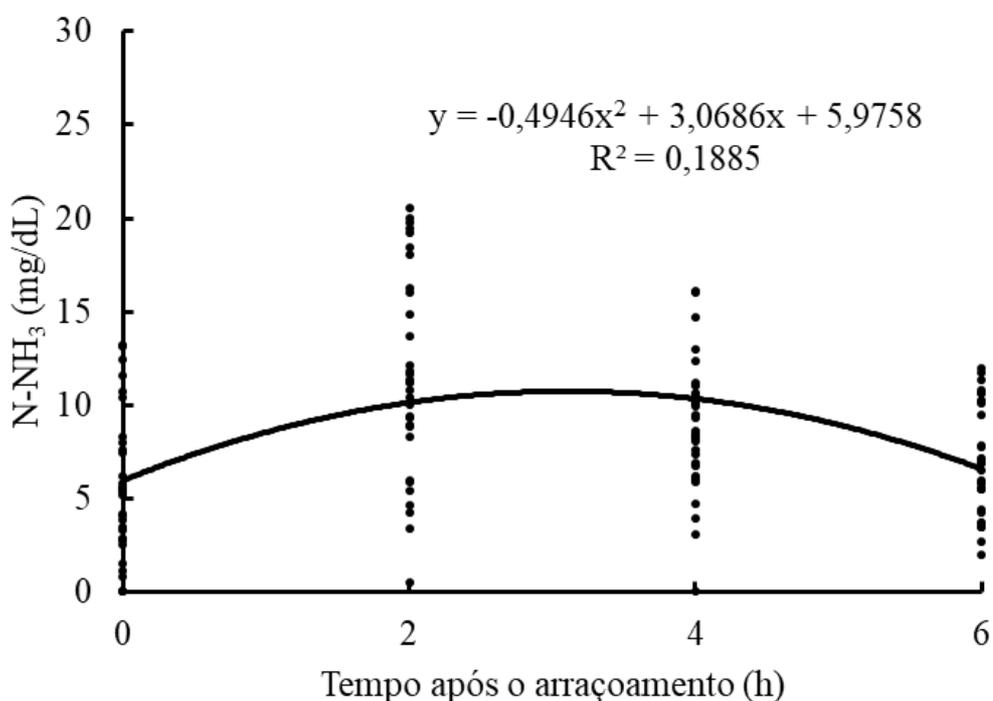
Tabela 5 – Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), concentração em µmol/mL de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e razão molar acetato/propionato (C2:C3) de toruinhos alimentados níveis de extrato de *Acacia mearnsii* contendo tanino condensado

Item	<i>Acacia mearnsii</i> extract <sup>a</sup> (g/kg MS)				EPM <sup>b</sup>	Efeito <sup>c</sup>	
	0	10	30	50		Linear	Quadrático
N-NH <sub>3</sub> <sup>d</sup> (mg / dl)	8,93	10,19	9,27	8,24	1,22	0,5448	0,3156
AGCC (µmol/mL)	89,17	87,43	90,03	87,66	1,6	0,7546	0,8185
Acetato (µmol/mL)	56,15	54,70	56,22	54,16	1,18	0,4076	0,7935
Propionato (µmol/mL)	23,66	23,36	24,39	24,05	0,72	0,3365	0,9803
Butirato (µmol/mL)	9,35	9,37	9,41	9,44	0,26	0,7863	0,9749
C2:C3 (µmol/mL) <sup>d</sup>	2,4	2,36	2,31	2,26	0,07	0,1742	1,0000

<sup>a</sup>Extrato de *Acacia mearnsii* (Weibull AQ, Tanac S, A., Montenegro, RS, Brazil); <sup>b</sup>EPM = erro padrão da média; <sup>c</sup>Significância P < 0,05; <sup>d</sup>Razão acetato:propionato.

As concentrações de N-NH<sub>3</sub> não apresentaram diferença significativa com a inclusão do extrato de Acácia, mas apresentaram mudanças em função do tempo, com valor máximo de 10,74 mg / dL no tempo de 3,10 horas (três horas e seis minutos) após o arraçoamento matinal (Figura 1).

Figura 1 - N-NH<sub>3</sub> ruminal de tourinhos nelore em momentos após o arraçoamento matinal, submetidos a dietas com extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado

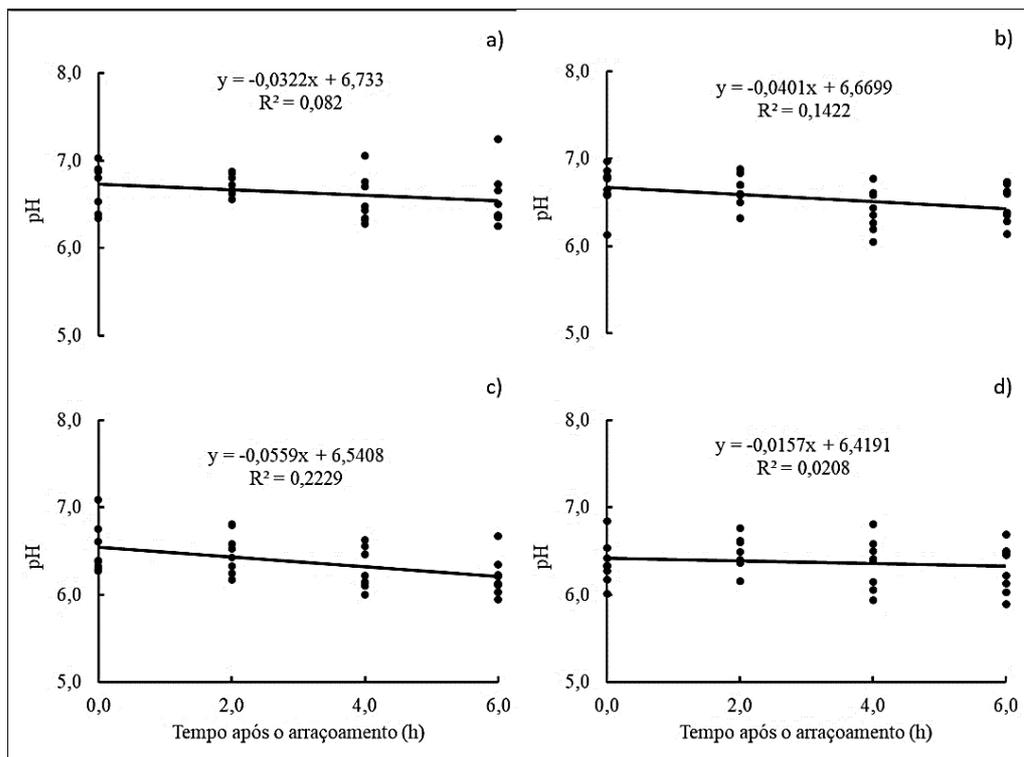


A concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) ( $P = 0,7546$ ), acetato ( $P = 0,4076$ ), propionato ( $P = 0,3365$ ), butirato ( $P = 0,7863$ ) e razão molar acetato/propionato (C2:C3) ( $P = 0,1742$ ), não foram alterados pela inclusão do extrato de *Acacia mearnsii* contendo TC (tabela 5).

O pH ruminal foi influenciado de forma linear decrescente pela inclusão do extrato de acácia ( $P < 0,0001$ ) e também pelo tempo de coleta ( $P = 0,0009$ ), não houve interação entre os efeitos da inclusão do extrato de acácia e momento de coleta ( $P = 0,9572$ ) (Figura 2).

Figura 2 - pH ruminal de tourinhos nelore em momentos após o arraçoamento matinal, submetidos a dietas com extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino

condensado, a) 0% de extrato, b) 10 g/kg de extrato, c) 30 g/kg de extrato, d) 50 g/kg de extrato



Albumina ( $P = 0,7900$ ), triglicerídeos ( $P = 0,8852$ ) e ureia ( $P = 0,2486$ ) no sangue não diferiram entre os tratamentos. No entanto, as proteínas totais apresentaram efeito linear decrescente ( $P = 0,0228$ ) com aumento do nível de inclusão do extrato (Tabela 6).

Tabela 6 - Metabólicos séricos de tourinhos em terminação alimentados com níveis de extrato de *Acacia mearnsii* contendo tanino condensado

Item (mg/dL)	Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> <sup>a</sup> (g/kg MS)				<sup>1</sup> EPM	Efeito <sup>c</sup>	
	0	10	30	50		Linear	Quadrático
Albumina	3,82	4,11	4,31	3,84	0,20	0,7900	0,0729
Proteína total <sup>1</sup>	7,39	6,31	6,05	5,69	0,48	0,0228	0,4720
Triglicerídeos	20,42	16,10	20,22	19,54	217,55	0,8852	0,4088
Ureia N	21,64	20,05	21,6	22,87	0,91	0,2486	0,0910
<b>Equações de regressão</b>						<b>R<sup>2</sup></b>	
$\hat{Y} = -0,0294x + 7,0205$						0,790	

<sup>a</sup>Extrato *Acácia mearnsii* (Weibull AQ, Tanac S, A., Montenegro, RS, Brasil); <sup>b</sup>Erro Padrão da Média; <sup>c</sup>Efeito linear e Efeito quadrático; Significativo a 5% de probabilidade.

## 5. DISCUSSÃO

O consumo de concentração baixa a moderada de TC nas dietas (<50 g/kg MS) não afeta o consumo de ração e a digestão de nutrientes (Huang et al., 2018). No entanto, no presente estudo, o aumento da inclusão de extrato de *Acácia mearnsii* contendo quantidades moderadas de TC (até 36 g/kg de TC) reduziu o CMS (kg/ dia e em % peso corporal). Algumas explicações para esse efeito deletério devem ser levadas em consideração, como a adstringência, fonte de TC, espécie animal que vai consumir e quantidade do composto (Hart et al., 2008; Grainger et al., 2009; Waghorn, 2008).

Durante a mastigação dos alimentos, ocorre a ruptura de cerca de 60% das células vegetais, o que leva à liberação dos taninos condensados. Esses compostos são capazes de se ligar a proteínas da saliva e da mucosa oral, formando complexos que reduzem a lubrificação da boca, alterando a aceitabilidade do alimento e diminuindo seu consumo. Esse mecanismo é conhecido como adstringência e é considerado o principal responsável pela redução do consumo de alimentos pelos animais (Frutos et al., 2004; Lesschaeve e Noble, 2005; Huang et al., 2018; Ventura-Cordero et al., 2017). No presente estudo, não houve esse processo de ruptura vegetal durante a mastigação, pois o TC já havia sido extraído do interior da célula vegetal (*Acácia mearnsii*) e ofertado como extrato. Dessa forma, ao entrar em contato direto com a saliva pode ter acentuado essa adstringência, provocando repulsão e, conseqüentemente, redução no CMS. O contato direto do TC do extrato de *Acácia* reduziu a aceitabilidade das dietas pelos animais, aumentando a seletividade da dieta. De fato, não era esperado a redução do consumo de MS com os níveis utilizados, no entanto, taninos de diferentes origens podem afetar de forma diferente o consumo, mesmo quando ingeridos na mesma concentração. Dessa forma, os efeitos benéficos ou adversos dos TC podem diferir de acordo com a fonte de tanino que é ofertada (Aboagye et al., 2018).

Outra explicação é que, os ruminantes possuem em sua saliva proteínas ricas em prolina (PRP's), que são capazes de se ligar aos TC da dieta e inativá-los, reduzindo a adstringência. No entanto, foi comprovado que a saliva de bovinos contém pouca prolina, em comparação a outros ruminantes, o que torna esses animais mais sensíveis à adstringência provocada pelos TC (Mueller-Harvey, 2006). Dessa forma, variações nas espécies de ruminantes diferem em sua capacidade de tolerar ou degradar metabólitos secundários de plantas (Frutos et al., 2004).

Outro fator que pode interferir indiretamente o CMS é a resposta hormonal provocada a partir da ligação do tanino com proteínas da mucosa do intestino delgado, promovendo uma cascata de sinalizações capazes de reduzir o consumo (Kumar e Vaithiyathan, 1990). No entanto, nesse estudo com bovinos, o fator adstringente pode ter sido o mais intenso, uma vez que os níveis de extrato de TC reduziram a aceitabilidade e aumentaram a seletividade da dieta, sendo o volumoso preferido ao concentrado. Os ruminantes utilizam algumas estratégias para lidar com os efeitos negativos provocados pelos taninos, dentre elas estão a redução no consumo e seleção do alimento com menores concentrações desses compostos (Estell, 2010).

Como o CMS foi afetado negativamente, isso influenciou diretamente a ingestão dos nutrientes (MS, PB, EE, fibras e NDT). O decréscimo no consumo de proteína e extrato etéreo pode ser explicado pela redução no consumo da MS (kg/dia), pois as dietas foram formuladas e balanceadas para apresentarem concentrações similares de proteína e energia. Os TC quando adicionados às dietas podem provocar redução na digestibilidade da MS, FDN e NDT, pois podem formar complexos com carboidratos da parede celular vegetal protegendo-a da digestão microbiana, assim como podem inibir diretamente o crescimento das bactérias celulolíticas (Abdullah et al., 2018). O metabolismo das bactérias gram-positivas é prejudicado pela absorção do tanino condensado (Silva et al., 2017) por inibir processos essenciais do metabolismo microbiano, como o processo de transportes através da membrana e a fosforilação oxidativa (Smith et al., 2005). Nesse contexto, sugerimos que o extrato utilizado como fonte de TC, até o nível de inclusão de 50 g/kg de MS dieta, não afetou o metabolismo desses microrganismos, favorecendo o aumento da digestibilidade dos nutrientes supracitados. Além disso, a formação de complexos com fibras ocorre com menor intensidade em comparação às proteínas (Perna et al., 2017). Adicionalmente, o pH manteve-se sempre acima de 6,2 (variando de 6,28 a 6,72), favorecendo a digestibilidade da fibra, a qual pode ser comprometida com pH inferior a 6,2 (Van Soest, 1994).

Apesar da redução observada no consumo de NDT e PB, a eficiência de síntese de proteína microbiana (g PBmic/kg NDT) não foi afetada pela inclusão do extrato contendo TC na dieta. O valor médio encontrado nesse estudo para eficiência de síntese de proteína microbiana foi de 93,42 g PBmic/kg de NDT, inferior ao citado pelo NRC (1996), que é 130 g PBmic/kg NDT. Isso pode estar relacionado ao menor consumo de NDT que foi inferior ao citado pelo NRC (1996) que é de 6,33 kg/dia para animais com

450 kg. De acordo com Clarck et al., (1992), a eficiência de síntese de proteína microbiana é dependente da disponibilidade de energia fermentável e N degradável no rúmen, e a disponibilidade energética é fator limitante. Embora o consumo de NDT tenha diminuído, a digestibilidade da fibra aumentou e a digestibilidade da proteína não foi afetada, indicando que o substrato energético e protéico manteve o metabolismo dos microrganismos, não limitou o N-NH<sub>3</sub> e, conseqüentemente, não alterou a eficiência de síntese de proteína microbiana com aumento do extrato de Acácia contendo TC. Dessa forma, pode-se inferir que não houve limitação ao crescimento dos microrganismos.

