

CAPÍTULO 4

Utilização de taninos na alimentação de ruminantes: Impacto sobre eficiência da utilização da proteína dietética e produção de metano

Maria Eduarda Pieniz Hamerski, Sofia Luz del Cielo Bonafé, Lauren Machado Pereira, Gilberto Vilmar Kozloski

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-29-9.c4>

Resumo

A degradação de proteína no rúmen é necessária para a síntese de proteína microbiana. Porém, o excesso de proteína degradável no rúmen pode gerar perdas de nitrogênio através da urina. Os taninos vêm sendo utilizados para otimizar o uso dos compostos nitrogenados da dieta, reduzindo a degradação excessiva da proteína no ambiente ruminal e aumentando o aporte de aminoácidos no duodeno. Além disso, esses compostos podem ser benéficos por mitigar as emissões de metano (CH₄). O objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão de literatura para avaliar os efeitos dos taninos na alimentação animal. Os efeitos da adição de taninos sobre degradação ruminal e digestibilidade intestinal não foram consistentes nos diferentes estudos. Fatores como o tipo de tanino (hidrolisado ou condensado), fontes e dose afetam tais respostas. Em adição, os estudos demonstraram que a excreção urinária de N reduziu, bem como a produção de CH₄. Além disso, na maioria dos estudos, a adição de taninos aumentou a retenção de N. Conclui-se, portanto, que a adição desses compostos fenólicos é benéfica por reduzir a emissão de metano, bem como para reduzir excreções urinárias de nitrogênio, gerando benefícios econômicos e ambientais. No entanto, os resultados de redução da degradação da proteína dietética no ambiente ruminal e digestibilidade intestinal desses compostos nitrogenados são variados.

1. Introdução

A proteína é um nutriente imprescindível para maximizar o crescimento e produtividade dos ruminantes, por isso, aumentar a eficiência do uso é o principal

objetivo na nutrição desses animais (SHAKERI et al., 2020). A Proteína Bruta (PB) dietética pode ser dividida em duas frações: Proteína Degradável no Rúmen (PDR) e Proteína Não Degradável no Rúmen (PNDR) (NRC, 2001). Visando atender as demandas proteicas que os animais de alta produção almejam, focando na otimização e intensificação da produção, deve-se fornecer fontes de PNDR (MEZZOMO et al., 2011), o que permitiria aumentar a proteína metabolizável (PM). Segundo ORLANDI et al. (2015) o suprimento de energia e PM afetam diretamente o desempenho animal.

A degradação de proteína no rúmen é necessária para a síntese de proteína microbiana. Porém, o excesso de proteína degradável no rúmen pode gerar perdas de nitrogênio através da urina. Isso causa prejuízos econômicos e ambientais, pois o Nitrogênio (N) presente na urina é volátil e pode formar um gás (NO_2) (MEZZOMO et al., 2011). Além disso, a degradação no ambiente ruminal gera a produção de CH_4 , gerando perdas de energia dietética (MORAIS et al., 2006), e prejuízos ambientais.

Desse modo, diversos aditivos nutricionais têm sido utilizados com o objetivo de elevar a produtividade e desempenho animal, bem como reduzir impactos ambientais indesejáveis. Portanto, diversas pesquisas estão utilizando aditivos naturais, podendo citar como os mais utilizados os óleos essenciais, saponinas e taninos (BRUTTI, 2021). Os taninos surgem como aditivo alimentar que pode ser empregado em dietas com o intuito de modificar a fermentação ruminal e, assim, melhorar a retenção e utilização de nitrogênio pelo animal, bem como reduzir a produção de metano, minimizando impactos ambientais adversos (ÁVILA, 2018). Sendo assim, o objetivo desta revisão de literatura é abordar sobre taninos e seus efeitos como aditivo dietético sobre eficiência da utilização de proteína e mitigação de metano.

