



**CAIO CORREA JANARDO PEREIRA**

**TANINO CONDENSADO FRENTE AOS DESAFIOS  
INERENTES DA MATRIZ SUÍNA**

**LAVRAS – MG  
2025**

**CAIO CORREA JANARDO PEREIRA**  
**TANINO CONDENSADO FRENTE AOS DESAFIOS INERENTES DA MATRIZ  
SUÍNA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de mestre.

**Orientador:** Dr. Prof. Vinícius de Souza Cantarelli

**LAVRAS – MG**  
**2025**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração  
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com  
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pereira, Caio Correa Janardo .

Tanino condensado frente aos desafios inerentes da matriz suína / Caio Correa  
Janardo Pereira. - 2025.

55 p. : il.

Orientador: Vinicius Cantarelli

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2025.  
Bibliografia.

1. Nutrição de suínos. 2. Fitogênicos. 3. suinocultura. I. Cantarelli, Vinicius . II.  
Universidade Federal de Lavras. III. Título.

**CAIO CORREA JANARDO PEREIRA**

**TANINO CONDENSADO FRENTE AOS DESAFIOS INERENTES DA MATRIZ  
SUÍNA**

**CONDENSED TANNINS FROM THE INHERENT CHALLENGES OF THE SOW**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de mestre.

APROVADO em 3 de Outubro de 2025.

Profa. Dra. Ines Andretta - UFRGS

Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas- UFLA

**Orientador:** Dr. Prof. Vinícius de Souza Cantarelli

**LAVRAS – MG  
2025**

*À Nossa Senhora da Abadia. Obrigado, Mãe, por sempre cuidar do meu caminho*  
***Dedico.***

## AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de todos ao meu Deus. Sem Ele nada posso. Obrigado por nos momentos difíceis me lembrar que Tu estás do meu lado me sustentando. Tu agiste através das pessoas em cada ajuda e em cada sorriso recebido. Mesmo com o desânimo, recordava-me que não há montanha alta o suficiente que consiga bloquear a luz do sol, preciosa luz que brilhava em cada oração.

Agradeço à minha família, que, mesmo distante de mim, me ligava e me motivava. A visita que me fizeram restaurou minhas forças na reta final do experimento. Agradeço à minha namorada, Aurelina, cujo carinho e amor sempre me encorajam. Com vocês, a cruz se torna mais leve.

Este projeto só pôde ser concretizado graças à empresa financiadora, a TANAC, agradeço a vocês pela confiança na equipe do ASIH.

Sou grato à equipe do NESUI e ASIH por terem contribuído para o meu aprendizado e para este projeto. São amigos e colegas profissionais que ainda encontrarei muito pela vida. Agradeço à Animalnutri pela parceria nesse projeto. Gratidão também aos funcionários e empresas envolvidas nas análises laboratoriais que contribuíram para obtermos esses resultados.

Agradeço aqui à minha instituição de ensino, a UFLA, e a todos os professores que durante essa jornada contribuíram para meu aprendizado e para este projeto, em especial, aqueles que participaram da minha banca de qualificação e de defesa final. De modo singular, deixo aqui meus agradecimentos ao meu orientador Professor Vinicius Cantarelli. Obrigado, professor, pela paciência e disposição em confiar em mim, além de todo o conhecimento transmitido. O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Agradeço à AUMA por ceder o espaço para a condução do experimento e à incrível colaboração dos funcionários em nos ajudar, dentro das suas possibilidades, na realização deste experimento. Sem os líderes e a cooperação de cada funcionário, este experimento não seria possível.

Quero agradecer também a todos aqueles que estavam na linha de frente comigo: Leonardo Paiva, Izabel Tavares, Matheus Fagundes, Ana Maris. Excepcionalmente, Leonardo Paiva pela sua dedicação e resiliência. Obrigado, amigo, por persistir até o fim nessa missão e por toda a paciência.

Agradeço àqueles que oraram por mim durante esse caminho árduo. Não há forma de carinho maior que essa. Espero que Deus derrame graças na vida de vocês como abençoou a minha por terminar essa jornada. Agradeço, por fim, a Nossa Senhora, por sua intercessão pela minha paz e pelo fim desta etapa que reverberará pela minha vida.

## RESUMO

O melhoramento genético das matrizes hiperprolíficas impulsionou a suinocultura nas últimas décadas. Entretanto, esse avanço tem sido acompanhado por um aumento na produção de radicais livres e processos inflamatórios, comprometendo a reprodução das mesmas. O tanino condensado surge como alternativa promissora para mitigar tais efeitos adversos. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a inclusão do tanino condensado na dieta de matrizes suínas e seus efeitos no estresse, desempenho produtivo e saúde intestinal das fêmeas, além de avaliar os impactos no desempenho das suas respectivas leitegadas. Foram utilizadas 180 matrizes distribuídas em um delineamento em blocos causalizados, com três tratamentos nas dietas de gestação e lactação: CON – Controle (sem tanino condensado); TanB – 1,5 kg de tanino condensado, TanA – 2,0 kg de tanino condensado. A espessura de toucinho e o peso das matrizes foram mensurados depois da inseminação, na saída do galpão de gestação e na saída do galpão de maternidade. O consumo de ração foi mensurado da transferência da matriz para baia coletiva (5°-10° dia de gestação) até o 19° dia de lactação. Foram realizadas as análises de microbioma fecal, bromatologia do colostro, concentração de IgG no colostro, concentração de cortisol e serotonina salivar, concentração de IL-10 e IL-6 e o status redox do sangue para avaliar os parâmetros fisiológicos das fêmeas. Para os leitões foram avaliados o peso ao nascimento e peso ao desmame, além do índice de diarreia, mortalidade e descarte. Foi observada uma tendência de aumento no consumo de ração ( $p = 0,063$ ) nos tratamentos com tanino em relação ao controle. Em relação à resposta ao estresse, o tanino reduziu a concentração de cortisol no primeiro dia de lactação ( $p < 0,05$ ) e apresentou tendência de maior concentração de IL-10 no 10° dia de lactação para o grupo TanA em comparação ao CON ( $p = 0,08$ ). Observou-se maior atividade da catalase no grupo TanA no 85° dia de gestação ( $p < 0,05$ ), maior atividade da SOD no grupo TanB em relação ao controle no primeiro dia de lactação, bem como menor reação do TBARS no TanA no 18° dia de lactação ( $p < 0,05$ ). No 18° dia de lactação, houve tendência de diferença na diversidade beta entre os tratamentos ( $p = 0,05$ ), com maior abundância relativa da família *Peptococcaceae* e da espécie *Lactobacillus reuteri*, além de menor abundância das famílias *Spirochaetaceae* e *Enterobacteriaceae* e da espécie *E. coli* ( $p < 0,05$ ). A ração suplementada com tanino condensado diminuiu o estresse das matrizes no parto. Próximo ao desmame, a concentração de 2 Kg/tonelada foi capaz de aumentar a saúde intestinal e diminuir a oxidação lipídica.