Como conseqüência da inclusão do TC através do extrato de *Acacia mearnsii* e redução no consumo de PB, esperava-se redução na concentração de N-NH<sub>3</sub>. No entanto, o N-amoniaco não foi afetado com a inclusão do extrato de Acácia contendo TC, supostamente por não ter ocorrido redução na degradabilidade da proteína ruminal. Segundo Nigrant et al. (2017), os complexos formados com as proteínas reduzem sua acessibilidade para a degradação ruminal e favorecem a liberação pós-ruminal, reduzindo assim a concentração de amônia no rúmen, o que não foi observado no presente estudo.

Assim como o N-NH<sub>3</sub>, a proteína microbiana não foi alterada pela inclusão do extrato de Acácia, demonstrando que não houve efeito do TC oriundo do extrato sobre a disponibilidade de proteína degradável no rúmen. Quando há deficiência de amônia no rúmen, as bactérias diminuem sua taxa de crescimento, o que diminui a atividade fermentativa ruminal e consumo de alimento pelos animais (Van Soest, 1994). A concentração média de N-NH<sub>3</sub> foi superior (9,17 mg/dL) ao valor mínimo (8,0 mg/dL) necessário para suprir as necessidades de N e manter o crescimento dos microrganismos ruminantes (Egan e Doyle, 1985). Esses resultados sugerem que as bactérias produtoras de amônia, bem como a atividade das enzimas extracelulares, não foram afetadas ou foram parcialmente afetadas pela inclusão do extrato de Acácia contendo TC.

A inclusão de extrato contendo TC além de reduzir o CMS, pode reduzir a digestibilidade dos nutrientes (Ahnert et al., 2015; Pagán-Riestra et al., 2010). No presente estudo, a adição do extrato de Acácia como fonte de TC à dieta melhorou a digestibilidade de todas as frações, exceto a da PB que não foi afetada. O aumento da digestibilidade pode ser atribuído a redução no CMS que, possivelmente, reduziu a taxa de passagem (Frutos et al., 2004), favorecendo aumento no tempo de retenção do alimento no rúmen, permanecendo mais tempo sobre a ação dos microrganismos e, conseqüentemente, melhor aproveitamento do alimento.

De acordo com Patra e Saxena (2011), os TC pode reduzir a digestão da fibra por ação direta dos microrganismos celulolíticos ou por inibição da atividade enzimática, ou ambas, o que não aconteceu no presente estudo. Talvez, a quantidade de extrato ofertada não tenha sido capaz de fornecer TC suficiente, ao ponto de afetar negativamente a atividade dos microrganismos ruminais. Além disso, os teores ruminais de  $N-NH_3$  estavam acima da concentração média necessária para a manutenção do crescimento das bactérias, favorecendo a digestibilidade do alimento, pois quando ocorre deficiência de N a digestibilidade é reduzida (Nocek e Russel, 1988). Dessa forma, embora tenha reduzido o CMS, seu efeito na digestibilidade dos nutrientes poderia ser visto como efeito benéfico, devido ao melhor aproveitamento do alimento.

No presente estudo, o consumo de extrato de acácia até o nível de 50 g/kg de matéria seca ou 35 g de TC por kg de MS, não afetou a digestibilidade aparente da proteína e nem o balanço de nitrogênio. Isso sugere que os níveis de TC utilizados não foram suficientes para causar grandes alterações na atividade dos microrganismos ruminais. Ou seja, a inclusão até o nível máximo de extrato de Acácia (50 g/kg de extrato ou 35 g/kg de TC) não afetou a absorção de nutrientes pelas bactérias ruminais e nem a atividade hidrolítica das enzimas associadas às bactérias proteolíticas. Os resultados deste estudo também são consistentes com os relatos de que os taninos condensados não influenciaram o balanço de nitrogênio em bovinos e ovinos (Stewart et al., 2019; Adejoro et al., 2019).

A inclusão do extrato de acácia em até 50 g/kg, contendo TC, proporcionou redução no consumo de N em 24 %, enquanto que a redução na excreção de N-urinário foi de 41,73 %. O efeito negativo na excreção de N urinário está diretamente relacionado a diminuição no consumo de PB. Apesar da inclusão de extrato de acácia, até o nível máximo, não ter modificado a concentração de amônia ruminal, proporcionou redução das perdas de nitrogênio urinário e, conseqüentemente, maior eficiência de utilização dos compostos nitrogenados. Resultados semelhantes, como no presente estudo, foram obtidos por Orlandi et al. (2015), em que observaram redução da excreção urinária de nitrogênio ao adicionar 18 g/kg de extrato de *Acacia mearnsii* na dieta de bovinos. Isso são mudanças adaptativas que ocorrem para se obter o melhor aproveitamento da dieta (Marini et al., 2004), dessa forma, podemos observar aumento na eficiência de utilização do nitrogênio com a inclusão na dieta de extrato de acácia contendo TC. Por sua vez, houve efeito quadrático na excreção de N fecal, com excreção máxima de 96,32 g/dia no nível de 10,09 g/kg de extrato de *Acacia mearnsii*,

em que houve maior consumo de PB em relação aos outros níveis de inclusão, e a partir disso a excreção foi reduzida. Os resultados sugerem que os TC aumentaram a degradação das proteínas solúveis no rúmen no menor nível de inclusão, aumentando o fluxo de nitrogênio para o intestino, com aumento na excreção fecal de N em comparação com os demais níveis. Tanto os rins quanto o intestino grosso reduziram a excreção de N-Ureico em proporção maior que a redução na chegada de N-dietético. Os taninos condensados quando adicionados à deita podem desempenhar papel importante na redução da excreção de nitrogênio urinário e fecal (Tseu et al., 2020; Patra e Saxena, 2011), o que é vantajoso do ponto de vista ambiental, pois ajuda a reduzir, ou pelo menos retardar, as emissões de amônia e óxido nitroso, melhorando o ciclo de N na atmosfera (Schils et al., 2013). Além disso, Aboagye et al. (2018) observaram que o nitrogênio das fezes não é facilmente perdido para o meio ambiente e, portanto, mais ecológico. Deste modo, o acúmulo de ureia e, conseqüente eliminação, não é vantajoso, causando desperdício tanto ambiental como economicamente. O estudo da viabilidade econômica, nessa pesquisa, não foi realizado, mas é possível que os benefícios superem os custos, visto que os TC do extrato de Acácia reduzem claramente a excreção de nitrogênio, com impacto ambiental positivo.

No presente estudo, os valores de pH reduziram linearmente em função da inclusão do extrato de Acácia devido, provavelmente, ao pH do extrato que foi em torno de 4,9. Outra possibilidade, é que a inclusão do extrato de Acácia tenha provocado seletividade pelo volumoso em relação ao concentrado, e redução no CMS, sendo assim, a taxa de fermentação dos carboidratos foi lenta devido à maior quantidade de carboidratos fibrosos oriundos do volumoso, favorecendo a liberação de ácidos graxos voláteis e, conseqüentemente, redução do pH. Dessa forma, apesar da redução, levou os valores de pH pós-prandial a variarem em faixas relativamente altas (acima de 6), estando dentro da faixa aceitável para máximo crescimento microbiano e máxima digestão de fibra, entre 6 e 7 (Hoover e Stokes, 1991). Além do efeito da dieta, o pH ruminal reduziu em função do tempo de arraçamento, essa redução foi provocada devido à intensificação do processo de fermentação pós-prandial. Independente do horário de coleta e nível de inclusão do extrato de Acácia, o pH manteve-se sempre na faixa de 6,2 a 6,8, indicando que não houve acidificação do meio, mesmo com as dietas apresentando maior proporção de concentrado em relação ao volumoso, o que é considerado satisfatório para manter os microrganismos celulolíticos, evitar acidose ruminal e favorecer a máxima digestão da fibra (Church, 1976; Abdela, 2016).

Esperava-se que, animais recebendo dietas com alto teor de concentrado, em relação ao volumoso, teriam uma produção elevada de AGCC que induziria um pH ruminal baixo ( $< 6$ ), levando à uma possível acidose. No entanto, não foi o caso do presente estudo, sugerindo que tourinhos em terminação podem ser capazes de se adaptar às dietas com elevado teor de concentrado em relação ao volumoso (60:40), com teores moderados a alto de TC oriundos do extrato de Acácia. O pH também desempenha um papel fundamental na formação de complexos tanino-proteína. Em ruminantes, a formação desses complexos é favorecida no rúmen com pH entre 6,0 a 6,5, e quando atinge o abomaso (pH 2,0), esse complexo é desfeito permitindo a ação de peptidases (Leinmüller et al., 1991). No entanto, apesar de estar na faixa ideal para a formação desse complexo, o pH não teve interferência, pois a digestibilidade da proteína não foi afetada, isso indica que, possivelmente, a quantidade de extrato ofertada não tenha fornecido TC suficiente para formação do completo tanino e proteína.

Em relação as concentrações de  $N-NH_3$ , apesar de não apresentaram diferença significativa com a inclusão do extrato, sofreram alterações em função do tempo, com valor máximo de 10,74 mg/dL no tempo de 3,10 horas (três horas e dez minutos) após o arraçoamento matinal. Tal comportamento se deve, provavelmente, à intensificação do processo de fermentação pós-prandial. Nesses horários ocorrem a maior intensidade da atividade proteolítica das bactérias ruminais sobre os alimentos que, segundo Berchielli (2006), ocorre normalmente por volta de 3 a 5 horas. Os valores encontrados para a concentração de  $N-NH_3$  em função do tempo de coleta, estão dentro do limite citado por Satter e Slyter (1974), em que sugeriram que concentrações ruminais de  $N-NH_3$  abaixo de 5 mg/dL poderiam restringir a produção de proteína microbiana, o que não aconteceu no presente estudo. Em qualquer tempo de coleta, os valores de nitrogênio amoniacal sempre estiveram acima desse valor citado, o que explicaria, também, a ausência de efeito do tanino condensado oriundo do extrato sobre a produção de proteína microbiana (Tabela 4), pois a concentração de  $N-NH_3$  presente no líquido ruminal, também garante a manutenção dos microrganismos, uma vez que a amônia é utilizada pelos microrganismos na síntese de proteína microbiana (Hungate, 1966).

A ausência de efeitos sobre a produção ruminal de AGCC implica que a adição do TC (até 35 g/kg) através do extrato de Acácia não limitou a fermentação ruminal de carboidratos, o que contradiz o efeito negativo das concentrações moderadas de TC na degradação de carboidratos no rúmen e na produção de ácidos graxos voláteis (Makkar,

2003; Animut et al., 2008). Os resultados corroboram com Avila et al. (2020), que utilizaram extrato de Acácia contendo TC, até o nível de 20 g/kg MS, e observaram ausência de efeito sobre a concentração de AGCC. A concentração média de AGCC no líquido ruminal foi de 88,57  $\mu\text{mol/mL}$ . Alguns autores citam que concentrações de TC inferiores a 50 g/kg de MS ingerida, não implicam em efeitos negativos nos parâmetros de fermentação ruminal (pH, amônia e AGV) (Makkar et al., 1995; Waghorn e Shelton, 1997), corroborando ao que foi encontrado no presente estudo, em que o nível máximo de TC foi de 35 g/kg de MS, ou seja, 50 g/kg do extrato de Acácia.

De acordo com Russell et al. (1992), a quantidade dos produtos da fermentação depende do tipo e atividade dos microrganismos do rúmen, dessa forma, a inclusão de extrato de Acácia até o nível de 50 g/kg de MS ou 35 g de TC/kg MS, não afetou a atividade microbiana e a fermentação dos carboidratos e, possivelmente, não apresentou maior interação com as proteínas. Da mesma forma que não houve efeito do TC na concentração de AGCC, a concentração dos AGCC não sofreu alteração em função do tempo de coleta. Possivelmente, o efeito de repulsão ao alimento induzida pelo extrato de acácia pode ter feito com que os animais fossem ao cocho mais vezes e comessem a partir de menores bocados. Isso melhora a eficiência no uso dos nutrientes, pois não haveria pico pós-prandial dos AGCC. Pois nesses picos pode haver maior perda e no caso de consumo constante ao longo do dia, haveria uma disponibilização regular de substratos nutritivos ao fígado e demais tecidos.

Concentração sérica de albumina é um bom indicador para avaliar o estado nutricional proteico e quando encontrada em valores muito baixos ( $< 2,1 \text{ mg/dL}$ ) no plasma sanguíneos pode indicar baixo consumo de proteínas (Bondrani et al., 2016). A albumina, principal proteína plasmática produzida no fígado, representa o metabolismo proteico, sendo responsável pelo transporte de substância como bilirrubina, magnésio e cálcio (Gressler, 2015). Sua síntese é influenciada pelo funcionamento hepático, estado de nutrição, disponibilidade de aminoácidos, balanço hormonal e estresse (Jain, 1993). No entanto, as concentrações de albumina, no presente estudo, não diferiram entre os tratamentos, supondo que os TCs do extrato de Acácia, apesar de proporcionar redução no CMS, não levaram os tourinhos a um quadro de consumo inadequado de proteína ou déficit proteico para sua síntese, e manteve a saúde hepática. Apesar de não ter modificado as concentrações de albumina no sangue, as proteínas plasmáticas totais reduziram. Altas concentrações de proteína plasmáticas indicam desidratação (Knotek et al., 2011). Os resultados sugerem que à medida que os animais consumiram TCs do

extrato de Acácia, em níveis crescentes, o consumo de água aumentou. Isso pode estar relacionado a adstringência provocada pelo tanino condensado, induzindo maior consumo desse nutriente e, conseqüentemente, aumentando as proteínas séricas totais.

A ureia é sintetizada no fígado a partir da amônia derivada do catabolismo dos aminoácidos e da reciclagem de amônia do rúmen. A ureia representa um indicador sensível e imediato do consumo de proteína, enquanto a albumina é indicadora a longo prazo do status proteico (González e Scheffer, 2018). Como não houve efeito do na concentração do  $\text{NNH}_3$ , os níveis plasmáticos de N-ureico não sofreram alteração com a inclusão do extrato contendo TC na dieta.