2. Desenvolvimento

2.1. Degradação Ruminal da Proteína e utilização de aditivos alimentares

Grande parte dos Compostos Nitrogenados (CN) ingeridos pelos ruminantes são degradados pelos microrganismos que estão presentes no ambiente ruminal. No rúmen, diversos fatores podem afetar a extensão de

degradação da PB, por exemplo relação de Nitrogênio Não Proteico (NNP) e proteína verdadeira, estrutura tridimensional da proteína e presença de ligações de dissulfeto, bem como a atividade proteolítica dos microrganismos ruminais, entre outros fatores (KOZLOSKI, 2011). A degradação de CN deve fornecer aos microrganismos ruminais a quantidade necessária de N para suprir suas exigências, permitindo seu crescimento (MEZZOMO et al., 2011). Quando o teor de N está além das necessidades das bactérias, o excesso é absorvido para a corrente sanguínea como amônia, metabolizada no fígado em ureia e parcialmente excretado na urina (ORLANDI et al., 2015). Reduzir a taxa de degradação da proteína dietética sem afetar negativamente a digestibilidade intestinal dessa proteína, é um grande desafio na nutrição de ruminantes (ORLANDI et al., 2015).

Manipular o ambiente ruminal pela introdução de substâncias (naturais ou sintéticas) na ração, pode aumentar a eficiência da utilização de dietas consumidas pelos ruminantes (MORAIS et al., 2006). Os aditivos mais utilizados nos últimos tempos são os antimicrobianos ionóforos como a monensina, porém tem se questionado bastante seu uso devido aos resíduos nos produtos de origem animal, além da possibilidade de resistência microbiana (PATRA E SAXENA, 2010). Nesse sentido, a utilização de aditivos naturais tem se tornado tendência na produção animal, onde os taninos são uma das alternativas propostas ao uso de ionóforos (DEVANT et al., 2007).

2.2. Taninos Hidrolisáveis e Condensados

Estruturalmente, os taninos são diversos compostos fenólicos que apresentam estrutura complexa. Tanto os taninos hidrolisáveis (TH) quanto os taninos condensados (TC) possuem grupos OH reativos que formam complexos com proteínas, incluindo enzimas e polímeros como celulose e hemicelulose (NCUBE e VAN STADEN, 2015). Quando adicionados a dieta em doses adequadas, esses compostos secundários funcionam como ótimos antioxidantes, além de melhorar a eficiência da utilização de N, e possuírem uma ação bactericida sobre os microrganismos metanogênicos (VIEIRA et al, 2020).

Além dos grupos fenólicos e anéis aromáticos, através dos quais os taninos atuam como ligantes multidentados na superfície da proteína, o aumento no número de grupos galoílo dos polifenóis afeta positivamente a eficiência de ligação às proteínas (NCUBE e VAN STADEN, 2015).

Taninos hidrolisáveis (TH): são compostos por uma molécula central de poliol, geralmente glicose (NAUMMAN et al., 2017). O grupo OH do poliol central é esterificado com ácido fenilcarboxílico, como ácido gálico (galotaninos) ou ácido elágico (elagitaninos), e surgem três subclasses principais a partir de transformações químicas (LOFTI, 2020):

-Galoglicose: pelo menos um grupo OH da molécula de glicose é esterificado com ácido gálico, representado por 1,2,3,4,6-pentagaloglicose (PGG).

-Galotaninos: unidades de ácido gálico são adicionadas aos grupos galoil existentes de galoglicoses, representados pelo ácido tânico. Os grupos galoílo ou seus derivados são combinados com polióis, catequinas ou triterpenóides.

-Elagitaninos: o acoplamento oxidativo intramolecular dimeriza os substituintes do ácido gálico e forma porções de ácido elágico. Tem pelo menos dois C-C gálicos conjugados entre si e catequinas conjugadas sem glicosídeo.

São menos utilizados por nutricionistas já que podem ser facilmente degradados no rúmen, sendo sensíveis à substâncias básicas, ácidas e esterases (NAUMMAN et al., 2017). Os TH são caracterizados por estarem presentes em pequenas concentrações nas plantas, sendo encontrados em acácia, eucaliptos e uma variedade de folhas de árvores. Foi documentado que THs produzem toxicidade aguda e inibição acentuada da digestão para o gado (DOCE et al., 2013), o que pode ser devido a uma maior atividade de ligação às proteínas de alguns TH em comparação com tanino concentrado (TC) (JAYANEGARA et al., 2015).