Palavras-chave: aditivo; nutrição; *Acacia mearnsii*; suinocultura; resposta imune; microbiota.

## ABSTRACT

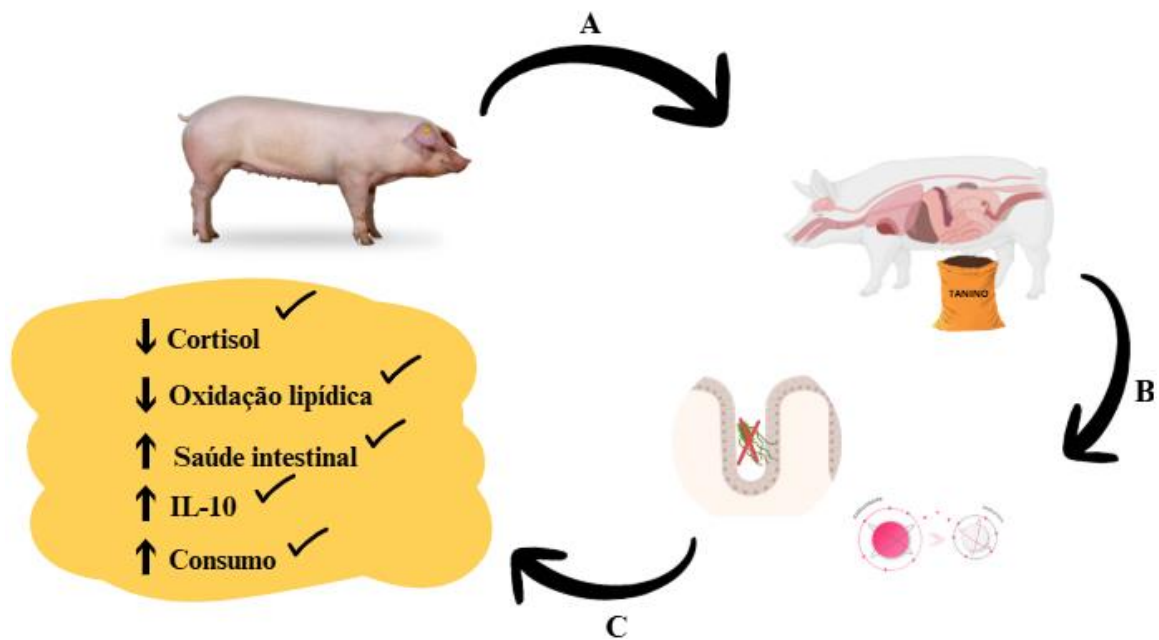
Genetic improvement of hyperprolific sows has boosted swine production in recent decades. However, this advancement has been accompanied by an increase in the production of free radicals and inflammatory processes, compromising their reproduction. Condensed tannin emerges as a promising alternative to mitigate these adverse effects. Therefore, the objective of this study was to evaluate the inclusion of condensed tannin in the diet of sows and its effects on stress, productive performance, and intestinal health of the females, as well as to evaluate the impacts on the performance of their respective litters. 180 sows were used, distributed in a randomized block design, with three treatments in the gestation and lactation diets: CON – Control (without condensed tannin); TanB – 1.5 kg of condensed tannin; TanA – 2.0 kg of condensed tannin. Backfat thickness and sow weight were measured after insemination, at the exit of the gestation barn and at the exit of the farrowing barn. Feed intake was measured from the transfer of the sow to the group pen (5th-10th day of gestation) until the 19th day of lactation. Fecal microbiome analysis, colostrum bromatology, IgG concentration in colostrum, salivary cortisol and serotonin concentration, IL-10 and IL-6 concentration, and blood redox status were performed to evaluate the physiological parameters of the females. For the piglets, birth weight and weaning weight were evaluated, as well as the incidence of diarrhea, mortality, and culling. A tendency for increased feed intake ( $p = 0.063$ ) was observed in the tannin treatments compared to the control. Regarding the stress response, tannin reduced cortisol concentration on the first day of lactation ( $p < 0.05$ ) and showed a tendency for a higher IL-10 concentration on the 10th day of lactation for the TanA group compared to the CON group ( $p = 0.08$ ). Higher catalase activity was observed in the TanA group on the 85th day of gestation ( $p < 0.05$ ), higher SOD activity in the TanB group compared to the control on the first day of lactation, as well as a lower TBARS reaction in TanA on the 18th day of lactation ( $p < 0.05$ ). On the 18th day of lactation, there was a trend towards a difference in beta diversity between treatments ( $p = 0.05$ ), with a higher relative abundance of the Peptococcaceae family and the *Lactobacillus reuteri* species, in addition to a lower abundance of the Spirochaetaceae and Enterobacteriaceae families and the *E. coli* species ( $p < 0.05$ ). The diet supplemented with condensed tannin reduces stress in sows at farrowing. Near weaning, the concentration of 2 kg/ton was able to increase intestinal health and decrease lipid oxidation.