## 6. CONCLUSÃO

O extrato de *Acacia mearnsii* em doses até 50 g/kg MS tem potencial para ser usado como fonte de tanino condensado na dieta de tourinhos terminados em confinamento para melhorar o aproveitamento do alimento e seus nutrientes. Além de ser vantajoso do ponto de vista ambiental por favorecer a redução nas excreções de N. A hipótese de que adicionar extrato de *Acacia mearnsii* contendo níveis baixos e

moderados de TC à dieta de tourinhos terminados em confinamento não afeta consumo de matéria foi refutada pelos resultados de nossa pesquisa. No entanto, mais pesquisas são necessárias para avaliar o potencial do extrato de Acácia como fonte de TC sobre o desempenho e qualidade da carne.

## **REFERÊNCIAS**

- ABDELA, N. Sub-acute Ruminant Acidosis (SARA) and its Consequence in Dairy Cattle: A Review of Past and Recent Research at Global Prospective. *Achievements in the Life Sciences*, 10, 187-196, 2016.
- ABDULLAH, M.A.M.; FARGHALY, M.M.; YOUSSEF, I.M.I. Effect of feeding *Acacia nilotica* pods to sheep on nutrient digestibility, nitrogen balance, ruminal

- protozoa and rumen enzymes activity. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102, 662–669, 2018.
- ABOAGYE, I.A.; OBA, M., CASTILLO, A.R.; KOENIG, K.M.; IWAASA, A, D.; BEAUCHEMIN, K.A. Effects of hydrolyzable tannin with or without condensed tannin on methane emissions, nitrogen use, and performance of beef cattle fed a high-forage diet. *Journal of Animal Science*, 96, 5276-5286, 2018.
- ADDISU, S. Effect of dietary tannin source feeds on ruminal fermentation and production of cattle; a review. *Online Journal of Animal and Feed Research*, Shabestar, v, 6, n, 2, 45-56, 2016.
- ADEJORO, F.A.; HASSEN, A.; AKANMU, A.M.; MORGAVI, D.P. Effect of Lipid-Encapsulated Acacia Tannin Extract on Feed Intake, Nutrient Digestibility and Methane Emission in Sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 9, 1-13, 2019.
- AGUERRE, M.J.; CAPOZZOLO, M.C.; LENCIONI, P.; CABRAL, C.; WATTIAUX, M.A. Effect of quebracho-chestnut tannin extracts at 2 dietary crude protein levels on performance, rumen fermentation, and nitrogen partitioning in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99, 4476–4486, 2016.
- AHNERT, S.; DICKHOEFER, U.; SCHULZ, F.; SUSENBETH, A. Influence of ruminal quebracho tannin extract infusion on apparent nutrient digestibility, nitrogen balance, and urinary purine derivatives excretion in heifers. *Livestock Science*, 177, 63–70, 2015.
- ANIMUT, G.; GOETSCH, A.L.; PUCHALA, R.; PATRA, A.K.; SAHLU, T.; VAREL, V.H.; WELLS, J. Methane emission by goats consuming different sources of condensed tannins. *Animal Feed Science Technology*, 144, 228–241, 2008.
- AOAC. Official methods of analysis, 19th ed, Assoc, Off, Anal, Chem., Gaithersburg, MD, USA, 2012.
- AVILA, A.S.; ZAMBOM, M.A.; FACCENDA, A.; FISCHER, M.L.; ANSCHAU, F.A.; VENTURINI, T.; TININI, R.C.R.; DESSBESELL, J.G.; FACIOLA, A.P. Tannins on Intake, Protozoa Population, Ruminal Fermentation, and Nutrient Digestibility in Jersey Steers. *Animals*, 10, 1-12, 2020.
- ÁVILA, S.C.; KOZLOSKI, G.V.; ORLANDI, T.; MEZZOMO, M.P.; STEFANELLO, S. Impact of a tannin extract on digestibility, ruminal fermentation and duodenal flow of amino acids in steers fed maize silage and concentrate containing soybean meal or canola meal as protein source. *Journal of Agricultural Science*, 153, 943–953, 2015.

- BARBOSA, A.M.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; VÉRAS, R.M.L.; LEÃO, M.I.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; MARCONDES, M.I.; SOUZA, M.A. Effect of urinary collection days, concentrate levels and protein sources on creatinine, urea and purine derivatives excretions and microbial protein synthesis in Nelore cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 870-877, 2006.
- BERCHIELLI, T.T.; PIREZ, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de ruminantes*, 2006.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry*, 31, 911-917, 1959.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of the technical details. Bucksburn: Rowett Research Institute, 1992, 21p.
- CHURCH, D.C. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants: Digestive Physiology*, 2nd ed, O & B Books Publishing, Corvallis, 1976.
- CLARCK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M. R. Symposium: nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle, Microbial Protein Synthesis and Flows of Nitrogen Fractions to the Duodenum of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 75, 2304-2323, 1992.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D.; GALYEAN, M.L. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *Journal Animal Science*, 63, 1476–1487, 1986.
- CHRISTIE, W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. *Journal of Lipid Research*, 23, 1072, 1982.
- DENTINHO, M.T.P.; PAULOS, K.; FRANCISCO, A.; BELO, A.T.; JERÓNIMO, E.; ALMEIDA, J.; BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, J. Effect of soybean meal treatment with *Cistus ladanifer* condensed tannins in growth performance, carcass and meat quality of lambs. *Livestock Science*, 236, 2020.
- 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. *Métodos para análise de alimentos – National Institute of Science and Technology – Animal Science, INCT-CA, Federal University of Viçosa, Viçosa, MG, 2012.*
- DSCHAAK, C.M.; WILLIAMS, C.M.; HOLT, M.S.; EUN, J.S.; YOUNG, A.J.; MIN, B.R. Effects of supplementing condensed tannin extract on intake, digestion,

- ruminal fermentation, and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94, 2508–2519, 2011.
- EGAN, J.K.; DOYLE, P.T. Effect of intraruminal infusion of urea on the response in voluntary feed intake by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 36, 3, 483-495, 1985.
- ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; ESMERIL, E.M. Volatile Fatty Acid Analyses of Blood and Rumen Fluid by Gas Chromatography. *Journal of Dairy Science*, 22, 1768-1771, 1961.
- ESTELL, R.E. Coping with shrub secondary metabolites by ruminants. *Small Ruminant Research*, v, 94, n, 1, p, 1-9, 2010.
- FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; RAMOS, G.; GIRÁLDEZ, F. J.; MANTECÓN, A. R. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. *Animal Feed Science and Technology*, 95, 215-226, 2002.
- FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; GIRÁLDEZ, F.J.; MANTECON, A.R. Review, Tannins and ruminant nutrition, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2, 191–202, 2004.
- FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; GIRÁLDEZ, F.J.; MANTECÓN, A.R. An in vitro study on the ability of polyethylene glycol to inhibit the effect of quebracho tannins and tannic acid on rumen fermentation in sheep, goats, cows, and deer. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55, 1125–1132, 2004.
- GRAINGER, C.; CLARKE, T.; AULDIST, M.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; MCGINN, S.M.; WAGHORN, G.C.; ECKARD, R.J. Potential use of *Acacia mearnsii* condensed tannins to reduce methane emissions and nitrogen excretion from grazing dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 89, 2, 241-251, 2009.
- HALL, M.B. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen. Gainesville: University of Florida, 2000, p, A-25, (Bulletin 339).
- HARADA, D., NAGAMACHI, S., ASO, K., IKEDA, K., TAKAHASHI, Y., FURUSE, M. Oral administration of l-ornithine increases the content of both collagen constituting amino acids and polyamines in mouse skin. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 512, 712–715, 2019.

- HART, K.J.; YÁÑEZ-RUIZ, D.R.; DUVAL, S.M.; MCEWAN, N.R.; NEWBOLD, C. J. Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 147, 8–35, 2008.
- HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, 22, 475-476, 1973.
- HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *Journal of Dairy Science*, 74, 3630-3644, 1991.
- HUANG, Q.; LIU, X.; ZHAO, G.; HU, T.; WANG, Y. Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4, 137–150, 2018.
- HUNGATE, R.E. *The rumen and its microbes*. Academic Press New York and London, New York, Estados Unidos: Academic Press, 1966.
- KUMAR, R.; VAITHIYANATHAN, S. Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. *Animal Feed Science and Technology*, v, 30, 21-38, 1990.
- KUMAR, R.; D'MELLO, J.P.F. Antinutritional factors in forage legumes, In: D'Mello, J.P.F., Devendra, C, (Eds.). *Tropical Legumes in Animal Nutrition* CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 95-133, 1995.
- JABER, L.S.; HABRE, A.; RAWDA, N.; BARBOUR, E.K.; HAMADEH, S. The effect of water restriction on certain physiological parameters in Awassi sheep. *Small Ruminant Research*, 54, 115–120, 2004.
- LESSCHAEVE, I.; NOBLE, A. C. Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81, 330-335, 2005.
- LIMA, P.R.; APDINI, T.; FREIRE, A.S.; SANTANA, A.S.; MOURA, L.M.L.; NASCIMENTO, J.C.S.; RODRIGUES, R.T.S.; DIJKSTRA, J.; GARCEZ NETO, A.F.; QUEIROZ, M.A.A.; MENEZES, D.R. Dietary supplementation with tannin and soybean oil on intake, digestibility, feeding behavior, ruminal protozoa and methane emission in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 249, 10–17, 2019.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 57, 347-358, 1996.

- MAKKAR, H.P.S.; SINGH, B.; NEGI, S.S. Relationship of rumen degradability with microbial colonization, cell wall constituents and tannin levels in some tree leaves. *Animal Production Science*, 49, 299-303, 1989.
- MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; ABEL, H.; SZEGLETTI, C. Degradation of condensed tannins by rumen microbes exposed to *Quebracho* tannins (QT) in rumen simulation technique (RUSITEC) and effect of QT on fermentative processes in the RUSITEC. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 69, 495-500, 1995.
- MAKKAR, H. P. S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*, 49, 241-256, 2003.
- MKHIZE, N.R.; HEITKÖNIG, I.M.A.; SCOGINGS, P.F.; DZIBA, L.E.; PRINS, H.H.T.; BOER, W.F. Effects of condensed tannins on live weight, faecal nitrogen and blood metabolites of free-ranging female goats in a semi-arid African savanna. *Small Ruminant Research*, 166, 28–34, 2018.
- NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids, Natl, Acad, Press, Washington, DC, 2007.
- ORLANDI, T.; KOZLOSKI, G. V.; ALVES, T. P.; MESQUITA, F. R.; ÁVILA, S.C. Digestibility, ruminal fermentation and duodenal flux of amino acids in steers fed grass forage plus concentrate containing increasing levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. *Animal Feed Science and Technology*, 210, 37–45, 2015.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J.; et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, 70, 3551-3561, 1992.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of beef cattle 7,ed,; The National Academies Press: Washington, USA, 1996, 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of beef cattle, 7ed,; The National Academies Press: Washington, USA, 2000.
- NAUMANN, H.D.; TEDESCHI, L. O.; ZELLER, W.E.; HUNTLEY, N.F. The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, 929-949, 2017.
- NIGRANT, R.; ZAIN, M.; EPORMEN; SURYANI, H.; Effects of doses and different sources of tannins on in vitro ruminal methane, volatile fat acids production and

- on bacterial and protozoa populations. *Asian Journal of Animal Science*, 11, 47–53, 2017.
- NOCEK, J.E. “In situ” and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility, A review. *Journal of Dairy Science*, 71, 2051-2069, 1988.
- OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Ruminal fermentation, In: GHURCH, D,C, (Ed.) *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*, Englewood cliffs, O & Books Inc, 1988, p,146-171.
- PAGAN-RIESTRA, S.; WOLFE, R.M.; TERRILL, T.H.; MUIR, J.P. Effect of drying method and assay methodology on detergent fiber analysis in plants containing condensed tannins. *Anim Feed Science and Technology*, 154, 119–124, 2009.
- PATRA, A.K.; SAXENA, J. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 91, 24–37, 2011.
- PENNER, G.B.; BEAUCHEMIN, K.A.; MUTSVANGWA T. Severity of ruminal acidosis in primiparous Holstein cows during the periparturient period. *Journal of Dairy Science*, 90, 365-375, 2007.
- PENNER, G.B.; BEAUCHEMIN, K.A. Variation among cows in their susceptibility to acidosis: challenge or opportunity? *Advances in Dairy Technology*, 22, 173-187, 2010.
- PERNA JÚNIOR, F.; CASSIANO, E.; PERNA JUNIOR, F.; CASSIANO, E.; MARTINS, M.F.; ROMERO, L.A.; ZAPATA, D.; PINEDO, L.A.; MARINO, C.T.; RODRIGUES, P. Efeito do extrato rico em taninos de *Acacia mearnsii* ou monensina como aditivos alimentares na eficiência da fermentação ruminal em bovinos . *Ciência Pecuária*, 203, 21 – 29, 2017.
- PILUZZA, G.; SULAS, L.; BULLITTA, S. Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability: a review. *Grass and Forage Science*, 69, 1-17, 2014.
- PRIOLO, A.; MICOL, D.; AGABRIEL, J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour: a review. *Animal Research*, 50, 185-200, 2001.
- SALAMI, A.S.; LUCIANO, G.; MICHAEL, O’GRADY, B.L.; NEWBOLD, C.J.; KERRY, J.P.; PRIOLO, A. Sustainability of feeding plant by-products: A review of the implications for ruminant meat production. *Animal Feed Science and Technology*, 251, 37-55, 2019.