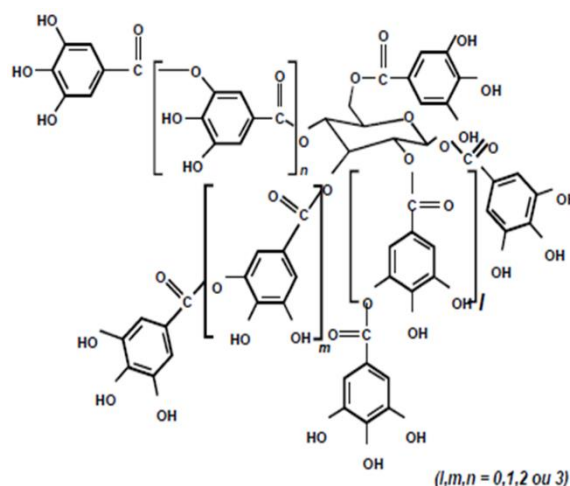


Figura 1. Estrutura química do tanino hidrolisável.

Taninos condensados (TC) ou proantocianidinas (PA): São encontrados em maior abundância que os TH e possuem estruturas mais complexas. A estrutura química condensada do TC é o que confere maior resistência à degradação, exceto em condições de pH ácido (ANDRADE et al., 2015). Eles consistem em polímeros formados por unidades monoméricas de flavan 3-óis, que são conectados através de ligações C-C ou C-O-C (SMERIGLIO et al., 2017). As unidades monoméricas possuem centros assimétricos nas posições C-2 e C-3, o que dá origem à formação de quatro isômeros, denominados procianidinas: (+) galocatequina, (-) epigalocatequina, (+) catequina e (-) epicatequina.

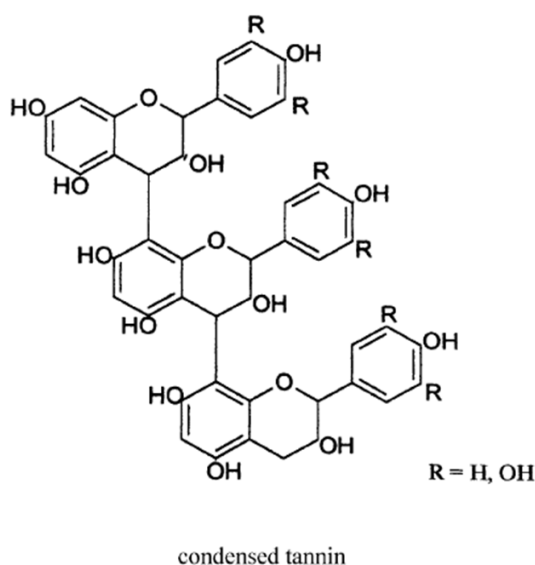


Figura 2. Estrutura química do tanino condensado.

2.3. Uso de taninos na nutrição animal

Quando ocorre ingestão de alimento que possuem compostos nitrogenados degradáveis no rúmen, esses nutrientes são metabolizados pelas enzimas bacterianas e utilizados como fonte de nitrogênio e aminoácidos para produção de amônia e proteína microbiana (KOZLOSKI, 2011). A proteína microbiana sintetizada no rúmen é considerada uma excelente fonte de aminoácidos da dieta, representando cerca de 60 a 85% da quantidade de proteína que chega ao intestino delgado, ressaltando a necessidade que aminoácidos oriundos da dieta escapem da degradação ruminal, para complementar a proteína microbiana (STORN e ORSKOV, 1983).

A adição de taninos em dietas balanceadas em energia e proteína, podem reduzir a degradação da proteína a nível ruminal (BRUTTI et al., 2023), esses compostos antes vistos como antinutricionais na nutrição animal, passam a se tornar objetos de estudo interessantes quando empregados em dosagens corretas. A complexação formada entre tanino e proteína aumenta o teor de PNDR, possibilitando que parte da proteína dietética chegue intacta ao abomaso, sendo que essa complexidade pode ser reversível (MEZZOMO, 2011). No entanto, esses complexos também podem não ser dissociados pós ruminalmente dependendo do pH (MUELLER- HARVEY, 2006), e do complexo tanino-proteína formados.