Keywords: additive; nutrition; *Acacia mearnsii*; pig farming; immune response; microbiota.

Tanino condensado frente aos desafios inerentes da matriz suína moderna.  
Elaborado por Caio Correa Janardo Pereira e orientado por Prof<sup>o</sup> Dr. Vinícius de Souza Cantarelli.

Esta dissertação representa o primeiro estudo a avaliar a inclusão de tanino condensado como um aditivo na alimentação de matrizes suínas. Foi realizado um estudo *in vivo* para a obtenção de parâmetros zootécnicos das matrizes e de suas leitegadas, além de análises no colostro, sangue, saliva e fezes. Foram realizadas análises no sangue para mensurar o status redox e as concentrações de IL-6 e IL-10, composição bromatológica do colostro, mensuração de IgG no colostro, mensuração de cortisol e serotonina e microbioma fecal. Os resultados demonstraram que o tanino condensado reduz o estresse no dia do parto, diminui a susceptibilidade à oxidação no período próximo ao desmame e promove melhor equilíbrio da microbiota fecal, evidenciando seu potencial para aumentar a resiliência das matrizes frente aos desafios produtivos e favorecer a saúde das suas progênes.

### Representação esquemática:



**A) Inclusão de tanino condensado na dieta das matrizes; B) Tanino condensado age com seu efeito antimicrobiano, antioxidante e antiinflamatório; C) Principais resultados obtidos com o uso do tanino.**

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal e nutricional das dietas das matrizes em gestação.....	31
Tabela 2 - Composição centesimal e nutricional das dietas das matrizes em lactação.....	32
Tabela 3 - Desempenho das matrizes suínas na gestação e lactação.....	38
Tabela 4 – Desempenho dos leitões.....	39
Tabela 5 - Índice de matrizes suínas medicadas.....	39
Tabela 6 - Índices de diarreia, mortalidade e descarte de leitões.....	39
Tabela 7. Composição bromatológica e níveis de IgG do colostro das matrizes às 6 horas pós-parto.....	40
Tabela 8. Status redox do sangue das matrizes no 85º dias de gestação, 1º dia de lactação e 18º dias de lactação Concentração de IL-6 e IL-10 no 10º e no 18º dia de lactação.....	41
Tabela 9 Concentração de IL-6 e IL-10 no 10º e no 18º dia de lactação.....	41
Tabela 10. Concentração de cortisol e serotonina salivar das matrizes no dia do parto e no 6º dia de lactação.....	42

## **INDICADORES DE IMPACTOS**

O presente trabalho trouxe lucidez para o uso de uma tecnologia fitogênica chamada tanino que não foi testada na alimentação de matrizes suínas. Sabe-se que é um grande desafio para o produtor manter uma matriz no seu plantel, visto que elas estão cada vez mais sendo exigidas metabolicamente, causando estresse. Com o tanino aplicado na alimentação das matrizes, os níveis de cortisol diminuíram, o status redox melhorou e a microbiota intestinal se tornou mais resiliente, além do consumo desses animais aumentar. Portanto, foi importante validar esta tecnologia a campo para o produtor de suíno ou a agroindústria possam incluir com segurança tanino na dieta de matrizes suínas.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>12</b>
1 INTRODUÇÃO .....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 O desafio da matriz moderna hiperprolífica .....	13
2.2 Relação entre estresse oxidativo e saúde intestinal.....	14
2.2.1 Os três eixos da saúde intestinal: barreira intestinal, sistema imune e microbiota .....	14
2.2.2 Estresse oxidativo em matrizes suínas nas fases de gestação e lactação.....	15
2.3 Características do tanino condensado .....	17
2.3.1 Tanino como modulador da microbiota intestinal.....	18
2.3.2 Tanino condensado como modulador da resposta inflamatória e do estresse oxidativo.....	18
2.3.3 Impacto do tanino na saúde intestinal dos suínos .....	19
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	21
REFERÊNCIAS .....	22
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>25</b>
ARTIGO.....	25

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO

O cenário atual da suinocultura brasileira é caracterizado por matrizes com elevada prolificidade. O aumento do número de leitões exigirá maior demanda metabólica dos tecidos maternos, em especial o mamário e uterino. Para suprir essas exigências, intensifica-se a respiração celular, elevando a produção mitocondrial de radicais livres além da capacidade compensatória do sistema antioxidante, desencadeando uma hiperestimulação do sistema imune que provoca um desequilíbrio na microbiota intestinal. Para prevenir tais disfunções e a ação de patógenos oportunistas no intestino, podem ser adotadas estratégias indiretas, como manejo e ambiência que reduzem o estresse animal e, conseqüentemente, a ativação de mecanismos pró-inflamatórios. Além disso, há também estratégias nutricionais que contribuem no combate a patógenos, na neutralização de radicais livres, na estimulação de fatores antioxidantes e na modulação da resposta imune.

Uma das alternativas para atenuar esses efeitos é o uso de tanino. Esta substância fitogênica foi por muito tempo evitada na alimentação de monogástricos, pois em altas concentrações, torna-se um fator antinutricional na alimentação. No entanto, mais recentemente, foi descoberto que essa substância, em doses controladas, pode promover um efeito antimicrobiano benéfico para a saúde intestinal de animais não ruminantes. Com o intuito de explorar essa propriedade, estudos foram realizados usando o tanino como um aditivo antimicrobiano nas fases de crescimento e terminação e, principalmente, na fase de creche, devido aos desafios inerentes ao período de desmame.