- SAS Institute. SAS Systems for Windows, Version 9,1, SAS Institute Inc.: Cary, USA, 2003.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal of nutrition*, 32, 199-208, 1974.
- SCHILS, R.L.M.; ERIKSEN, J.; LEDGARD, S.F.; VELLINGA, TH.V.; KUIKMAN, P.J.; LUO, J.; PETERSEN, S.O.; VELTHOF, G.L. Strategies to mitigate nitrous oxide emissions from herbivore production systems. *Animal*, 7, 29–40, 2013.
- SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. Fundamentos de nutrição de ruminantes. Livroceres, Piracicaba, 1979.
- SILVA, C.S.; SOUZA, E.J.O.; PEREIRA, G.F.C.; CAVALCANTE, E.O.; LIMA, E.I.M.; TORRES, T.R.; SILVA, J.R.; SILVA, D.C. Plant extracts as phytogetic additives considering intake, digestibility, and feeding behavior of sheep. *Tropical Animal Health Production*, 49, 353– 359, 2017.
- SMITH, T.; MLAMBO, V.; SIKOSANA, J.L.N.; MAPHOSA, V.; MUELLER-HARVEY, I.; OWEN, E. *Dichrostachys cinerea* and 882 *Acacia nilotica* fruits as dry season feed supplements for goats in a semi-arid environment— 883 summary results from a DFID funded project in Zimbabwe. *Animal Feed Science and Technology*, 122, 884 57, 2005.
- SNIFFEN, C.J.; O’CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II, Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70, 3562-3577, 1992.
- STEWART, E.K.; BEAUCHEMIN, K.A.; DAI, X.; MACADAM, J.W.; CHRISTENSEN, R.G.; VILLALBA, J.J. Effect of tannin-containing hays on enteric methane emissions and nitrogen partitioning in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 97, 3286–3299, 2019.
- TSEU, R.J.; PERNA JÚNIOR, F.; CARVALHO, R.F.; SENE, G.A.; TROPALDI, C.B.; PERES, A.H.; RODRIGUES, P.H.M. Effect of tannins and monensin on feeding behaviour, feed intake, digestive parameters and microbial efficiency of nellore cows. *Italian Journal of Animal Science*, 19, 262-273, 2020.
- VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant, Cornell University Press, Ithaca, NY, USA, 1994.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C.; CLAYTON, M.K. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on

ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *Journal of Dairy Science*, 82, 12, 2686-2696, 1999.

VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; VALADARES FILHO, S.C.; GOMES, D.I.; FIGUEIRAS, J.F. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 2565-2573, 2011.

VENTURA-CORDERO, J.; SANDOVAL-CASTRO, C.A.; TORRES-ACOSTA, J.F.J.; CAPETILLO-LEAL, C.M. Do goats have a salivary constitutive response to tannins? *Journal Applied Animal Research*, 45, 29–34, 2017.

WAGHORN, G. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production—Progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, 147, 116–139, 2008.

## CAPÍTULO 2

---

Extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado no desempenho, carcaça e qualidade da carne de tourinhos Nelore terminados em confinamento

**Extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado no desempenho, carcaça e qualidade da carne de tourinhos Nelore terminados em confinamento**

RESUMO

O estudo foi conduzido para testar a hipótese de que adicionar extrato de *Acacia mearnsii* contendo níveis baixos e moderados de TC, melhora a qualidade da carne de tourinhos Nelore terminados em confinamento, com base no desempenho, características da carcaça e qualidade da carne. Trinta e dois tourinhos da raça Nelore, com idade média de 16 meses e com peso vivo corporal médio de  $346 \pm 32,5$  kg, foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em quatro grupos experimentais que consistiram nas dietas com níveis de extrato de acácia em relação à matéria seca total da dieta. Os tratamentos utilizados consistiram de uma dieta sem inclusão de extrato de *Acacia mearnsii* (0 g/kg) e três dietas com 10, 30 e 50 g/kg com base na matéria seca (MS). O uso de extrato de *Acacia mearnsii* contendo TC na dieta reduziu o consumo de MS ( $P < 0,0001$ ), peso final ( $P = 0,0026$ ), assim como o ganho de peso total ( $P = 0,0032$ ) e ganho médio diário ( $P = 0,0031$ ). Os animais que receberam 50 g/kg MS de extrato, contendo 35 g TC/kg MS, reduziram em 8,27% o peso final, quando comparado aos animais que não receberam extrato na dieta. Não houve efeito do extrato na eficiência alimentar. Os pesos de carcaça quente ( $P = 0,8763$ ) e fria ( $P = 0,2148$ ) e os rendimentos da carcaça quente ( $P = 0,1782$ ) e fria ( $P = 0,6342$ ), não foram afetados pelo extrato. Da mesma forma, o pH do músculo não sofreu alteração, com média de 5,42. A perda por resfriamento (PR) aumentou ( $P = 0,0490$ ) 85% nas carcaças dos animais que consumiram 50 g/kg MS do extrato contendo TC do que os animais que não receberam extrato na dieta. No entanto, a espessura de gordura subcutânea foi reduzida ( $P = 0,0063$ ). A capacidade de retenção de água (CRA) ( $P = 0,167$ ), perdas por cocção ( $P = 0,679$ ) e força de cisalhamento (FC) ( $P = 0,116$ ) do músculo, não foram afetados pela dieta, assim como a composição centesimal. A deposição de colágeno na carne de tourinhos não apresentou diferença ( $P = 0,9212$ ) entre os diferentes, assim como os valores de luminosidade ( $L^*$ ,  $P = 0,2710$ ), intensidade de vermelho ( $a^*$ ,  $P = 0,0744$ ), intensidade de amarelo ( $b^*$ ,  $P = 0,0509$ ) e Chroma ( $P = 0,0646$ ). A oxidação lipídica foi afetada quadraticamente ( $P < 0,001$ ) no dia 0 após o abate, com menor valor de 0,79 no nível de inclusão de 30,25. O ácido palmítico apresentou efeito quadrático, com maior valor no nível de inclusão de extrato de 25,03 g / kg MS. Os ácidos graxos C20:4n6 ( $P = 0,038$ ), C20:5n3 ( $P = 0,029$ ),  $\Sigma$  AGPI ( $P = 0,034$ ),  $\Sigma$  n-6 ( $P = 0,033$ ) e  $\Sigma$  n-3 ( $P = 0,005$ ) apresentaram efeito linear crescente, enquanto o CLA ( $P = 0,005$ ) reduziu sua concentração. A proporção n6:n3 não sofreu influência da dieta, com média de 2,92. Portanto, a inclusão do extrato de *Acacia mearnsii* até 30 g/kg MS que representa 21 g/kg TC, em dietas de tourinhos Nelore em confinamento, não afeta o rendimento das carcaças e tem efeitos benéficos em relação ao perfil de ácidos graxos e atividade antioxidante da carne.

**Palavras-chave:** ácidos graxos, centesimal, CLA, *longissimus lumborum*, desempenho

***Acacia mearnsii* extract as a source of condensed tannin in the performance, carcass and meat quality of Nelore bulls finished in confinement**

ABSTRACT

The study was conducted to test the hypothesis that adding *Acacia mearnsii* extract containing low and moderate levels of TC improves the meat quality of feedlot finished Nellore bulls based on performance, carcass traits and meat quality. Thirty-two Nellore bulls, aged 16 months on average and with an average body weight of  $346 \pm 32.5$  kg, were distributed in a completely randomized design into four experimental groups consisting of diets with levels of acacia extract in relation to the total dry matter of the diet. The treatments used consisted of a diet without the inclusion of *Acacia mearnsii* extract (0 g/kg) and three diets with 10, 30 and 50 g/kg based on dry matter (DM). The use of *Acacia mearnsii* extract containing TC in the diet reduced DM intake ( $P < 0.0001$ ), final weight ( $P = 0.0026$ ), as well as total weight gain ( $P = 0.0032$ ) and total weight gain (P = 0.0032). daily mean ( $P = 0.0031$ ). The animals that received 50 g/kg DM of extract, containing 35 g TC/kg DM, reduced the final weight by 8.27%, when compared to the animals that did not receive extract in the diet. There was no effect of the extract on feed efficiency. Hot ( $P = 0.8763$ ) and cold ( $P = 0.2148$ ) carcass weights and hot ( $P = 0.1782$ ) and cold ( $P = 0.6342$ ) carcass yields were not affected by the extract. Likewise, muscle pH did not change, with an average of 5.42. The cooling loss (PR) increased ( $P = 0.0490$ ) 85% in the carcasses of the animals that consumed 50 g/kg DM of the extract containing TC than the animals that did not receive extract in the diet. However, subcutaneous fat thickness was reduced ( $P = 0.0063$ ). The water retention capacity (WHC) ( $P = 0.167$ ), cooking losses ( $P = 0.679$ ) and shear force (FC) ( $P = 0.116$ ) of the muscle were not affected by the diet, as well as the centesimal composition. Collagen deposition in the meat of young bulls showed no difference ( $P = 0.9212$ ) between the different groups, as well as the values of luminosity ( $L^*$ ,  $P = 0.2710$ ), red intensity ( $a^*$ ,  $P = 0.0744$ ), yellow intensity ( $b^*$ ,  $P = 0.0509$ ) and Chroma ( $P = 0.0646$ ). Lipid oxidation was quadratically affected ( $P < 0.001$ ) on day 0 after slaughter, with a lower value of 0.79 at the inclusion level of 30.25. Albumin ( $P = 0.7900$ ), triglycerides ( $P = 0.8852$ ) and urea ( $P = 0.2486$ ) in blood did not differ between treatments. However, total proteins showed a decreasing linear effect ( $P = 0.0228$ ). Plamitic acid showed a quadratic effect, with the highest value at the extract inclusion level of 25.03 g/kg DM. The fatty acids C20:4n6 ( $P = 0.038$ ), C20:5n3 ( $P = 0.029$ ),  $\Sigma$  PUFA ( $P = 0.034$ ),  $\Sigma$  n-6 ( $P = 0.033$ ) and  $\Sigma$  n-3 ( $P = 0.005$ ) had an effect linearly increasing, while CLA ( $P = 0.005$ ) reduced its concentration. The n6:n3 ratio was not influenced by the diet, with an average of 2.92. Therefore, the inclusion of *Acacia mearnsii* extract up to 30 g/kg DM, which represents 21 g/kg TC, in diets for Nellore bulls in confinement, does not affect the carcass yield and has beneficial effects in relation to the fatty acid profile and activity meat antioxidant.

**Keywords:** CLA, fatty acids, *longissimus lumborum*, performance, protein

## 1. INTRODUÇÃO

O extrato de *Acacia mearnsii* tem sido usado como fonte de TC, pois apresenta potencial para modular a fermentação ruminal, reduzir a excreção de nitrogênio (N) e o ataque da microbiota à parte da proteína dietética (Ávila et al., 2015; Orlandi et al., 2015), fato que pode reduzir as perdas de N sob a forma de NH<sub>3</sub> (amônia) e, conseqüentemente, melhorar o desempenho produtivo.

Nesse contexto, proteger a proteína dietética da degradação microbiana ruminal é importante para evitar perder de N e para que os aminoácidos sejam fornecidos diretamente ao animal (Stern et al., 2006). Dessa forma, ganham destaque plantas com presença de compostos bioativos ou compostos secundários, como os taninos condensados (TC), que tem a capacidade de formar complexos com proteínas, protegendo-as da degradação ruminal (Mueller-Harvey, 2006). O extrato de *Acacia mearnsii* tem sido explorado como fonte de TC, por melhorar a utilização da proteína alimentar por ruminantes (Orlandi et al., 2015).

Os TCs são polifenóis que atuam como parte do sistema de defesa química da planta contra patógenos e herbívoros (McAllister et al., 2018). Eles não são suscetíveis à degradação enzimática microbiana (Galvão et al., 2020) e apresentam a capacidade de modular a fermentação ruminal (Abdullah et al., 2018). Quando inseridos em altas concentrações na dieta (> 50 g / kg de matéria seca, MS), os TCs podem causar redução no consumo voluntário (fator antinutricional) devido à adstringência que induzem na dieta (Grainger et al., 2009). No entanto, a adição de TCs em níveis moderados (20 – 40 g/kg de MS) na dieta de ruminantes resulta em melhor aproveitamento dos nutrientes devido à capacidade dos TCs de se complexarem com macromoléculas (Ventura-Cordero et al., 2017). Dessa forma, os efeitos benéficos, prejudiciais ou inócuos, dependem de vários fatores, como o tipo e estrutura química dos taninos, a fonte, quantidade ingerida e a espécie animal que os consome (Makkar, 2003; Patra e Saxena, 2011).

A redução da degradabilidade da proteína no rúmen por conta do complexo tanino e proteína diminui a concentração de nitrogênio amoniacal no rúmen (Rira et al., 2015), melhorando a utilização dos aminoácidos pelos ruminantes (Frutos et al., 2002) e qualidade do produto final (Lima et al., 2019). Além disso, os TCs apresentam a capacidade de modular o perfil de ácidos graxos da carne, proporcionando aumento do ácido linoléico conjugado (CLA) (Frutos et al., 2020), que é benéfico à saúde humana, além de apresentar efeitos antioxidantes no músculo (Lobón et al., 2017). O fornecimento dietético de antioxidantes naturais representa uma estratégia eficaz para

diminuir ou inibir as reações oxidativas que podem afetar negativamente a saúde animal e a carne armazenada e, dessa forma, oferecer um produto com maior qualidade e vida útil prolongada (Bellés et al., 2019).

Estudos demonstram que alteração na dieta é fator determinante para caracterizar possíveis variações no desempenho e qualidade da carne, no entanto, embora a maioria dos estudos sejam sobre os efeitos do TC no consumo, digestibilidade e desempenho (Liu et al., 2016; Kamel et al., 2018), estudos sobre os efeitos do extrato dietético de *Acacia mearnsii* sobre a qualidade da carne de bovinos ainda precisam ser mais explorados. Assim, nossa hipótese é que adicionar extrato de *Acacia mearnsii* contendo níveis moderados de TC melhoram a carne sem comprometer o desempenho de tourinhos Nelore terminados em confinamento. Portanto, o estudo foi conduzido para testar a hipótese com base no desempenho, características da carcaça e qualidade da carne de tourinhos Nelore submetidos às dietas com extrato de acácia negra (*Acacia mearnsii*) como fonte de TC.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

## 2.1 Considerações éticas e local experimental

As condições experimentais foram aprovadas pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, com protocolo nº 01/2015. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Bahia, São Gonçalo dos Campos, Bahia.

## 2.2 Animais, tratamentos e delineamento experimental

Trinta e dois tourinhos da raça Nelore, com idade média de 16 meses e com peso vivo corporal médio de 346 ( $\pm$  32,5) kg, foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em quatro grupos experimentais que consistiram nas dietas com níveis de extrato de acácia em relação à matéria seca total da dieta. Durante o período de adaptação, os bovinos foram identificados, tratados para endo e ectoparasitas. Os animais foram mantidos em baias individuais com piso de concreto parcialmente cobertas ( $2,0 \times 4,0$  m<sup>2</sup>), providas de comedouros e bebedouros, com acesso *ad libitum* a água e ração, previamente identificadas de acordo com os tratamentos. As instalações passaram por uma rotina diária de procedimento de limpeza para remover excrementos, com intuito de preservar a saúde dos animais.

O confinamento teve duração de 99 dias, sendo 15 dias de adaptação dos animais às instalações, manejo e dietas experimentais, e 84 dias para coleta de dados e amostras. Cada animal representou uma unidade experimental, consistindo em 8 repetições por tratamento.