A interação entre taninos-proteínas pode ocorrer através de pontes de hidrogênio, interações hidrofóbicas ou pelas duas formas conjuntamente, para gerar uma maior quantidade de PNDR de origem dietética. Os complexos formados por meio de ligações de hidrogênio são mais interessantes, pois formam complexos mais fortes com proteínas alimentares (MUELLER-HARVEY, 2006), para que a interação entre taninos e proteínas seja recomendável, as interações não devem ser muito fortes e nem muito fracas, a força dessas ligações irá gerar as respostas dos taninos na digestibilidade da proteína ao longo do trato digestivo.

2.4. Taninos e eficiência de utilização de nitrogênio: retenção e excreção

O processo de fermentação ruminal pode ser um processo ineficiente se não for manejado de forma correta, pois mais de 50% da proteína dietética pode ser convertida em amônia e ser excretada via urina (CALLAWAY et al., 2003). A baixa eficiência da conversão de N dietético em proteína animal, ocasiona em perda de energia, acarretando em sistemas menos produtivos, além de gerar danos ambientais por N (HERREMANS et al., 2020). O óxido nitroso e amônia são classificados como poluentes gasosos que reagem no ar (JOHANSEN et al., 2022), sendo o NO_2 um gás potencial de efeito estufa e tem capacidade de captar 300 vezes mais calor que o CO_2 (COSKUN et al., 2017). Deve-se ressaltar que a maior volatilização da amônia está relacionada ao N de origem urinária, pois o N fecal está mais frequentemente ligado a componentes orgânicos dietéticos e metabólicos não digeridos (BEHERA et al., 2013). A mudança no sítio de excreção do N urinário para o fecal é atribuída principalmente à formação do complexo tanino- proteína, que aumenta o fluxo de AA para o intestino delgado (BARRY e McNABB, 1999), e quando a ligação não é desfeita no Trato Gastrointestinal (TGI), o N é excretado via fezes.

CARULLA et al. (2005) utilizando taninos de *Acacia mearnsii* encontraram redução de excreção urinária de N, enquanto a retenção de N não foi afetada, esses resultados sugerem um potencial positivo para uso do extrato deste polifenól. ALVES et al. (2015), utilizando taninos de Acácia negra, verificaram redução na excreção urinária de N e aumento da excreção fecal de N, bem como aumento de retenção e eficiência de utilização de N. Esses resultados corroboram com STERWART et al. (2019).

MAAMOURI et al. (2011) encontraram uma retenção estimada de N de até 44,8% em animais alimentados com uma árvore que contém TC. Os taninos do estudo de STERWART et al. (2019) poderiam ter valores elevados de retenção de N em fenos tanificados, visto que alguns taninos condensados (por exemplo, os do gênero Lotus) melhoram a concentração do hormônio do crescimento, que por sua vez estimula a retenção de N em ruminantes (AERTS et al., 1999).

2.5. Utilização de taninos no farelo de soja

O Farelo de Soja (FS) é considerado uma fonte útil de proteína vegetal, com bons conteúdos de aminoácido (PATINO 2022), no entanto possui alta degradabilidade ruminal. Aditivos capazes de reduzir a degradabilidade ruminal da proteína em FS podem causar efeitos benéficos na produção animal.

O tanino é formado por núcleos polifenólicos com diversas zonas apolares, como o anel benzemico, aos quais podem ligar-se com as zonas apolares da proteína (ARCHANA et al., 2010). Na presença de água, estas zonas apolares podem associar-se por meio de ligações Van Der Waals reduzindo, desse modo, as superfícies das zonas apolares expostas à água. As moléculas de água que estavam ligadas a zonas polares de forma ordenada, ficam livres para ligar-se aos solventes, dando origem ao denominado efeito hidrofóbico (MEZZOMO, 2013). Este efeito ocorre somente na presença de água, favorecendo que os tratamentos com tanino comporem os melhores agrupamentos formados. Esta complexação desencadeia na diminuição da degradação da proteína no ambiente ruminal aumentando, assim, a disponibilidade de proteína no intestino. Todavia, os tratamentos que não receberam água chegam ao rúmen, onde há uma variedade de outras proteínas, o que pode acarretar que o tanino livre perca sua efetividade em complexar as proteínas do alimento (MEZZOMO, 2013).