Além disso, o tanino tem a capacidade de doar uma molécula de hidrogênio para um radical livre, tornando-se um eficaz agente antioxidante e também possui a propriedade de estimular a produção de fatores antioxidantes. O efeito anti-inflamatório associado aos taninos decorre, em grande parte, da sua ação antioxidante.

Apesar do reconhecimento desses mecanismos, ainda são escassos os estudos que avaliem o uso do tanino condensado em períodos críticos de estresse na suinocultura, como a gestação e lactação. Considerando seu potencial, o tanino condensado pode ser um aditivo promissor na dieta de matrizes, justificando a realização de pesquisas direcionadas a esta fase.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Os desafios da matriz suína hiperprolífica

Os avanços recentes da genética suína tornaram a fêmea hiperprolífica. Por mais que um número maior de suínos nascidos seja interessante na produção, isto exige mais da fisiologia das matrizes que, por sua vez, terão maior demanda nutricional durante estas gestações mais intensas. Isso comprometerá o desempenho zootécnico e a longevidade das matrizes dentro do plantel (HONG *et al.*, 2024).

Cerca de 75 a 80% das necessidades nutricionais das matrizes são destinadas à produção de leite e apenas 20 a 25% para a sua manutenção (DE BETTIO *et al.*, 2015). Os programas de melhoramento genético foram capazes de desenvolver matrizes com alta produção de leite, mas sem um alto índice de consumo (RODRIGUÍZ *et al.*, 2023). Como o foco da seleção genética de animais destinados à linha de abate foi o aumento da eficiência alimentar, isso afetou negativamente os índices de consumo das matrizes (DE BETTIO *et al.*, 2015).

A característica mais evidente das matrizes modernas é o aumento do número de nascidos por fêmea que chega a 40 desmamados por fêmea/ano em plantéis de alta produtividade. Todavia, essa evolução não foi acompanhada pelo aumento do peso ao nascimento, e sim pela diminuição no peso médio dos leitões (THEIL *et al.*, 2023). Tal problema desencadeia um efeito em cascata na produção, pois leitões com baixo peso ao nascimento apresentam taxa de crescimento comprometida em todas as fases subsequentes, com agravamento progressivo à medida que se aproximam do abate. (THEIL *et al.*, 2023).

Esse número maior de leitões também demanda da matriz mais energia dela durante o parto, tornando maiores suas chances de gerar um número maior de natimortos. Principalmente, os últimos animais nascidos são os mais suscetíveis a nascerem mortos, visto que, as chances de danos ao cordão umbilical desses animais aumentam conforme passa o tempo, levando-os à morte por asfixia. Os últimos leitões a nascerem apresentam maior concentração de lactato e menor pH sanguíneo quando comparado aos primeiros, dificultando sua sobrevivência (SCHOOS *et al.*, 2023).

Nas avaliações do trabalho de Schoos *et al.* (2023), os autores observaram que existia uma relação entre um tempo prolongado do nascimento do leitão a partir do início do parto e o baixo peso ao nascimento com o aumento da mortalidade 24 horas após o parto, indicando que os leitões nascidos por último e os leitões menos pesados contribuíram para aumentar a mortalidade dos leitões nas primeiras 24 horas de vida.

Para o produtor ter retorno financeiro ao investir em uma matriz suína, é necessário que ela ao menos passe por três ciclos reprodutivos. Logo, a longevidade das matrizes é um fator que afeta economicamente a granja (HONG *et al.*, 2019). Os fatores que causam o descarte precoce da matriz são baixa produtividade, problemas nos tetos, patologias no sistema locomotor e distúrbios reprodutivos, sendo o último o principal fator.(POULSEN *et al.*, 2020). O tempo ideal para retirar uma fêmea do plantel varia conforme os custos para mantê-la na granja ou repor um novo animal. Todavia, devido ao desgaste catabólico que as matrizes modernas enfrentam a cada ciclo reprodutivo, elas passam por maiores taxas de estresse oxidativo comparadas às genéticas anteriores e, conseqüentemente, são substituídas mais precocemente (HONG *et al.*, 2019).

## **2.2 Relação entre estresse oxidativo e saúde intestinal**

### **2.2.1 Os três eixos da saúde intestinal: barreira intestinal, sistema imune e microbiota**

A nutrição dos animais é extremamente dependente da homeostase do intestino para que os enterócitos consigam absorver os nutrientes adequadamente. Mudanças na arquitetura intestinal, como vilos curtos, criptas profundas ou uma razão desregulada entre elas prejudica a ação enzimática e absorviva do intestino. Essas modificações podem ser desencadeadas por diversos fatores, incluindo infecções, mudanças na dieta e condições extraintestinais. A defesa desenvolvida pelo intestino contra essas mudanças consiste em três partes: barreira intestinal, sistema imune e microbiota. Entender a interação biológica e o mecanismo de proteção proporcionado por cada um poderá ser a chave para o desenvolvimento de novas tecnologias que promovam saúde intestinal (ST-PIERRE; PEREZ PALENCIA; SAMUEL, 2023).

A barreira intestinal é o primeiro componente do intestino que age protegendo contra patógenos. Ela é formada por uma camada de muco contendo mucina e proteínas antimicrobianas que impedem a ligação de microrganismos invasores. Abaixo dela vem a camada epitelial com as junções firmes que vedam e permitem a passagem seletiva do que entra ou sai no espaço paracelular. Há também a camada de células imunes que identificam e produzem resposta contra agentes invasores (ST-PIERRE; PEREZ PALENCIA; SAMUEL, 2023).