Os tratamentos consistiram de uma dieta sem inclusão de tanino condensado (TC) comercial do extrato de *Acacia mearnsii* (0 g/kg) e três dietas contendo TC de extrato de *Acacia mearnsii* incluídos em 10, 30 e 50 g/kg com base na matéria seca total (0, 10, 30 e 50 g/kg com base na MS). O tanino condensado utilizado foi extraído da *Acacia mearnsii* e obtido da Tanac® (Weibull AQ, Montenegro, Rio Grande do Sul, Brasil), com aproximadamente 700 g/kg de TCs, em um composto aniônico com 93,5% de material ativo mínimo, 83,3% de taninos totais e 95,3% de fenóis totais.

Os níveis de inclusão de TC do extrato *Acacia mearnsii* foram definidos com base na variação média do TC observada na literatura, que se baseia na quantidade que preserva o consumo de MS.

Os tratamentos utilizados consistiram de uma dieta sem inclusão de extrato de *Acacia mearnsii* (0 g/kg) contendo TC e três dietas com 10, 30 e 50 g/kg com base na matéria seca da dieta total. O extrato de *Acacia mearnsii* foi obtido da Tanac® (Weibull AQ, São Paulo, Brasil) contendo 700 g de tanino condensado por kg de extrato, com características de ser aniônico com mínimo de 935 g/kg de material ativo, 833 g/kg de taninos totais e 953 g/kg de fenóis totais. O extrato comercial foi adicionado ao concentrado e misturado à dieta basal antes do fornecimento aos animais.

Os níveis de inclusão de TC do extrato *Acacia mearnsii* foram definidos com base na variação média do TC observada na literatura, que se baseia na quantidade que preserva o consumo de MS.

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com as recomendações do National Research Council (NRC, 2000) e continham 124 g PB/kg MS, para atender às exigências nutricionais dos animais para um ganho médio diário estimado de 1.200 g/dia

As dietas experimentais consistiram de feno de *Cynodon spp*, Cv. Tifton-85 picado, milho moído, farelo de soja, óleo de soja, extrato de *Acacia mearnsii*, ureia e mistura mineral. A composição química dos ingredientes está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg MS ou conforme indicado)

Variável	Feno de Tifton-85	Milho moído	Farelo de soja	Óleo de soja	Extrato de <i>Acacia mearnsii</i>
Matéria seca (g/kg MN) <sup>a</sup>	823,6	821,5	834	996	951,1
Cinzas	61,7	11,4	64,6	-	32,3
Proteína bruta	61,6	91,6	503,5	-	5,60
Extrato etéreo	11,3	32,2	28,9	997	1,6
FDNcp <sup>b</sup>	739,5	184,9	136,6	-	-
Fibra em detergente ácido	356,7	22,4	51,7	-	-
Carboidratos não fibrosos	125,9	709,9	326,4	-	-
PIDN <sup>c</sup> (g/kg PB)	611,7	75,0	26,0	-	-
PIDA <sup>d</sup> (g/kg PB)	89,6	12,0	4,2	-	-
Lignina em detergente ácido	47,9	3,1	4,2	-	-
Celulose	308,8	19,3	47,5	-	-
Hemicelulose	382,8	162,5	84,9	-	-

<sup>a</sup>MN, Matéria Natural; <sup>b</sup>FDNcp, Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; <sup>c</sup>PIDN - proteína indigestível em detergente neutro; <sup>d</sup>PIDA - proteína indigestível em detergente ácido.

A dieta foi ofertada na forma de ração completa com proporção de volumoso e concentrado de 400:600 g/kg MS, duas vezes ao dia, às 8:00 h e às 15:00 h. A quantidade de alimentação ofertada foi pesada e calculada de acordo com a ingestão do

dia anterior, permitindo sobras de até 100 g/kg da quantidade total fornecida para garantir a ingestão *ad libitum*, para garantir o consumo voluntário pelos animais. A ração era misturada e pesada diariamente para inclusão nas duas refeições oferecida a cada animal e a água foi fornecida à vontade.

A proporção de ingredientes, composição química e ácidos graxos das dietas experimentais está listada na Tabela 2. Amostras dos ingredientes e das dietas formuladas foram coletadas e submetidas separadamente à análise química em triplicata.

Tabela 2 – Proporções de ingredientes e composição química das dietas experimentais com inclusão de taninos condensados (TC) do extrato de *Acacia mearnsii*

Variável	Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> (g/kg MS total)			
	0	10	30	50
Proporção dos ingredientes (g/kg MS)				
Feno de Tifton-85	400	400	400	400
Milho moído	445	432,5	412,5	387,5
Farelo de Soja	87,5	90,0	90,0	95,0
Óleo de Soja	42,5	42,5	42,5	42,5
Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> comercial <sup>a</sup>	0,00	10,0	30,0	50,0
Mistura mineral <sup>b</sup>	10,0	10,0	10,0	10,0
Ureia	15,0	15,0	15,0	15,0
Composição química				
Matéria seca (g/kg matéria natural)	835,5	836,8	839,4	842,0
Matéria mineral (g/kg MS)	45,4	45,7	46,2	46,8
Proteína bruta (g/kg MS)	149,5	149,5	148,5	149,2
Extrato etéreo (g/kg MS)	63,6	63,2	63,2	62,0
FDNcp <sup>c</sup> (g/kg MS)	340,3	339,4	337,7	336,0
Fibra em detergente ácido (g/kg MS)	157,2	157,0	156,6	156,3
Lignina em detergente ácido	20,9	20,9	20,8	20,8
Celulose	136,3	136,1	135,8	135,5
Hemicelulose	183,1	182,4	181,1	179,1
Carboidratos não fibrosos (g/kg MS)	426,0	426,5	429,8	430,8
Taninos totais (g/kg MS)	0,0	8,3	25,0	41,7
Composição de ácidos graxos (g/100g EMAG) <sup>d</sup>				
Ácido mirístico (C14:0)	0,25	0,25	0,25	0,25
Ácido palmítico (C16:0)	20,7	20,6	20,2	19,9
Ácido palmitoléico (C16:1 cis9)	0,10	0,09	0,09	0,09
Ácido esteárico (C18:0)	2,34	2,33	2,30	2,27
Ácido oléico (C18:1 cis9)	16,2	15,9	15,4	14,7
Ácido linoléico	33,6	33,2	32,3	31,4
Ácido alfa-linolênico	14,8	14,8	14,8	14,8

<sup>a</sup>Extrato de Acácia contendo tanino condensado (Weibull AQ, Tanac S, A., Montenegro, RS, Brasil);

<sup>b</sup>Níveis de garantia (por kg em elementos ativos): cálcio, 145 g (máx.); fósforo, 97,8 g; enxofre, 38,0 g; cobre, 1810 mg; cobalto, 66,0 mg; ferro, 2,846 mg; iodo, 89,5 mg; manganês, 1,774 mg; selênio, 14,9

mg; zinco, 4,298 mg; flúor, 968,0 mg (máximo); <sup>a</sup>FDNcp, Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; <sup>d</sup>EMAG - éster metílico de ácido graxo.

As análises foram realizadas de acordo com a metodologia proposta pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2012) para determinação do teor de MS (método 967.03), matéria mineral (MM, método 942.05), proteína bruta (PB) pela determinação do N total usando a técnica de Kjeldahl (método 981.10) e extrato etéreo (EE, método 920.29).

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi determinado conforme descrito por Van Soest et al. (1991). O resíduo de FDN foi incinerado em estufa a 600°C por 4 horas para permitir correção para contaminação por cinzas e proteínas (mesmo método descrito para PB) (FDNcp). A FDN foi submetida a análise foi submetida à análise proteica para subtração da proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) para correção proteica. O conteúdo de PIDN e proteínas insolúveis em detergente ácido (PIDA) foram obtidas seguindo as metodologias propostas por Licitra et al. (1996).

A determinação da lignina em detergente ácido (LDA) foi determinada quando o resíduo do FDA foi tratado com ácido sulfúrico a 72% de acordo com o método (973.18) proposto pela AOAC (2012). O conteúdo de hemicelulose foi determinado subtraindo o FDN (soma de celulose, hemicelulose e lignina) de FDA (soma de celulose e lignina), e o teor de celulose foi determinado como a diferença entre FDA e LDA. Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com a equação desenvolvida por Hall (2000):  $CNF = 1000 - [(PB - PBu + uréia) + FDNcp + EE + cinzas]$ , em que PBu é a PB da ureia, tudo em g / kg.

### **2.3 Desempenho, procedimento de abate e características de carcaça**

O ganho médio diário (GMD) foi calculado pela diferença entre o peso corporal final (PCF) e inicial (PCI) de cada animal dividido pelo número total de dias de experimento. Os tourinhos foram pesados no início e após o período de confinamento para obtenção do peso corporal final (PC).

Em seguida, foram submetidos a jejum sólido por 16 horas, recebendo apenas água, e pesados novamente para obtenção do peso corporal ao abate (PCA). O abate foi realizado em abatedouro comercial seguindo as diretrizes de abate humanitário do

Serviço de Inspeção Federal (SIF), de acordo com a regulamentação de Normativa Agropecuária (nº 03/00, BRASIL, 2000). Os animais foram insensibilizados com pistola pneumática, seguido de sangria através da secção das veias jugulares e as artérias carótidas, esfolia, retirada da cabeça e as extremidades dos membros e evisceração.

As carcaças foram imediatamente pesadas para a determinação do peso da carcaça quente (PCQ) e, posteriormente, foram resfriadas a  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  por 24 horas e novamente pesadas para obtenção do peso da carcaça fria (PCF). Foram calculados os rendimentos da carcaça quente ( $\text{RCQ} = \text{PCQ} / \text{PCA} \times 100$ ) e da carcaça fria ( $\text{RCF} = \text{PCF} / \text{PCA} \times 100$ ), e as perdas por resfriamento [ $\text{PR} (\%) = (\text{PCQ} - \text{PCF}) \times 100 / \text{PCQ}$ ] (CARTAXO, 2009). Em seguida, as carcaças foram seccionadas longitudinalmente ao meio com serra elétrica (Ki Junta®, São Paulo, Brasil), para obtenção das meias-carcaças, as quais foram pesadas individualmente.

Na meia carcaça esquerda, entre a 12ª e a 13ª costelas, foram retiradas amostras do músculo *Longissimus lumborum*, as quais foram dissecados, embaladas (para evitar a oxidação, bem como contaminação microbiológica), identificadas e armazenadas em freezer a  $-18^{\circ}\text{C}$ , para avaliação das físico-químicas (composição centesimal, pH, cor, capacidade de retenção de água, perdas por cocção e força de cisalhamento), perfil de ácidos graxos e atributos sensoriais (sabor, textura, aceitação global e preferência).

#### 2.4 Características físico-químicas da carne

Para determinar a composição físico-química da carne, as amostras de *Longissimus lumborum* foram descongeladas por 20h a  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ . A avaliação da cor da carne foi realizada após a amostra ficar exposta à atmosfera por 30 minutos, para oxigenação da mioglobina (Miltenburg et al., 1992). As leituras relativas à cor foram realizadas em triplicata, por meio de colorímetro Minolta CR-10 (Konica ® Minolta, Chroma Meter CR 410, Tóquio, Japão), empregando o sistema CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $c^*$  para determinar a luminosidade ( $L^*$ , 0 = preto; 100 = branco), índice de vermelho ( $a^*$ ), índice de amarelo ( $b^*$ ) e índice de chroma ( $c^*$ ). Essas variáveis foram medidas em três pontos diferentes da superfície da carne, e a média de cada triplicata foi calculada (Miltenburg et al., 1992). O índice de saturação ou cromina foi determinado usando os índices  $a^*$  e  $b^*$  de acordo com a seguinte fórmula proposta por Hunt e King (2012): cromina ( $*C$ ) =  $(a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ . A calibração do aparelho foi realizada antes da leitura das amostras com um padrão branco e outro preto.

A capacidade de retenção de água (CRA) do músculo *Longissimus lumborum* foi determinada seccionando o músculo em cubos de cinco gramas cada, pesados, e colocados entre papel filtro (Albert 238 de 12,5 cm de diâmetro) entre duas placas de acrílico e receberam uma carga de 2,25 kg por 5 min (Hamm, 1986). Em seguida, as amostras foram pesadas e a CRA foi calculada como a diferença percentual no peso da amostra antes e após a exposição à carga.

A perda de peso durante o cozimento (PPC) foi determinada de acordo com as recomendações da American Meat Science Association (AMSA, 2015), com avaliações realizadas em duas amostras previamente pesadas, com 2,5 cm de espessura e isentas de gordura subcutânea. As amostras foram cozidas em forno elétrico (Philco - Filadélfia, EUA) à temperatura de  $170 \pm 5^\circ\text{C}$  com auxílio de um termopar de aço inoxidável com leitor digital (Tenmars TM-364 Thermometer) até a temperatura interna atingir  $71 \pm 5^\circ\text{C}$ , medida por um termopar (Almeida et al., 2018). Em seguida, as amostras foram retiradas do forno e expostas à temperatura ambiente, assim que as temperaturas se estabilizaram, as amostras foram pesadas novamente (AMSA, 2015). A PPC de cada amostra foi calculada como diferença percentual do peso antes e depois do cozimento.

A força de cisalhamento máxima (FC) foi determinada através das amostras utilizadas para a determinação de PPC, das quais foram cortadas paralelamente às fibras musculares ( $1 \times 1 \times 3$  cm). As subamostras foram cortadas utilizando um texturômetro CT3 (Texture Analyser Brookfield - Massachusetts, Estados Unidos), equipado com uma célula de carga de 0 a 10 kgf/segundo e um dispositivo de cisalhamento Warner-Bratzler, operando a uma velocidade que varia de 5 mm/s, sendo que a cisalha deslizou em sentido perpendicular ao das fibras musculares. Os resultados foram expressos em  $\text{N}/\text{cm}^2$ , e para as análises estatísticas foi utilizada a média de 25 a 30 medidas por amostra (Almeida et al., 2018).

A espessura de gordura subcutânea foi realizada através de um corte transversal, entre a 12<sup>a</sup> e a 13<sup>a</sup> vértebras torácicas, permitindo assim a exposição da seção transversal do músculo *Longissimus lumborum* (lombo) da meia carcaça esquerda. A espessura da gordura subcutânea foi medida com o auxílio de um paquímetro digital.

O pH foi mensurado, em triplicata, no músculo *Longissimus lumborum*, 24 h após o abate, com auxílio de potenciômetro digital (Testor 205, Lenzkirch, Alemanha), com extremidade do tipo espeto diretamente no músculo, obtendo posteriormente um valor médio. Antes da análise o pHmetro foi calibrado, seguindo os procedimentos descritos pela AOAC (2012).