O FS, possui boa capacidade de complexação com tanino devido ao seu perfil de aminoácidos visto que, os taninos possuem maior facilidade de ligação quando está presente aminoácidos na cadeia lateral da proteína, o que facilita a aproximação das zonas apolares para que ocorra a interação (MEZZOMO, 2013). Esse concentrado proteico possui, aproximadamente, 14,41% da matéria seca (MS) de aminoácidos com cadeias laterais apolares, de onde estão presentes a glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina e prolina, isso contribuiu para que ocorram ligações hidrofóbicas (VALADARES FILHO et al., 2012).

MANFIO (2021) testou extrato tanífero de *Acacia mearnsii* em FS, nos níveis 0, 2,5% e 5%. A degradabilidade ruminal não foi afetada, no entanto a digestibilidade intestinal foi reduzida no tratamento 5% em relação aos demais. SHAKERI et al. (2020) testou 0, 5 e 10 g/kg-MS de taninos de casca de pistache em FS. A degradação ruminal da proteína foi reduzida com a dosagem de 1%

de taninos, enquanto 0 e 0,5% não apresentaram diferenças significativas. Já a degradação da PNDR não apresentou diferenças entre nenhum tratamento, bem como a digestibilidade total do TGI que foi igual estatisticamente para todos os tratamentos. FRUTOS et al. (2000) em adição de taninos de quebracho em FS, com dosagens de 0, 1, 5, 10, 15, 25 g/kg-MS, detectou que doses mais elevadas (1%, 1,5% e 2,5%) apresentaram menor degradabilidade ruminal em relação ao controle. Já a digestibilidade intestinal foi menor no tratamento de 2,5%.

2.6. Efeitos de taninos na produção de metano

O CH₄ é produzido no processo de fermentação dos alimentos ingeridos, pelos microorganismos presentes no rúmen (KOSLOSKI, 2011). Os produtos finais das atividades microbianas ruminais são ácidos graxos voláteis de cadeia curta (AGCCs), que são importantes fontes de energia para o animal, no entanto, concomitantemente ocorre a produção de CO₂ e CH₄ (HARYANTO, 2014). A concentração de CH₄ entérico é produzida pelas arqueias metanogênicas (PATRA e SAXENA, 2011), as quais utilizam como principais substratos o hidrogênio (H₂) e o gás carbônico (CO₂). O CH₄ é eliminado pelos ruminantes principalmente através de eructação, sendo considerado um gás de efeito estufa, e também envolve um desvio e perda de um 2-12% da energia total consumida por parte do animal, que poderia estar sendo destinada para crescimento e produtividade (MORAIS et al. 2006), portanto representa também um prejuízo ambiental e financeiro.

Reduzir a produção de CH₄ gerada pela fermentação ruminal é um grande desafio para os nutricionistas animais (CARDOSO- GUTIERREZ et al., 2021). BRUTTI et al., (2023) através de uma meta-análise detectou que em dietas equilibradas em relação a energia e proteína, os taninos podem reduzir a produção de CH₄, obtendo assim benefícios econômicos e ambientais. Para BHATTA et al. (2009) utilizar compostos que inibem ou reduzem a atividade dos microorganismos metanogênicos, possivelmente irá reduzir ou eliminar a produção de CH₄. Pode se considerar que os taninos podem atuar com dois mecanismos principais para mitigar de CH₄ entérico: 1) através da redução da fermentação da fibra no rúmen, o que reduz a produção de H₂ e acetato

(BEAUCHEMIN et al, 2008), e 2) afetando diretamente o metabolismo de crescimento de metanogênicos (BHATTA et al, 2009).

A ligação entre tanino-proteína da dieta pode afetar a digestão de carboidratos, principalmente dos componentes fibrosos, com efeitos adversos no processo de fermentação e na produção de AGCC, em particular na redução da produção do acetato, reduzindo assim a formação de CO₂ e H₂ (RIGOBELLO, 2022). A produção desse AGCC é menos eficiente energeticamente do que a produção de propionato (BUENO et al., 2015). BERÇA et al. (2023) detectaram em estudos *in vitro* + *in vivo* que à medida que aumentavam os níveis de TC na dieta, ocorreu aumento de proporções molares de propionato, butirato e AGV totais no rúmen, sugerindo possivelmente uma melhor fermentabilidade e uma alternativa eficiente para diminuir efeitos ambientais negativos nos sistemas pecuários de produção. Enquanto MARSHALL et al. (2022) concluíram que tanto os taninos mistos, como os hidrolisáveis reduzem a produção de AGCC não glicogênicos e aumentam a concentração de propionato no ambiente ruminal.