O sistema imune é presente na região intestinal através dos linfonodos e GALT (tecido linfoide associado ao trato gastrointestinal). Cerca de 70% do tecido imunológico está localizado no intestino, razão pela qual qualquer distúrbio intestinal pode comprometer o

sistema imune do indivíduo. Sua principal função é criar uma resposta de defesa contra os agentes invasores através do reconhecimento de PAMP's (padrões de reconhecimento de patógenos) ou DAMP's (padrões de reconhecimento de dano) pelos receptores celulares de reconhecimento de padrões. Após a identificação, o fator de transcrição NF- $\kappa$ B aciona a produção de citocinas, as quais estimulam a ação das células inflamatórias para o combate (GONÇALVES *et al.*, 2016).

A quantidade de grupos de microrganismos localizado em determinado ambiente é chamada de microbiota e isto inclui, não só bactérias, mas também vírus, fungos e arqueias. O intestino tem a sua própria microbiota composta por bactérias comensais, que exercem papéis importantes na manutenção da saúde do hospedeiro. Entre eles está a competição contra patógenos para sobreviver no intestino e, assim, impedir a proliferação desses microrganismos indesejados. A microbiota intestinal prepara o sistema imune para uma resposta eficaz no combate contra patógenos e não uma resposta hiperestimulada que posteriormente comprometerá o animal, por isso a resiliência do sistema imunológico é dependente da microbiota. Além disso, a microbiota intestinal ainda exerce função nutricional produzindo ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato) e vitaminas (B12 e K) para o animal (ST-PIERRE; PEREZ PALENCIA; SAMUEL, 2023). A microbiota não é uniforme ao longo do trato intestinal e varia também com idade, raça, ambiente e nutrição oferecida ao animal (LIAO *et al.*, 2024).

### **2.2.2 Estresse oxidativo em matrizes suínas nas fases de gestação e lactação**

Radicais livres são um dos agentes causadores de estresse no organismo da fêmea. Eles são espécies desemparelhadas de um elétron da sua estrutura atômica, os quais são extremamente instáveis e agem como redutores (perdem elétron) ou oxidantes (recebem elétron). Exemplos de radicais livres (espécies reativas) são óxido nítrico (NO), alcoxi (-OR), peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), hidroxila (OH) e superóxido (O<sub>2</sub>). A produção de espécies reativas a oxigênio (ERO) na mitocôndria ocorre majoritariamente na cadeia de transporte de elétrons: complexo I (NADH desidrogenase) e complexo III (ubiquinonacitocromoreductase). Os complexos I ou II transferem elétrons para coenzima Q (ubiquinona), levando à formação de superóxido por transferir elétrons diretamente para a molécula de oxigênio (LI *et al.*, 2022). O superóxido gera elétrons microssomais e mitocondriais e, com exceção do citocromo oxidase, os elementos presentes na cadeia respiratória mitocondrial sofrem danos oxidativos, pois

transferem elétrons para o oxigênio sem reter qualquer redução intermediária de oxigênio em seu sítio ativo para proteger a célula (CHAUDHARY *et al.*, 2023).

Este mecanismo é fisiológico dos animais, porém o que torna a oxidação estressante é quando a quantidade de fatores antioxidantes não consegue suprir o número de radicais livres produzidos. Entre as possíveis causas desse tipo de estresse estão a radiação ionizante, radiação ultravioleta, produtos químicos e toxinas (LI *et al.*, 2022). Além disso, há patologias que desencadeiam o estresse oxidativo como isquemia, lesão profunda, câncer, sepse, problemas cardíacos e inflamação crônica (CHAUDHARY *et al.*, 2023).

Em relação às matrizes, o estresse oxidativo afeta negativamente as fêmeas desde a ovulação. Esse desequilíbrio redox acelera os processos de atresia folicular e apoptose das células da granulosa, uma vez que ativa a via inflamatória MAPK promovendo disfunções ovarianas que comprometem a fertilidade dos animais (ZHAO *et al.*, 2025). Nos períodos de gestação e lactação também provocam tal distúrbio redox, visto que esses animais demandam muito oxigênio para suprir as necessidades metabólicas dos novos tecidos em desenvolvimento e dos próprios fetos, causando danos aos lipídeos, proteínas e DNA das células das fêmeas (HONG *et al.*, 2024).

A extensão dessa deterioração do DNA varia com a fase da matriz. Por exemplo, no terço inicial da gestação, atinge 21% do DNA, já no restante da gestação até o desmame o dano varia entre 38 a 47%. Consequentemente, esse estresse oxidativo compromete o potencial genético dessas fêmeas suínas em índices reprodutivos, além de reduzir o consumo das matrizes, justamente no período em que elas mais precisam de energia por conta do seu catabolismo lactacional (LI *et al.*, 2022). Em um estado de homeostase ideal, a quantidade de antioxidantes como superóxido dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px) e catalase (CAT) inibiriam a ação dos metabólitos provenientes do processo de oxidação (HONG *et al.*, 2024).

As espécies reativas a oxigênio são indutoras de inflamação, uma vez que estimulam a produção de fatores pró-inflamatórios como TNF- $\alpha$ , IL-6 e IL-1 $\beta$  através das vias NF- $\kappa$ B, JAK/STAT e MAPK. Ademais, células inflamatórias também liberam radicais livres no local onde estão agindo (BISWAS, 2016).

No contexto intestinal, a inflamação torna o ambiente impróprio para as comunidades bacterianas comensais, causando uma disbiose intestinal. Os patógenos aproveitam a ausência de competidores da microbiota benéfica para se instalarem na mucosa intestinal e se proliferarem, gerando mais inflamação. Por outro lado, uma microbiota resiliente prepara melhor o sistema imune para uma ação mais eficaz no combate contra o patógeno e, em

decorrência disso, menos as chances de um distúrbio oxidativo. Tanto a disbiose como o estresse oxidativo e a inflamação não agem isolados no intestino, cada um potencializa a ação do outro (LI *et al.*, 2023).