O colesterol das amostras de carne foi analisado segundo metodologia de Saldanha et al. (2004), utilizando kit enzimático (Labtest Diagnóstico S,A, Lagoa Santa, MG, Brasil). Para isso, as amostras foram pesadas, aproximadamente 3 g, e extraído os lipídios com hexano. Posteriormente, retirou-se 3 ml do conteúdo extraído, e secou-se o hexano em nitrogênio. Adicionou-se 3mL do reagente de trabalho às amostras e procedeu-se tratamento térmico por 10 minutos a 37°C em banho-maria (Marconi – Piracicaba/SP). Após repouso de 90 minutos, leu-se a absorvância contra o branco, igualmente preparado a 499nm. A curva de calibração foi construída a partir de uma solução padrão de colesterol (1,006 mg/100 mL), com concentrações variando de 0,01 a 0,05 mg/mL.

Foi determinado os teores de umidade (método 967.03), proteína bruta (PB, método 981.10) e matéria mineral (MM, método 942.05) do músculo *Longissimus lumborum*, de acordo com a AOAC (2012).

## 2.5 Composição de ácidos graxos

Os extratos lipídicos utilizados para caracterizar o perfil de ácidos graxos da dieta e carne dos tourinhos foram obtidos seguindo a metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959), modificada para usar clorofórmio:metanol 2:1 como solvente. A composição dos lipídios extraídos das amostras das dietas e dos músculos *Longissimus lumborum* foi determinada segundo Hartman e Lago (1973).

Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) foram analisados por cromatógrafo gasoso-espectrômetro de massa (GCMS-QP 2010 SE, Tóquio, Japão) com detector de massas Shimadzu (GCMS-QP 2010, Tóquio, Japão) e uma coluna RT-x Wax Polietileno Glicol (30 m de comprimento × 0,25 mm de diâmetro interno × 0,25 µm de espessura do filme). O Hélio (He) foi utilizado como gás de arraste a uma taxa de fluxo de 1,0 mL/min split 1:20.

O programa inicial de temperatura do forno foi de 100°C, mantida por 5 minutos, e, então, aumentada gradativamente (a 5°C/min) até atingir 190°C, que foi mantida por 5 minutos. Em seguida, a temperatura foi aumentada gradativamente (2°C/min) até atingir 220°C, que permaneceu por 5 minutos. Posteriormente, foi elevada gradativamente para 240°C (5°C/min), onde permaneceu por 5 minutos. O tempo de forno totalizou 57 minutos por amostra analisada. Durante a análise, a temperatura

utilizada no injetor e no detector foi de 250°C. As injeções foram realizadas em duplicatas, e o volume de injeção foi de 1 µL.

Uma alíquota de 1 µl de extrato esterificado foi injetada no cromatógrafo e a identificação de AGs foi realizada comparando os tempos de retenção de metil ésteres das amostras de FA (palmitato de etil) aos dos padrões (FAME Mix, C4-C24, Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA). Os ácidos graxos com cis e isômeros trans foram separados por corrida cromatográfica ao longo da coluna de 100 mm. Nenhum tratamento específico foi realizado para isso, e a amostra foi extraída e esterificada como um todo. A concentração de ácidos graxos foi determinada pela porcentagem da área de um determinado ácido graxo quando adicionado às áreas de todos os picos presentes em a amostra. A quantificação dos ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAGs) foi realizada com base na normalização da área do pico (Visentainer e Franco, 2006) e as concentrações foram expressas em g/100g de ésteres metílicos totais de ácidos graxos identificados.

O conteúdo total de ácidos graxos saturados (AGS), ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), a relação de AGPI : AGS, ácidos graxos ômega 3 e 6 (n - 3 e n - 6, respectivamente), foram calculados a partir dos perfis de ácidos graxos identificados de cada amostra.

A qualidade nutricional da fração lipídica foi avaliada pelos dados de composição de ácidos graxos, utilizando os cálculos do índice de aterogenicidade  $IA = [(C12: 0 + (4 \times C14: 0) + C16: 0)] / (\Sigma AGMI + \Sigma n-6 + \Sigma n-3)$  e índice de trombogenicidade (IT) através da equação  $IT = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5 \times \Sigma AGM) + (0,5 \times \Sigma n-6 + (3 \times \Sigma n-3) + (\Sigma n-3 / \Sigma n-6))]$ , de acordo com Ulbricht e Southgate (1991). IA indica o risco de aterosclerose e IT, a agregação plaquetária.

Os índices das atividades das enzimas elongase e  $\Delta 9$ -desaturase para ácidos graxos com 16 e 18 carbonos foram determinados utilizando a metodologia descrita por Smet et al. (2004) e as seguintes equações:  $\Delta 9$ -desaturase C16 =  $[C16:1 \text{ cis-9} / (C16:0 + C16:1)] \times 100$ ,  $\Delta 9$ -desaturase C18 =  $[(C18:1 \text{ cis-9}) / (C18:0 + C18:1 \text{ cis-9})] \times 100$  e elongase =  $[(C18:0 + C18:1 \text{ cis-9}) / (C16:0 + C16:1 + C18:0 + C18:1 \text{ cis-9})] \times 100$ .

### 3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados pelo software Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA, versão 9,4, 2003), em função da inclusão do extrato de

*Acacia mearnsii* (0; 10; 30 e 50 g/kg MS), como fonte de TC, nas dietas experimentais. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + s_i + e_{ij},$$

em que,  $Y_{ij}$  é a observação referente ao nível de inclusão;  $\mu$  é a média geral;  $s_i$  é o efeito dos níveis de extrato de *Acacia mearnsii* (0; 10, 30 e 50 g/kg MS); e  $e_{ij}$  é o erro experimental. Os dados foram submetidos a contrastes polinomiais para determinar o efeito linear e quadrático dos tratamentos e significância foram considerados quando valor de  $P < 0,05$ .

#### 4. RESULTADOS

A inclusão de extrato de *Acacia mearnsii* contendo TC na dieta de tourinhos em terminação reduziu o consumo de MS ( $P < 0,0001$ ), peso final ( $P = 0,0026$ ) dos animais, assim como o ganho de peso total ( $P = 0,0032$ ) e ganho médio diário ( $P = 0,0031$ ). Os animais que receberam 50 g/kg MS de extrato, contendo 35 g TC/kg MS, reduziram em 8,27% o peso final, quando comparado aos animais que não receberam extrato na dieta. Não houve efeito do extrato na eficiência alimentar ( $P = 0,5735$ ) (Tabela 3).

Tabela 3 – Consumo, desempenho e eficiência alimentar de tourinhos em terminação alimentados com níveis de extrato de *Acacia mearnsii* contendo tanino condensado

Item	Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> <sup>a</sup> (g/kg MS)				<sup>b</sup> EPM	Efeito <sup>c</sup>	
	0	10	30	50		L	Q
Consumo MS (kg/dia)	8,74	8,68	8,39	6,89	0,283	<0,0001 <sub>1</sub>	0,0119
Peso corporal final (kg)	468,5	451,38	449,81	429,75	7,832	0,0026 <sup>2</sup>	0,8527
Ganho de Peso Total (kg)	95,36	89,13	89,13	69,75	5,290	0,0032 <sup>3</sup>	0,2024
Ganho Médio Diário (kg/dia)	1,06	1,00	1,00	0,76	0,058	0,0031 <sup>4</sup>	0,1965
Eficiência alimentar <sup>d</sup>	0,11	0,11	0,11	0,10	0,009	0,5735	0,9845
<b>Equações de regressão</b>						<b>R<sup>2</sup></b>	
<sup>1</sup> $\hat{Y} = -0,0358x + 8,9797$						0,83	
<sup>2</sup> $\hat{Y} = -0,6724x + 464,99$						0,884	
<sup>3</sup> $\hat{Y} = -0,4564x + 96,111$						0,827	
<sup>4</sup> $\hat{Y} = -0,0054x + 1,0763$						0,807	

<sup>a</sup>Extrato *Acácia mearnsii* (Weibull AQ, Tanac S, A., Montenegro, RS, Brasil); <sup>b</sup>Erro Padrão da Média, Efeito linear e Efeito quadrático; Significativo a 5% de probabilidade; <sup>c</sup>kg de ganho de peso diário / kg consumo diário de matéria seca.

Apesar da redução no desempenho, os pesos de carcaça quente ( $P = 0,8763$ ) e

fria ( $P = 0,2148$ ) e os rendimentos da carcaça quente ( $P = 0,1782$ ) e fria ( $P = 0,6342$ ), não foram afetados pela inclusão do extrato, com médias de 235,34 kg, 219,12 kg, 52,45 % e 48,78%, respectivamente.

Da mesma forma, o pH do músculo não sofreu alteração com a inclusão do extrato, com média de 5,42. A perda por resfriamento (PR) aumentou ( $P = 0,0490$ ) 85% nas carcaças dos animais que consumiram 50 g/kg MS do extrato contendo TC do que os animais que não receberam extrato na dieta. No entanto, a espessura de gordura subcutânea foi reduzida ( $P = 0,0063$ ) (Tabela 4).

Tabela 4 - Peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), perda por resfriamento (PR), pH da carne de tourinhos em terminação alimentados com níveis de extrato de *Acacia mearnsii* contendo tanino condensado

Item	Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> <sup>a</sup> (g/kg MS)				<sup>b</sup> EPM	Efeito <sup>c</sup>	
	0	10	30	50		L	Q
PCQ (kg)	236,71	232,63	239,38	232,63	7,7408	0,8763	0,8649
PCF (kg)	224,69	220,30	219,90	211,58	6,9007	0,2148	0,7781
RCQ (%)	50,78	51,58	53,32	54,13	1,8772	0,1782	0,9981
RCF (%)	48,14	48,83	48,92	49,24	1,5155	0,6342	0,9040
PR (%)	2,64	2,75	4,39	4,89	0,8963	0,0490 <sup>d</sup>	0,8287
pH	5,53	5,28	5,44	5,44	0,0831	0,8077	0,1450
EG (mm)	0,05	0,04	0,04	0,03	0,0063	0,0601	0,7691
<b>Equações de regressão</b>						<b>R<sup>2</sup></b>	
<sup>d</sup> $\hat{Y} = 0,0499x + 2,5444$						0,938	

<sup>a</sup>Extrato *Acácia mearnsii* (Weibull AQ, Tanac S, A., Montenegro, RS, Brasil); <sup>b</sup>Erro Padrão da Média, <sup>c</sup>Efeito linear; <sup>d</sup>Efeito quadrático; Significativo a 5% de probabilidade.

A capacidade de retenção de água (CRA) ( $P = 0,167$ ), perdas por cocção ( $P = 0,679$ ) e força de cisalhamento (FC) ( $P = 0,116$ ) do músculo, não foram afetados pela dieta. A composição centesimal do músculo também não sofreu influência do extrato de Acácia, com médias de 73,85% de umidade ( $P = 0,2560$ ), 1,15% de minerais ( $P = 0,8327$ ), 23,21% de proteína bruta ( $P = 0,1988$ ), e 1,42% de lipídeos totais ( $P = 0,8310$ ). A deposição de colágeno no músculo *Longissimus lumborum* de tourinhos não apresentou diferença ( $P = 0,9212$ ) entre os diferentes níveis de inclusão de extrato de Acácia, assim como os valores de luminosidade ( $L^*$ ,  $P = 0,2710$ ), intensidade de vermelho ( $a^*$ ,  $P = 0,0744$ ), intensidade de amarelo ( $b^*$ ,  $P = 0,0509$ ) e Chroma ( $P = 0,0646$ ). A oxidação lipídica foi afetada quadraticamente ( $P < 0,001$ ) no dia 0 após o abate, com menor valor de 0,79 no nível de inclusão de 30,25. Já para os 25 dias de

conservação após a obtenção da amostra, o nível de tanino não influenciou essa variável ( $P > 0,05$ ; Tabela 5).

Tabela 5 - Características físicas e químicas e oxidação lipídica da carne de tourinhos em terminação alimentados com de tourinhos em terminação alimentados com níveis de extrato de *Acacia mearnsii* contendo tanino condensado

Item	Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> <sup>a</sup> (g/kg MS)				<sup>1</sup> EPM	Efeito <sup>c</sup>	
	0	10	30	50		L	Q
CRA, %	0,82	0,47	0,67	0,37	0,15	0,1670	0,8970
Perdas por cocção, %	17,23	21,60	19,26	20,54	3,41	0,6790	0,7020
FC (N/cm <sup>2</sup> )	4,86	5,66	3,83	3,69	0,72	0,1160	0,5240
Umidade (%)	74,46	74,06	73,30	73,61	0,6211	0,2560	0,5457
Minerais (%)	1,17	1,14	1,13	1,19	0,0345	0,8327	0,2010
PB (%)	22,45	23,31	23,56	23,52	0,5782	0,1988	0,4493
Lipídios Totais (%)	1,90	1,53	2,00	1,66	0,2368	0,8310	0,9506
EG (mm)	0,05	0,04	0,04	0,03	0,0063	0,0601	0,7691
Colágeno (g/100g carne)	1,17	1,13	1,30	1,13	0,1038	0,9212	0,5370
<b>Cor</b>							
L*	39,03	38,42	38,11	38,09	1,2021	0,2710	0,6005
a*	22,10	21,93	21,79	21,96	0,5778	0,0744	0,3023
b*	7,05	6,82	6,65	6,74	0,5074	0,0509	0,5346
Chroma (%) <sup>*</sup>	23,21	22,98	22,80	22,98	0,6925	0,0646	0,3393
<b>Oxidação lipídica</b>							
0 dias <sup>1</sup>	1,37	0,98	0,86	1,10	1,0792	<0,001	<0,001
25 dias	0,58	0,49	0,45	0,42	0,4830	0,1913	0,4302
<b>Equações de regressão</b>						<b>R<sup>2</sup></b>	
<sup>1</sup> $\hat{Y} = 0,0006x^2 - 0,0363x + 1,3386$						0,957	

<sup>a</sup>Extrato *Acácia mearnsii* (Weibull AQ, Tanac S, A., Montenegro, RS, Brasil); <sup>b</sup>Erro Padrão da Média; <sup>c</sup>Efeito linear e Efeito quadrático; Significativo a 5% de probabilidade.