No processo de metanogênese os principais microorganismos envolvidos são os protozoários ciliados e arqueobactérias. Os metanógenos podem ser encontrados ligados ou dentro das células ciliadas dos protozoários e contribuem com 9 a 37% da metanogênese ruminal (MARTIN, 2010). Eles possuem uma relação sinérgica e isso pode aumentar a produção de acetato e butirato, pois os ciliados podem facilitar a transferência de H₂ para arqueias (VOGELS et al., 1980). Para HESS et al. (2003) algumas populações de metanógenos permanecem ecto e endossimbioticamente associadas aos protozoários, portanto a defaunação contribui para a redução da produção deste gás. Da mesma forma, foi demonstrado que os taninos, ao inibirem diretamente os metanógenos, reduzem o número de protozoários, o que pode reduzir a metanogênese associada aos protozoários (PATRA e SAXENA, 2011). Para MCSWEENEY (2001) a capacidade de complexidade dos taninos significa que os polifenóis são reativos com as paredes celulares bacterianas e enzimas extracelulares secretadas, e provavelmente qualquer interação deste tipo inibe o transporte de nutrientes para a célula e retarda o crescimento do organismo. Os efeitos antiprotozoários dos taninos podem ser benéficos na melhoria da utilização de proteínas e na inibição da metanogênese no rúmen.

No entanto, os mecanismos de inibição dos protozoários ruminais pelos taninos não são claramente conhecidos.

TAVENDALE et al. (2005) propuseram *in vitro* dois modos de ação dos taninos na metanogênese: um efeito direto nos metanógenos ruminais e um efeito indireto na produção de hidrogênio devido à menor degradação da dieta. Para estes autores, a inibição dos taninos no crescimento dos metanógenos é atribuída aos efeitos bacteriostáticos e bactericidas dos TC. CARULLA et al. (2005) em um experimento de pastagem hiberna de azevém suplementado com 4,1 % de taninos de *Acacia mearnsii* na MS (2,5% de TC), detectaram redução na liberação de CH₄ de 13% quando taninos foram adicionados a dieta. Nesse estudo, os autores sugerem que a redução da metanogênese foi devido a redução na degradação da fibra, visto que ocorreu queda na digestibilidade da MO com adição desses compostos secundários. A mitigação de CH₄ também foi encontrada por SILVA et al. (2024) com níveis de 0,8 g/kg MS de tanino condensados de *Acacia Mearnsii* em dietas de confinamento.

3. Considerações Finais

Conclui-se, portanto, que os efeitos dos taninos na nutrição animal são diversos entre as variáveis abordadas na presente revisão. De acordo com as pesquisas citadas, esses compostos fenólicos reduzem a excreção urinária de N e aumentam a fecal, além de que alguns resultados relatam o aumento de retenção de nitrogênio, gerando benefícios produtivos e ambientais. No entanto, os resultados na redução da degradação de proteína a nível ruminal, sem afetar a digestibilidade intestinal são inconsistentes, divergências entre os estudos indicam que as interações entre tanino-proteína não ocorrem de forma padrão, podendo ser variáveis de acordo com dosagens e composições químicas das fontes de taninos e alimento utilizado. Além disso, os taninos mostraram efeitos benéficos por reduzirem a emissão de metano por ruminantes.