### 2.3 Características do tanino condensado

Os fitobióticos ou fitogênicos são aditivos oriundos de plantas com capacidade antimicrobiana. Entre eles, destacam-se os taninos, compostos que desempenham papel essencial na defesa das plantas contra predadores e microrganismos

O tanino pode ser encontrado de três formas na natureza: hidrolisado (núcleo poliol esterificado com ácidos fenólicos), condensado (flavonoides, poliméricos e oligoméricos) e florotaninos, sendo o último só encontrado em algas marrons (HUANG *et al.*, 2018). As diferenças entre os taninos hidrolisados e os condensados estão no seu peso molecular e na sua complexibilidade. O tanino condensado é mais pesado, com 1.000 a 20.000 Da, e o hidrolisado tem de 500 a 3.000 Da, sendo que o tanino hidrolisado possui estruturas moleculares mais simples (hidrólises feitas por ácidos, bases e esterases), já no tanino condensado são necessárias hidrólises oxidativas e ácidas capazes de despolimerizar as ligações por serem mais complexas (HUANG *et al.*, 2018).

As duas principais fontes de tanino que as indústrias utilizam para a produção desse aditivo na alimentação vêm de duas diferentes plantas: a *Castanea sativa Mill* para a fabricação do tanino hidrolisado e o *Schinopsis* para o tanino condensado. Ambas por muito tempo eram exploradas para o curtimento de couro, mas, devido a suas altas concentrações de tanino e sua biodisponibilidade o ano todo, são usadas para a extração de tanino (CAPRARULO; GIROMINI; ROSSI, 2021).

O tanino condensado no trato digestório é dependente do pH do suco gástrico para ser clivado em flavan-3-ol, o qual o intestino consegue absorver em pequenas quantidades sem metabolização prévia. No entanto, oligômeros que não passaram pelo espaço paracelular, por conta do seu tamanho, serão catabolizados pelo cólon para a produção de ácidos hidroxifenólicos como fenilvalérico, ácidos fenilpropionico e fenilacético, ácidos benzóicos que possuem propriedades antimicrobianas (GIRARD; BEE, 2020).

Todavia, o ingrediente que contém grandes concentrações de tanino tem seu valor diminuído na produção animal, porque, em doses inadequadas, funciona como um fator antinutricional aos animais monogástricos (HUANG *et al.*, 2018). Essa capacidade

antinutricional, provavelmente, consiste na formação de complexos proteicos a partir de ligações de hidrogênio entre o radical da hidroxila e oxigênio da amida e ligações hidrofóbicas entre o anel aromático e as regiões hidrofóbicas da proteína, comprometendo a taxa de digestibilidade no intestino (BESHARATI *et al.*, 2022).

Apesar dos efeitos indesejáveis desta substância, pesquisas realizadas *in vitro* e *in vivo* com frango de corte mostraram que essa substância tinha também uma capacidade antimicrobiana e, posteriormente, descobriram atividade antiviral, antifúngica e antioxidante. Em seguida, esse aditivo passou também a ser testado em suínos. Logo, observou-se, por meio de pesquisa, que o tanino em doses controladas tem o potencial para ser um substituto dos antibióticos melhoradores de desempenho (CAPRARULO; GIROMINI; ROSSI, 2021; SCHNEIDER *et al.*, 2024).

### **2.3.1. Tanino como modulador da microbiota intestinal**

O uso de antibióticos como melhoradores de desempenho na agroindústria tem uma forte tendência em ser substituído por outros produtos antimicrobianos e um maior controle da biossegurança dentro das granjas. Esse movimento global promove o combate contra os genes de multirresistência das bactérias patogênicas oriundas do uso de antibióticos, levando governos a restringirem ou até proibirem a utilização de alguns desses medicamentos para fins profiláticos na produção animal (RAHMAN; FLISS; BIRON, 2022). Mesmo assim, a produção de antibióticos tem a previsão de aumentar 8% até 2030 (LIU *et al.*, 2024). Frente a esse problema, as pesquisas com o uso de tanino na suinocultura se concentram na fase de creche, crescimento e terminação (CAPRARULO; GIROMINI; ROSSI, 2021; HUANG *et al.*, 2018) justamente para explorar os efeitos antimicrobiano no tanino como melhorador de desempenho nas fases em que o foco maior é o ganho de peso e a menor conversão alimentar (THEIL *et al.*, 2023).

O aditivo tanino possui diversos mecanismos de ação no combate contra microrganismos patogênicos. Entre eles, está a quelação de ferro usado no metabolismo das bactérias através do grupo o-dihidroxifenil. A parede celular das bactérias realiza uma importante proteção para o microrganismo, e o tanino age inibindo as enzimas que formam esse envoltório, aumentando a permeabilidade da membrana e deixando os patógenos fragilizados (FARHA *et al.*, 2020).

Outra forma, além do “combate direto” que o tanino proporciona, é mitigando a virulência dos microrganismos. O tanino impede a formação de biofilmes, como demonstrado em estudos com *Staphylococcus aureus*, no qual esse aditivo é relacionado à produção de

proteína IsaA (antígeno A estafilocócico imunodominante) que quebra ligações  $\beta$ -1,4-glicosídicas entre MurNAc e GlcNAc no peptidoglicano da camada (FARHA *et al.*, 2020).

O *Quorum sensing* é a capacidade de microrganismos controlarem a expressão gênica do seu grupo, e alguns dos sinalizadores responsáveis por essa comunicação são bloqueados pelo tanino, como nas bactérias *Pseudomonas aeruginosa* e *Salmonella*. As atividades das enzimas bacterianas, fímbrias, fatores tóxicos e motilidade são fatores de virulência que são inibidas pelo tanino, segundo relatos da literatura que avaliaram diferentes fontes de tanino e contra diferentes patógenos (FARHA *et al.*, 2020).