Independentemente da inclusão do extrato de Acácia nas dietas, os ácidos graxos encontrados em maiores concentrações foram o palmítico, esteárico e oléico, que representaram aproximadamente 76% do total dos ácidos graxos. O ácido palmítico apresentou efeito quadrático, com maior valor no nível de inclusão de extrato de 25,03 g/kg MS. Os ácidos graxos C20 :4n6 ( $P = 0,038$ ), C20:5n3 ( $P = 0,029$ ),  $\Sigma$  AGPI ( $P = 0,034$ ),  $\Sigma$  n-6 ( $P = 0,033$ ) e  $\Sigma$  n-3 ( $P = 0,005$ ) apresentaram efeito linear crescente, enquanto o CLA ( $P = 0,005$ ) reduziu à medida que o nível de extrato contendo TC na dieta aumentou. A proporção n6:n3 não sofreu influência da dieta, com média de 2,92. Já o índice h:H, apresentou efeito quadrático ( $P = 0,012$ ) com a inclusão de extrato na dieta (Tabela 6).

Tabela 6 - Ácidos graxos do músculo e índices nutricionais do músculo *Longissimus lumborum* de tourinhos em terminação alimentados com níveis de extrato de *Acacia mearnsii* contendo tanino condensado

AG g/100g EMAG	Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> <sup>a</sup> (g/kg MS)				<sup>1</sup> EPM	Efeito <sup>c</sup>	
	0	10	30	50		<sup>2</sup> L	<sup>3</sup> Q
C12:0	0,003	0,002	0,003	0,002	0,0004	0,124	0,852
C14:0	2,49	2,42	2,56	1,95	0,0540	0,066	0,134
C16:0 <sup>1</sup>	21,68	21,84	23,74	21,25	0,5614	0,799	0,024
C18:0	24,62	20,64	23,02	19,80	1,0067	0,496	0,247
C18:1c9	30,01	30,05	27,79	28,08	1,0884	0,106	0,906
C18:2c9c12	5,11	6,37	5,12	5,41	0,9141	0,062	0,278
CLA (C18:2c9t11) <sup>2</sup>	0,54	0,48	0,42	0,39	0,1229	0,005	0,669
C18:3n3	0,46	0,47	0,43	0,60	0,2503	0,246	0,272
C20:4n6 <sup>3</sup>	1,13	1,44	1,28	2,15	0,3019	0,038	0,366
EPA (C20:5n3) <sup>4</sup>	0,34	0,37	0,39	0,68	0,1030	0,029	0,210
DPA (C22:5)	0,70	0,77	0,77	1,25	0,1952	0,066	0,310
DHA (C22:6 n3)	0,09	0,07	0,07	0,13	0,0221	0,207	0,093
Σ AGS	31,20	30,93	31,59	29,43	1,0187	0,313	0,363
Σ AGMI	65,88	65,75	56,92	65,41	3,340	0,494	0,2087
Σ AGPI <sup>5</sup>	2,90	3,31	3,95	5,14	0,660	0,034	0,2167
ΣAGPI:ΣAGS	0,09	0,11	0,51	0,18	0,2016	0,463	0,402
Σ n6 <sup>6</sup>	0,76	0,77	0,73	1,23	0,1368	0,033	0,085
Σ n3 <sup>7</sup>	1,34	1,69	1,62	2,50	0,3253	0,026	0,417
n6: n3	2,21	2,24	4,82	2,41	1,3511	0,599	0,376
Δ9 C16	8,69	8,88	6,95	8,169	0,5787	0,182	0,381
Δ9 C18	58,09	59,32	49,69	58,63	3,0528	0,557	0,218
Elongase	86,51	87,01	75,91	85,33	3,8485	0,396	0,257
IA	0,63	0,62	1,99	0,55	0,5986	0,670	0,246
IT	1,79	1,75	1,84	1,62	0,1433	0,532	0,551
h:H <sup>8</sup>	1,57	1,62	1,24	1,28	0,0945	0,477	0,012
	<b>Equações de regressão</b>				<b>R<sup>2</sup></b>		
	<sup>1</sup> Ŷ = -0,0032x <sup>2</sup> + 0,1602x + 21,288				0,738		
	<sup>2</sup> Ŷ = -0,0029x + 0,5227				0,933		
	<sup>3</sup> Ŷ = 0,0172x + 1,1141				0,709		
	<sup>4</sup> Ŷ = 0,0063x + 0,3024				0,791		
	<sup>5</sup> Ŷ = 0,0436x + 2,8434				0,979		
	<sup>6</sup> Ŷ = 0,0085x + 0,6807				0,625		
	<sup>7</sup> Ŷ = 0,0201x + 1,3356				0,798		
	<sup>8</sup> Ŷ = 0,0001x <sup>2</sup> - 0,0148x + 1,6339				0,777		

<sup>a</sup>Extrato de tanino Acácia mearnsii (Weibull AQ, Tanac S, A., Montenegro, RS, Brasil); CLA: ácido linoléico conjugado; EPA: eicosapentaenoico; DPA: docosapentaenoico; DHA: docosahexaenoico; ΣAGS: Somatório dos Ácidos Graxos Saturados; ΣAGMI: Somatório dos Ácidos Graxos Monoinsaturados; ΣAGPI: Somatório dos Ácidos Graxos Poli-insaturados, <sup>3</sup>Σw-6: Ácidos graxos da série ômega-6; Σw-3: Ácidos graxos da série ômega-3; Δ916: Δ9 dessaturase 16; Δ918: Δ9 dessaturase 16; IA: índice de Aterogenicidade; IT: índice de Trombogenicidade; h: ácido graxos hipocolesterolêmicos; H: ácido graxos hipercolesterolêmicos, <sup>3</sup>Erro Padrão da Média; <sup>3</sup>L: Efeito linear; Q: Efeito quadrático; Significativo a 5% de probabilidade.

## 5. DISCUSSÃO

Como o consumo de matéria seca (CMS) foi afetado negativamente, influenciando diretamente o peso corporal final (PC) e o ganho médio diário (GMD). Isso, provavelmente pode estar associado ao menor aporte de nutrientes causado pela redução do CMS, uma vez que o consumo de nutrientes reflete no desempenho animal (Valadares filho et al., 2010).

O ganho médio diário ficou abaixo das recomendações citadas pelos NRC (2000), para tourinhos em terminação (1,2 kg/dia) em todos os grupos, até para os animais que não receberam extrato de Acácia na dieta. No entanto, no NRC há uma recomendação genérica que animais confinados devem ganhar 1,2 kg/dia para justificar os custos com o confinamento. No entanto, as condições nutricionais e ambientais podem ter interferido nesse ganho. Além disso, o ganho médio diário dos animais que receberam extrato de Acácia até o nível de 30 g/kg MS foi semelhante aos animais que não receberam o tratamento.

Apesar da redução observada no CMS e ganho de peso, a eficiência alimentar não foi afetada com a inclusão do extrato de Acácia, ou seja, independentemente da dieta, os animais apresentaram a mesma eficiência em utilização dos nutrientes. Dessa forma, a redução no desempenho foi essencialmente consequência da queda no consumo.

A inclusão do extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de TC, apesar de ter afetado negativamente o desempenho dos tourinhos, não reduziu os pesos de carcaça quente (PCQ) e fria (PCF) e seus rendimentos (RCQ e RCF). Provavelmente, a redução no CMS, provocada pelo extrato de Acácia, diminuiu o aporte de nutrientes proporcionando vísceras mais leves, compensando o peso ao abate e, conseqüentemente, proporcionando padronização nos pesos das carcaças. De acordo com Camilo et al. (2012), órgãos essenciais no metabolismo animal, como o fígado e rins, são reduzidos devido à uma redução da taxa metabólica provocada pela diminuição no CMS. Guerreiro et al., (2019), também observaram redução no GMD, todavia, com redução nos pesos das carcaças quente e fria de ovinos, com inclusão de até 25 g/kg de TC do extrato de *C. ladanifer*.

A gordura subcutânea não apresentou diferença em relação aos tratamentos, a ausência de efeito pode ser justificada pela padronização dos animais. Além disso, não

houve aumento na ingestão de extrato etéreo da dieta, o que pode explicar a falta de efeito na deposição de gordura subcutânea.

As perdas por resfriamento (PR) aumentaram com a suplementação de extrato de Acácia. Essas perdas podem ser indicativo de cobertura de gordura inadequada, o que não é adequado, pois a gordura protege a carcaça contra resfriamento, evitando o encurtamento pelo frio e a perda excessiva de água da carne (Safari et al., 2001). Outro fator que pode alterar essas PR é manejo pré-abate. Contudo, os resultados mostram que níveis crescente de extrato de Acácia contendo TC pode proporcionar aumento na perda de líquidos da carcaça, apesar de não afetar o teor de umidade da carne.

No presente estudo, os valores de pH da carne não foram modificados pelos os tratamentos. O valor final do pH afeta as características qualitativas da carne (Oliveira et al., 2015). As médias encontradas estão de acordo com Mach et al. (2008), que afirmam que os valores até 5,4 são considerados aceitáveis, acima disso compromete a vida de prateleira da carne. Devido à semelhança nos valores de pH resultantes das dietas com e sem TCs, não houve diferença entre os tratamentos na CRA. Ngambu et al. (2013), citam que quando o pH está abaixo do preconizado ocorre maior retenção de água na carne e perdas por cocção. No presente estudo, o TC do extrato de Acácia não provocou mudanças no pH da carne, CRA e perdas por cocção.

As perdas por cocção estão negativamente relacionadas ao teor de gordura intramuscular da carne, uma vez que a gordura protege contra perdas de umidade durante o cozimento (Nian et al., 2017). Isso sugere que o extrato contendo TC não afetou a gordura intramuscular do músculo dos tourinhos em confinamento, mantendo as perdas de água da carne durante o cozimento.

A cor é outro parâmetro que pode ser influenciado pelo pH final e é um critério importante para os consumidores na escolha da carne (Pimentel et al., 2021). Assim como o pH, a inclusão de extrato de Acácia, como fonte tanino condensado, não afetou a luminosidade e coloração da carne, isto é, mantém a estabilidade da cor da carne, assim como a composição centesimal.

A carne dos animais alimentados com extrato de *Acacia mearnsii* contendo TCs, não deferiu quanto ao teor de colágeno, reforçando que os taninos não influenciaram na maciez da carne, ou seja, a força de cisalhamento, uma vez que maciez da carne apresenta correlação negativa com o teor de colágeno (Purslow, 2018).

Embora poucas informações tenham sido fornecidas sobre o efeito do tanino condensado na estabilidade oxidativa da carne bovina, sabe-se que apresentam poder

antioxidante (López-Andrés et al., 2013). A oxidação apresentou efeito quadrático com o nível de extrato de Acácia nas dietas, com menores valores de 0,79 no nível 30,35 g/kg MS de extrato. Esse achado sugere que os TCs efeito antioxidante na carne dos tourinhos. Os TC são polifenóis e devido ao seu alto grau de hidroxilação de anéis aromáticos, eles podem apresentar potencial antioxidante, sendo antioxidantes primários (doando elétrons ou átomos de hidrogênio) ou secundários (formando complexos com proteínas e outras macromoléculas e inibindo enzimas pró-oxidantes) (Koleckar et al., 2008; Kumar et al., 2015), que ajuda a manter o valor nutricional da carne. No entanto, isso assumiria sua absorção e deposição nos tecidos, porém, sua taxa de absorção é muito baixa (Makkar et al., 1995). Dessa forma, o efeito benéfico dos TC, até o nível supracitado, parece estar relacionado com a capacidade de formar complexos, inibindo enzimas pró-oxidativas no trato gastrointestinal (López-Andrés et al., 2013) e, acima disso, reduz a capacidade antioxidante, aumentando a oxidação lipídica. No entanto, aos 25 dias, não houve efeito do TC na atividade oxidativa da carne.

Em relação a redução observada nas concentrações de CLA, o consumo de MS pode ter sido responsável pela redução na ingestão de seu principal precursor, o ácido linoleico e, conseqüentemente, menor absorção e deposição tecidual. Outra possibilidade é que tenha reduzido a chegada e absorção no duodeno do ácido trans-vacênico, que atua como precursor para a síntese endógena do CLA, através das enzimas  $\Delta 9$  (Griinari, 2000). Os resultados, no presente estudo, também mostram ausência de efeito do extrato nas enzimas (dessaturase,  $\Delta 9$  C16 e  $\Delta 9$  C18) envolvidas em algumas etapas do processo de conversão do C18:1 trans-11 (trans vacênico) em C18:2 cis-9, cis 11 (CLA) (Smith et al., 2009). Em contrapartida, o somatório dos AGPI aumentou na carne, o que é benéfico para a saúde humana. Em outros estudos, os TC modificaram benéficamente as concentrações dos AGPI no leite de cabras (Abo-Donia et al., 2017; Lucena et al., 2018).

Houve efeito quadrático para a concentração de ácido palmítico no músculo, com maior valor no nível de 25,03 g/kg. Isso ocorreu, provavelmente, devido à maior ingestão de C16:0 dietético, nessas menores doses de inclusão do extrato. As concentrações de C20:4n6 e C20:5n3 aumentaram no *Longissimus lumborum* dos bovinos com a inclusão do extrato. Os TC podem proporcionar aumento nas concentrações de ácidos graxos poli-insaturados na carne por reduzir a atividade de biohidrogenação ruminal (Seoni et al., 2018). Os resultados deste estudo mostram aumento na quantidade de ácido araquidônico (C20:4n6) no *Longissimus lumborum* de

tourinhos alimentados com extrato de Acácia, isso pode ser decorrente da maior biossíntese desse ácido graxo no músculo, que tem como precursor o C18:2n-6 que escapa da BH ruminal.

Apesar do aumento dos ácidos graxos n-6 e n3 na carne dos tourinhos, a relação n-6:n-3 não teve diferença entre os tratamentos com a inclusão do extrato de Acácia na dieta. A relação n6:n3 é comumente utilizada como índice para avaliar o valor nutricional da gordura (Valencak et al., 2015). No presente estudo, a proporção dos ácidos n6:n3 não teve influência da inclusão do extrato e estava bem abaixo de quatro (2,92), ou seja, o limite definido como aceitável para gordura 'saudável'. Dessa forma, é importante manter o equilíbrio entre o n6:n3, para que ambos promovam benefício à saúde humana (Wood et al., 2003).

## 6. CONCLUSÃO

A inclusão do extrato de *Acacia mearnsii* até 30 g/kg MS que representa 21 g/kg TC, em dietas de tourinhos Nelore em confinamento, não afeta o rendimento das carcaças e apresenta efeitos benéficos em relação a atividade antioxidante da carne. No entanto, reduz as concentrações de CLA e aumenta o teor de ômega 6 e 3 na carne.