4. Referências bibliográficas

- AERTS, R. J. et al. 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 75, p. 1–12. 1999.
- ALVES, T.P. et al. 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**, v. 210, p. 37-45, 2015.
- ANDRADE, T. V., et al. Tanino em resíduos e subprodutos alimentares para a alimentação animal. **Nutritime**, v. 12, n.5, p.4230-4236, 2015.
- ARCHANA, A.B. et al. Potential of tannins: a review. **Asian Journal of Plant Sciences**. v.9, p.209–214, 2010.
- ÁVILA A.S. **Taninos Condensados de Acácia Negra (*Acacia mearnsii*) na alimentação de ruminantes**. Marechal Cândido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, p.75, 2018.
- BARRY, T.N e McNABB, W.C. Artigo de revisão: As implicações dos taninos condensados no valor nutritivo de forragens temperadas fornecidas a ruminantes. **British Journal of Nutrition**, v.81, p.263-272, 1999.
- BHATTA, R. et al. Difference in the nature of tannins on in vitro ruminal methane and volatile fatty acid production and on methanogenicarchaea and protozoal populations. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 11, p. 5512-5522, 2009
- BEAUCHEMIN, K.A. et al. Use of condensed 566 tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, p. 1990–1996, 2007.
- BEAUCHEMIN, K. A. et al. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture, East Melbourne**, v. 48, n. 1, p. 21-27, 2008.
- BERÇA, A.S. et al. Meta-analysis of the relationship between dietary condensed tannins and methane emissions by cattle, **Animal Feed Science and Technology**, v.98, p.115564, 2023.
- BEDRAN - RUSSO, A.K., et al. Dentin biomodification: strategies, renewable resources and clinical applications. **Dental Materials**, v.30, n. 1, p. 62–76, 2014.
- BEHERA S.N. et al. Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n.11, p.8092-8131, 2013.

- BERÇA, A.S. et al. 2023. Meta-analysis of the relationship between dietary condensed tannins and methane emissions by cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.298, p. 115564, 2023.
- BRUTTI, D.D. **Taninos na nutrição de bovinos: revisão sistemática e meta análise**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre RS. p. 146, 2021.
- BRUTTI, DD. et al. Effects of the use of tannins on the ruminal fermentation of cattle: A meta-analysis and meta-regression. **Animal Feed Science and Technology**, v. 306, p. 115806, 2023.
- BUENO, I. C. S. et al. In vitro methane production and tolerance to condensed tannins in five ruminant species. **Animal Feed Science and Technology**, v. 205, p. 1–9, 2015.
- CARDOSO-GUTIERREZ, E. et al. Effect of tannins from tropical plants on methane production from ruminants: A systematic review. **Veterinary and Animal Science**, v. 14, p. 100214, 2021.
- CALLAWAY, T.R. et al. Ionophores: their use as ruminant growth promotants and impact on food safety. **Current Issues in Intestinal Microbiology**. v. 4, n. 2, p. 43-51, 2003.
- CARULLA, J.E. et al. Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.56, p. 961–970, 2005.
- COSKUN, D. et al. Nitrogen transformations in modern agriculture and the of biological nitrification inhibition. **Nature plants**, v.3, p.170774, 2017.
- DEVANT, M. et al. Effect of plant extract supplementation on rumen fermentation and metabolism in youg Holstein bulls consuming hig levels of concentrate. **Animal Feed Science and Technology**, v. 137, p.46-57, 2007.
- DOCE, R.R. et al. Effect of the administration of young leaves of *Quercus pyrenaica* on rumen fermentation in relation to oak tannin toxicosis in cattle. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.97, n. 48-57, 2013.
- HARYANTO, B. Manipulating protein degradability in the rumen to support higher ruminant production. WARTAZOA. **Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences**, v. 24, 2014.
- HESS, H.D. et al. Supplementation of a tropical grass diet with forage legumes and *Sapindus saponaria* fruits: effects on in vitro ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. **Australian Journal of Agricultural Research**. v.54, p. 703–713, 2003.
- FRUTOS, P. et al. Digestive utilization of quebracho-treated soya bean meals in sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.134, p. 101-108, 2000.