### **2.3.2. Tanino condensado como modulador da resposta inflamatória e do estresse oxidativo**

Segundo Melo *et al.* (2023), a hidroxila do tanino funciona como um antioxidante doando um elétron, portanto eliminando os radicais livres da célula. Os polifenóis também têm a capacidade de induzir os genes das células a produzir fatores antioxidantes através na sinalização Nrf2/Keap1 (ZHANG *et al.*, 2024).

Em condições basais, A Keap1 é uma proteína rica em cisteína que atua como regulador Nrf2, degradando-o e impedindo seu aumento no citoplasma da célula. O estresse oxidativo modifica a cisteína da Keap1, resultando na interrupção do complexo Keap1–Nrf2, um evento chave que favorece a concentração do Nrf2 no citoplasma. Tal acúmulo ocasiona a translocação dos sinalizadores Nrf2 para o núcleo da célula. Nesse compartimento celular, Nrf2 forma um complexo com uma das proteínas sMaf. Esses complexos se ligam ao DNA específico chamado elemento de resposta Oxidante (ARE), o qual ativam a resposta antioxidante da célula com a produção de enzimas como a superóxido dismutase e a catalase, e na síntese e regeneração de glutathione (SALMAN; PAULET, 2025).

O efeito antioxidante dos taninos age diminuindo a inflamação, porque o estresse oxidativo induz a processos inflamatórios, ou seja, o tanino quando neutraliza os radicais livres também, indiretamente, atenua as vias pró-inflamatórias.

Entretanto há também muitos outros mecanismos fisiológicos de ação direta dos polifenóis para mitigar a inflamação. Esses compostos induzem ao aumento de citocinas anti-inflamatórias, reduzindo as pró-inflamatórias nas células T e macrófagos. Além disso, aprimoram também a função das células natural killer (OIRDI, 2024). Dentre os polifenóis, destacam-se os flavonoides, que possuem a capacidade de modular proteínas cinases, impedindo a ativação da via de sinalização NF- $\kappa$ B e, conseqüentemente, a transcrição de genes pró-inflamatórios. Além disso, esses compostos suprimem a atividade de fosfodiesterases,

responsáveis pela hidrólise do AMP cíclico, e inibem diversas enzimas envolvidas no processo inflamatório, como a óxido nítrico sintase (NOS), a tirosina quinase (TK), a fosfolipase A<sub>2</sub> (PLA<sub>2</sub>) e a proteína quinase C (PKC). Também atuam sobre as enzimas ciclooxigenase (COX) e lipoxigenase (LOX), ambas diretamente relacionadas à biossíntese de prostanoídes e leucotrienos (RAKHA et al., 2022; OIRDI, 2024).

Como discutido anteriormente, o estresse oxidativo e a inflamação apresentam uma relação bidirecional, em que um processo estimula e intensifica o outro. Nesse contexto, os taninos condensados, por possuírem propriedades imunomoduladoras e antioxidantes, exercem influência sobre ambos os mecanismos.

### 2.3.3. Impacto do tanino condensado na saúde intestinal dos suínos

A dose de inclusão do tanino na dieta influencia no desempenho dos leitões. Inclusões abaixo de 1% de tanino em suínos desmamados não melhoram os índices zootécnicos, já a inclusão de 2% aumenta o consumo diário e o ganho de peso médio dos leitões. Quando a inclusão é acima de 3%, torna-se tóxico para o suíno. Tendo isso em vista, é necessário ter atenção à dieta, porque ingredientes ricos em tanino podem aumentar a quantidade total de tanino da ração, prejudicando os animais. Tantos leitões desmamados com 1% de tanino, quanto com 2% de tanino na dieta tiveram uma diminuição no índice de diarreia. Todavia, a inclusão de 2% obteve uma menor presença de *Escherichia coli* nas fezes, caracterizando uma menor transmissibilidade (CAPRARULO; GIROMINI; ROSSI, 2021).

Pesquisadores, ao realizarem estudos *in vitro*, já relataram a capacidade do tanino de diminuir a carga de patógenos e demonstraram potencial para o aumento de microrganismos comensais. *In vivo*, o aditivo foi capaz de reduzir a carga de *Escherichia coli* nas fezes e o índice de diarreia dos leitões (CAPRARULO; GIROMINI; ROSSI, 2021). TAN *et al.* (2023) desenvolveu um estudo comparando três diferentes aditivos, óxido de zinco, peptídeo antimicrobiano e tanino para os parâmetros de imunoglobulina, interleucinas e fatores antioxidantes, ambos tendo resultados sem diferença estatística entre si, mostrando, portanto, que o tanino é tão eficaz quanto os aditivos bem consolidados no mercado. Nesse mesmo estudo, o tratamento com o tanino promoveu maior crescimento da *Treponema 2*, composto por bactérias celulolíticas, o que provavelmente contribuiu para a maior digestibilidade dos nutrientes observada nesse tratamento em comparação ao que continha óxido de zinco. O tanino também demonstrou efeitos benéficos sobre a microbiota intestinal em outros estudos, como o de Souza *et al.* (2024), que observaram maior abundância do gênero *Enterococcus spp.* em

tratamentos com tanino, cujas espécies estão associadas ao controle de diarreia e à produção de ácidos orgânicos. Por outro lado, há trabalhos em que o tanino não desenvolveu nenhuma mudança relevante no perfil do microbioma intestinal em leitões desafiados com *E. coli*, enquanto, com óxido de zinco, houve mudanças importantes. Ainda assim, quando comparado ao tratamento controle, o tanino levou ao aumento nas proteínas ocludinas do jejuno e íleo (YI *et al.*, 2023). Nesse mesmo trabalho, não foram encontradas mudanças na estrutura intestinal entre o tratamento controle e aquele com o aditivo tanino. Diferentemente, na pesquisa de Zhang *et al.* (2023), observaram que o tanino impactou positivamente nos leitões desafiados por *E. coli* na morfologia intestinal do duodeno e íleo de forma mais eficaz que o tratamento com óxido de zinco. Segundo a meta-análise de Nuamah *et al.* (2024), o tanino beneficia a morfometria intestinal. Além disso, Zhang *et al.* (2023) tiveram resultados relevantes na saúde do intestino como um todo, observando diminuição de DAO (diaminaoxidase) da circulação sanguínea, representando melhora na integridade da barreira intestinal e diminuindo concentrações de MDA (malondialdeído) e MPO (mieloperoxidase), que indicam menos estresse oxidativo e inflamação intestinal, respectivamente. Os achados de Liu, Hu, Mahfuz (2020) também corroboram o uso do tanino na alimentação dos animais suscetíveis a desafios estressantes, pois esses autores observaram um aumento de fatores antioxidante tanto no sangue como no tecido intestinal, diminuição de MDA no sangue e uma melhor resposta imunológica com aumento de IgM em leitões de creche.

## 2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há uma crescente demanda por estratégias que mitiguem o estresse oxidativo e a inflamação em animais durante os períodos críticos do ciclo produtivo, com o objetivo de otimizar o desempenho zootécnico. Essa necessidade visa desenvolver as áreas de ambiência, manejo e nutrição em relação à matriz suína, a fim de sustentar o maior número de leitões nascidos oriundos do melhoramento genético nos últimos anos.

O tanino condensado, conforme relatado em estudos anteriores, apresenta atividade antimicrobiana capaz de modular positivamente a microbiota intestinal de suínos, reduzindo o estresse oxidativo e a resposta pró-inflamatória. Essas propriedades favorecem o desempenho zootécnico dos animais. Espera-se que as alterações fisiológicas promovidas pela inclusão de taninos na dieta das matrizes minimizem perdas energéticas e nutricionais associadas a processos inflamatórios exacerbados, ao estresse oxidativo e a disbiose intestinal, permitindo que os recursos metabólicos sejam direcionados à produção e ao desempenho reprodutivo.

Não há estudos na literatura sobre o uso do tanino condensado nas fases de gestação e lactação da matriz suína. Assim, a hipótese deste projeto é que o tanino condensado na dieta de matrizes suínas melhore o desempenho das fêmeas e de suas progênes e favoreça a saúde intestinal e uma resposta inflamatória e oxidativa controlada das matrizes suínas.

## REFERÊNCIAS

- BESHARATI, M. *et al.* Tannin in Ruminant Nutrition: Review. **Molecules**, v. 27, n. 23, p. 1–26, 2022.
- BISWAS, S. K. Does the Interdependence between Oxidative Stress and Inflammation Explain the Antioxidant Paradox? **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2016, p. 17–19, 2016.
- CAPRARULO, V.; GIROMINI, C.; ROSSI, L. Review: Chestnut and quebracho tannins in pig nutrition: the effects on performance and intestinal health. **Animal**, v. 15, n. 1, p. 100064, 2021.
- CHAUDHARY, P. *et al.* Oxidative stress, free radicals and antioxidants: potential crosstalk in the pathophysiology of human diseases. **Frontiers in Chemistry**, v. 11, n. May, p. 1–24, 2023.
- DE BETTIO, S. *et al.* Impact of feed restriction on the performance of highly prolific lactating sows and its effect on the subsequent lactation. **Animal**, v. 10, n. 3, p. 396–402, 2015.
- FARHA, A. K. *et al.* Tannins as an alternative to antibiotics. **Food Bioscience**, v. 38, n. January, p. 100751, 2020.
- GIRARD, M.; BEE, G. Invited review: Tannins as a potential alternative to antibiotics to prevent coliform diarrhea in weaned pigs. **Animal**, v. 14, n. 1, p. 95–107, 2020.
- GONÇALVES, J. L. *et al.* Bases do Sistema Imunológico Associado à Mucosa Intestinal. **Sistema Digestório: Integração Básico-Clinica**, n. November, p. 369–388, 2016.
- HONG, C. *et al.* Accurate models and nutritional strategies for specific oxidative stress factors: Does the dose matter in swine production? **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 15, n. 1, p. 1–16, 2024.
- HONG, J. K. *et al.* Genetic association between sow longevity and social genetic effects on growth in pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 8, p. 1077–1083, 2019.
- HUANG, Q. *et al.* Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. **Animal Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 137–150, 2018.
- LI, Q. *et al.* Nutritional strategies to alleviate oxidative stress in sows. **Animal Nutrition**, v. 9, p. 60–73, 2022.

LI, H. *et al.* Physiological function and application of dietary fiber in pig nutrition: A review. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 2, p. 259–267, 2021.

LI, L. *et al.* Oxidative Stress, Inflammation, Gut Dysbiosis: What Can Polyphenols Do in Inflammatory Bowel Disease? **Antioxidants**, v. 12, n. 4, p. 1–27, 2023.

LIU, H.; HU, J.; MAHFUZ, S. animals Effects of Hydrolysable Tannins as Zinc Oxide Intestinal Morphology , and Digestive Enzyme. **Animals**. 2020.

LIU, H. Y. *et al.* Alternatives to antibiotics in pig production: looking through the lens of immunophysiology. **Stress Biology**, v. 4, n. 1, p. 1–23, 2024.

LIAO, S. F. *et al.* Swine Gastrointestinal Microbiota and the Effects of Dietary Amino Acids on Its Composition and Metabolism. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 2, 2024.

MELO, A. F. *et al.* Biological and pharmacological aspects of tannins and potential biotechnological applications. **Food Chemistry**, v. 414, p. 135645, 2023.

NUAMAH, S. M. *et al.* Importance of dietary supplementation of soluble and insoluble fibers to sows subjected to high ambient temperatures during late gestation and effects on lactation performance. **Animal Nutrition**, v. 16, p. 73–83, 2024.

OIRDI, M. EL. Harnessing the Power of