## REFERÊNCIAS

- ABO-DONIA, F.M.; YANG, L.Y.; HRISTOV, A.N.; WANG, M.; TANG, S.X.; ZHOU, C.S.; HAN, X.F.; KANG, J.H.; TAN, Z.L.; HE, Z.X. Effects of tannins on the fatty acid profiles of rumen fluids and milk from lactating goats fed a total mixed ration containing rapeseed oil. *Livestock Science*, 204, 16–24, 2017.
- ALMEIDA, J.; BRESSAN, M.C.; SANTOS-SILVA, J.; MOREIRA, O.; BETTENCOURT, C.; GAMA, L.T. Physicochemical characteristics and sensory attributes of meat from heavyweight Iberian and F1 large white×landrace pigs finished intensively or in freerange conditions. *Journal of Animal Science*, 96, 2734–2746, 2018.
- AMSA, Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat, 2nd edition, American Meat Science Association, Champaign, Illinois, USA Version 1,0, 2015.
- AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC, 19th ed.; AOAC International: Gaithersburg, USA, 2012.
- BELLÉS, M.; CAMPO, M. del M.; RONCALÉS, P.; BELTRÁN, J. A. Supranutritional doses of vitamin E to improve lamb meat quality. *Meat Science*, 149, 14–23, 2019.
- BLIGH, E. G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry*, 31, 911-917, 1959.
- BRONDANI, W. C.; LEMES, J. S.; FERREIRA, O. G. L.; ROLL, V. F. B. E DEL PINO, F. A. B. Perfil metabólico de ovelhas em gestação. *Archivos de Zootecnia*, 65, 1-6, 2016.
- BRASIL, Instrução Normativa nº03, de 17 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização Para o Abate Humanitário de Animais de Açougue, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Brasília, Brasil, 2000.
- CAMILO, D.A.; PEREIRA, E.S.; PIMENTEL, P.G.; COSTA, M.R.G.F.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; CAMPOS, A.C.N.; PINTO, A.P.; MORENO, G.M.B. Weight and yield of non-carcass components of Morada Nova lambs fed wi th

- different levels of metabolizable energy. *Agricultural Science*, 33, 2429-2440, 2012.
- CARTAXO, F.Q.; CEZAR, M.F.; SOUSA, W.H.; GONZAGA NETO, S.G.; PEREIRA FILHO, J.M.P.; CUNHA, M.G.G. Quantitative traits of carcass from lambs finished in feedlot system and slaughtered at different body conditions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 697–704, 2009.
- CLARCK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Symposium: nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle, Microbial Protein Synthesis and Flows of Nitrogen Fractions to the Duodenum of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 75, 2304-2323, 1992.
- CHRISTIE, W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. *Journal of Lipid Research*, 23, 1072, 1982.
- DENTINHO, M.T.P.; PAULOS, K.; FRANCISCO, A.; BELO, A.T.; JERÓNIMO, E.; ALMEIDA, J.; BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, J. Effect of soybean meal treatment with *Cistus ladanifer* condensed tannins in growth performance, carcass and meat quality of lambs. *Livestock Science*, 236, 2020.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. Métodos para análise de alimentos – National Institute of Science and Technology – Animal Science, INCT-CA, Federal University of Viçosa, Viçosa, MG, 2012.
- FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; RAMOS, G.; GIRÁLDEZ, F, J.; MANTECÓN, A, R. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. *Animal Feed Science and Technology*, 95, 215-226, 2002.
- FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; NATALELLO, A.; LUCIANO, G.; FONDEVILLA, M.; PRIOLO, A. Ability of tannins to modulate ruminal lipid metabolism and milk and meat fatty acid profiles. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 2020.
- GALVÃO, J.M.; SILVA, T.M.; SILVA, W.P.; PIMENTEL, P.R.S.; BARBOSA, A.M.; NASCIMENTO, T.V.C.; LIMA, A.G.V.O.; BEZERRA, L.R.; OLIVEIRA, R.L. 2020. Intake, digestibility, ingestive behavior, and nitrogen balance of goats fed with diets containing residue from tamarind fruit. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 257–264, 2020.

- GONZÁLEZ, F.H.D.; SCHEFFER, J.F. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: GONZÁLEZ, F. H. D. (ed.). Doze leituras em bioquímica clínica veterinária. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. v. 1, p. 30-45.
- GRIINARI, J.M.; CORL, B.A.; LACY, S.H.; CHOUINARD, P.Y.; NURMELA, K.V.; BAUMAN, D.E. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Delta(9)-desaturase. *Journal of Nutrition*, 130, 2285-2291, 2000.
- GUERREIRO, O.; ALVES, S.P.; SOLDADO, D.; CACHUCHO, L.; ALMEIDA, J.; FRANCISCO, A.; SILVA, J.S.; BESSA, R.J.B.; JERÓNIMO, E. Inclusion of the aerial part and condensed tannin extract from *Cistus ladanifer* L, in lamb diets – Effects on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular and subcutaneous fat. *Meat Science*, 160, 2019.
- HAMM, R. Functional properties of the miofibrillar system and their measurement, In P, J, Bechtel (Ed.), *Muscle as Food*, Orlando: Academic Press, 1986, p, 135–199.
- HARADA, D., NAGAMACHI, S., ASO, K., IKEDA, K., TAKAHASHI, Y., FURUSE, M. Oral administration of l-ornithine increases the content of both collagen constituting amino acids and polyamines in mouse skin. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 512, 712–715, 2019.
- HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, 22, 475-476, 1973.
- JABER, L.S.; HABRE, A.; RAWDA, N.; BARBOUR, E.K.; HAMADEH, S. The effect of water restriction on certain physiological parameters in Awassi sheep. *Small Ruminant Research*, 54, 115–120, 2004.
- JAIN, N.C. *Essentials of Veterinary Hematology*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993, 417p.
- KAMEL, H.E.M.; AL-DOBAIB, S.N.; SALEM, A.Z.; LÓPEZ, S.; ALABA, P.A. Influence of dietary supplementation with sunflower oil and quebracho tannins on growth performance and meat fatty acid profile of Awassi lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 235, 97–104, 2018.
- KNOTEK Z.; KNOTKOVA Z.; HRDÁ A. *Clinical Haematology and Plasma Chemistry in Reptiles*. 5th ed. Southern European Veterinary Conference (SEVC) Sept. 20 to Oct. 2. Barcelona, Espanha, 2011.

- KOLECKAR, V.; KUBIKOVA, K.; REHAKOVA, Z.; KUCA, K.; JUN, D.; JAHODAR, L.; OPLETAL, L. Condensed and hydrolysable tannins as antioxidants influencing the health. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 8, 436-447, 2008.
- KUMAR, Y.; YADAV, D.N.; AHMAD, T.; NARSAIAH, K. Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 796- 812, 2015.
- LIMA, P.R., APDINI, T., FREIRE, A.S., SANTANA, A.S., MOURA, L.M.L., NASCIMENTO, J.C.S., RODRIGUES, R.T.S., DIJKSTRA, J., GARCEZ NETO, A.F., QUEIROZ, M.A.A., MENEZES, D.R. Dietary supplementation with tannin and soybean oil on intake, digestibility, feeding behavior, ruminal protozoa and methane emission in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 249, 10–17, 2019.
- LIU, H.; LI, K.; MINGBIN, L.; ZHAO, J.; XIONG, B. Effects of chestnut tannins on the meat quality, welfare, and antioxidant status of heat-stressed lambs. *Meat Science*, 116, 236–242, 2016.
- LOBÓN, S., JOY, M., SANZ, A., ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, J., BLANCO, M. The fatty acid composition of ewe milk or suckling lamb meat can be used to discriminate between ewes fed different diets. *Animal Production Science*, 59, 1108–1118, 2019.
- LÓPEZ-ANDRÉS, P.; LUCIANO, G.; VASTA, V.; GIBSON, T. M.; BIONDI, L.; PRIOLO, A.; MUELLER-HARVEY, I. Dietary quebracho tannins are not absorbed, but increase the antioxidant capacity of liver and plasma in sheep. *British Journal of Nutrition*, 110(4), 632-639, 2013.
- LUCENA, A.R.F.; MENEZES, D.R.; CARVALHO, D.T.Q.; MATOS, J.C.; ANTONELLI, A.C.; MORAES, S.A.; DIAS, F.S.; QUEIROZ, M.A.Á.; RODRIGUES, R.T.S. Effect of commercial tannin and a pornunça (*Manihot* spp.) silage-based diet on the fatty acid profile of Saanen goats' milk. *International Journal of Dairy Technology*. 71, 613–620, 2018.
- MACH, N.; BACH, A.; VELARDE, A.; DEVANT, M. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Science*, v. 78, n. 3, p. 232-238, 2008.
- MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; ABEL, H.; SZEGLETTI, C. Degradation of condensed tannins by rumen microbes exposed to *Quebracho* tannins (QT) in

- rumen simulation technique (RUSITEC) and effect of QT on fermentative processes in the RUSITEC. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 69, 495-500, 1995.
- MAKKAR, H, P, S, Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*, 49, 241-256, 2003.
- MAPIYE, C.; CHIMONYO, K.; DZAMA, K.; MUCHENJE, V.; STRYDOM, P.E. Meat quality of Nguni steers supplemented with *Acacia karroo* leaf-meal. *Meat Science*, 84, 621-627, 2010.
- MCALLISTER, T.A.; WANG, Y.; DIARRA, M.S.; ALEXANDER, T., STANFORD, K. Challenges of a one-health approach to the development of alternatives to antibiotics. *Animal Frontiers*, 8, 10–20, 2018.
- MUELLER-HARVEY, I. Review Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 2010-2037, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, Nutrient requirements of beef cattle, 7ed,; The National Academies Press: Washington, USA, 2000.
- NIAN, Y., KERRY, J.P., PRENDIVILLE, R., ALLEN, P. The eating quality of beef from young dairy bulls derived from two breed types at three ages from two different production systems. *Irish J. Agric. Food Res.* 56, 31-44, 2017.
- NGAMBU, S.; MUCHENJE, V.; MARUME, U. Efeito da suplementação de *Acacia karroo* no crescimento, pH final, cor e perdas por cozimento da carne de cabras nativas Xhosa de orelhas caídas. *Asiática-Australiana. Journal of Animal Science*, 26, 128-133, 2013.
- ORLANDI, T.; KOZLOSKI, G, V.; ALVES, T, P.; MESQUITA, F.R.; ÁVILA, S.C. Digestibility, ruminal fermentation and duodenal flux of amino acids in steers fed grass forage plus concentrate containing increasing levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. *Animal Feed Science and Technology*, 210, 37–45, 2015.
- PATRA, A.K.; SAXENA, J. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 91, 24–37, 2011.
- PIMENTEL, P.R.S.; PELLEGRINI, C.B.; LANNA, D.P.D.; BRANT, L.M.S.; RIBEIRO, C.V.D.M.; SILVA, T.M.; BARBOSA, A.M.; DA SILVA JÚNIOR, J.M.; BEZERRA, L.R.; OLIVEIRA, R.L. Efeitos do extrato de *Acacia*

- mearnsii como fonte de tanino condensado sobre o desempenho animal, rendimento de carcaça e qualidade da carne de caprinos. *Animal Feed Science and Technology*, 271, 2021.
- PRIOLO, A.; MICOL, D.; AGABRIEL, J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour: a review. *Animal Research*, 50, 185-200, 2001.
- PURSLOW, P.P. Contribution of collagen and connective tissue to cooked meat toughness; some paradigms reviewed. *Meat Science*, 144, 127–134, 2018.
- RIRA, M.; MORGAVI, D.P.; ARCHIMÈDE, H. Potential of tannin-rich plants for modulating ruminal microbes and ruminal fermentation in sheep. *Journal Animal Science*, 93, 334–347, 2015.
- SAFARI, E.; FOGARTY, N.M.; FERRIER, G.R.; HOPKINS, L.D.; GILMOUR, A. Diverse lamb genotypes. 3. Eating quality and the relationship between its objective measurement and sensory assessment. *Meat Science*, 57, 153–159, 2001.
- SALDANHA, T.; MAZALLI, M.C.; BRAGAGNOLO, N. Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação do colesterol em carnes e leite. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 24, 109-113, 2004.
- SEONI, E.; BATTACONE, G.; SILACCI, P.; AMPUERO, S.; CHELALI, J.M.; DOHME-MEIER, F.; BEE, G. Effect of condensed tannins from Birdsfoot trefoil and dietary protein level on growth performance, carcass composition and meat quality of ram lambs. *Small Ruminant Research*, 169, 118-126, 2018.
- SMITH, S. B.; GILL, C. A.; LUNT, D. K.; BROOKS, M. A. Regulation of Fat and Fatty Acid Composition in Beef Cattle. *Frenc*, Champaign, 22, 9, 1225- 1233, 2009.
- STERN, M.D.; BACH, A.; CALSAMIGLIA, S. New concepts in protein nutrition of ruminants. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 9, 45–66, 2006.
- VALENCAK, T.G.; GAMSJÄGER, L.; OHRNBERGER, S.; CULBERT, N.J.; RUF, T. Healthy n-6/n-3 fatty acid composition from five European game meat species remains after cooking. *BMC Research Notes*, 8, 273, 2015.
- VENTURA-CORDERO, J.; SANDOVAL-CASTRO, C.A.; TORRES-ACOSTA, J.F.J.; CAPETILLO-LEAL, C.M. Do goats have a salivary constitutive response to tannins? *Journal Applied Animal Research*, 45, 29–34, 2017.
- VISENTAINER, J.V.; FRANCO, M.R.B. Ácidos graxos em óleos e gorduras: identificação e quantificação, 1st ed. Varela, São Paulo, Brazil, 2006.

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

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A inclusão de extrato de *Acacia mearnsii* como fonte de tanino condensado na alimentação de tourinhos pode trazer benefícios com relação ao aproveitamento do alimento e seus nutrientes, com aumento da digestibilidade. Além de ser vantajoso do ponto de vista ambiental por favorecer a redução nas excreções de nitrogênio.

A hipótese de que adicionar extrato de *Acacia mearnsii*, contendo níveis de até 50 g/kg MS total à dieta de tourinhos terminados em confinamento, não afeta consumo de matéria foi refutada pelos resultados de nossa pesquisa.

Do ponto de vista de qualidade da carne com relação ao perfil de ácidos graxos, a presença de extrato de *Acacia mearnsii* na dieta de tourinhos Nelore proporcionou aumento do ômega 6, o que não é benéfico para a saúde humana. Além disso, reduziu o teor de CLA na carne. No entanto, mais pesquisas são necessárias para avaliar o efeito do extrato da Acácia sobre os parâmetros de qualidade da carne.