- HERREMANS, S. et al. Effect of dietary tannins on milk yield and composition, nitrogen partitioning and nitrogen use efficiency of lactating dairy cows: A meta-analysis. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, n.5, p.1209-1218, 2020
- JAYANEGARA, A. et al. Divergence between purified hydrolysable and condensed tannin effects on methane emission, rumen fermentation and microbial population in vitro. **Animal Feed Science and Technology**, v.209, p. 60-68, 2015.
- JOHANSEN, M. et al. 2022. Effect of age and dietary crude protein level on nitrogen excretion in dairy heifers. **Livestock Science**. v. 264 p. 105058, 2022.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica de ruminantes**. 3.ed. Santa Maria (BR): Universidade Federal de Santa Maria, 2011.
- LOTFI, R. A commentary on methodological aspects of hydrolysable tannins metabolism in ruminant: a perspective view, **Letters in Applied Microbiology**, V. 71, n.5, p. 466–478, 2020.
- MAAMOURI, O. A. et al. Effects of concentrate and Acacia cyanophylla foliage on nitrogen balance and milk production for grazing ewes. **Livestock Science**, v.139, p. 264–270, 2011.
- MANFIO, C. M. **Impacto da inclusão de taninos e tratamento térmico do farelo de soja sobre sua fermentação e digestão in vitro**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p.34 2021.
- MARTIN, C et al. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. **Animals**, v. 4, n 3, p. 351-365, 2010.
- MARSHALL, C.J. et al. The effect of feeding a mix of condensed and hydrolyzable tannins to heifers on rumen fermentation patterns, blood urea nitrogen, and amino acid profile. **Livestock Science**, v.263, p.105034, 2022.
- MCSWEENEY, C. S. et al. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v.91, n. 1-2, p. 83-93, 2001.
- MEZZOMO, R. et al. Influence of condensed tannin on intake, digestibility and efficiency of protein utilization in beef steers fed high concentrate diet. **Livestock Science**, 2011; v. 141, p. 1-11, 2011.
- MEZZOMO, R. **Farelo de soja tratado com taninos em dietas com alto teor de concentrado para bovinos de corte**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Tese (Doutorado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, p.170, 2013.

- MORAIS J.A.A. et al. Aditivos. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p. 583, 2006.
- MUELLER - HARVEY, I. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.13, p. 2010- 2037, 2006.
- NAUMMAN, D.H, et al. The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.46, p. 929-949, 2017.
- NCUBE, B. e VAN STADEN, J. Tilting plant metabolism for improved metabolite biosynthesis and enhanced human benefit. **Molecules** (Basel, Switzerland), v. 20, n.7, p.12698–12731, 2015.
- NRC (National Research Council). **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington (DC): National Academy Press; p. 381, 2001.
- PATINO, D.B. **Physicochemical Characterization of Extruded Fish Feeds Having Soybean Meals of Varying Fatty Acid Profiles and Its Utilization on Growth Performance and Body Composition of Domesticated Juvenile Striped Bass (*Morone Saxatilis*)**. Dissertação (Mestrado em Ciência). North Carolina State University, 2022.
- PATRA A.K e SAXENA, J. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.91, p.24–37, 2011.
- ORLANDI, T, et al. 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**, v. 210, p. 37–45, 2015.
- SMERGLIO, A. et al. Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: occurrence, dietary intake and pharmacological effects. **British Journal of Pharmacology**, v.174, n. 11, p.1244–1262, 2017.
- SILVA, T.H. et al. Evaluation of increasing levels of condensed tannin extracted from *Acacia mearnsii* on performance, carcass traits, meat quality, methane emission, and health of finishing Nellore bulls. **Animal Feed Science and Technology**, v.315, p. 116046. 2024.
- STEWART, E. K., et al. Effect of tannin-containing hays on enteric methane emissions and nitrogen partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 97, n 8, p. 3286-3299. 2019
- TAVENDALE, M.H, et al. Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*. and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 123–124, p.403–419, 2005.

- RIGOBELLO, I.L. **Emissão de gases do efeito estufa e amônia a partir das excretas de tourinhos Nelore e submetidos a suplementação energética e taninos.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, p.67, 2022.
- SHAKERI, P. et al. The effect of Pistachio by product extracts treatment in protecting soybean meal and canola meal protein from rumen microbial degradation. **Journal of the Science of Food and Agriculture** rev.14, p. 5222-5229, 2020.
- STORN, E e ORSKOV, E.R. The nutritive value of rumen micro-organisms in ruminants. 1. Large-scale isolation and chemical composition of rumen micro-organisms. **British Journal of Nutrition**, v. 50, p.463-470, 1983.
- VALADARES FILHO, S.C. et al. CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos.
- VOGELS, G. D. et al. Association of methanogenic bacteria with rumen ciliates **Applied and Environmental Microbiology**, v. 40, n;3 p. 608-612, 1980.
- VIEIRA, L.V. et al. 2020. Utilização de taninos como aditivo nutricional na dieta de ruminantes. **Arquivos De Ciências Veterinárias E Zoologia Da UNIPAR**, v. 23, n. p. 2306, 2020.

Autores

Maria Eduarda Pieniz Hamerski, Sofia Luz del Cielo Bonafé, Lauren Machado Pereira, Gilberto Vilmar Kozloski

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil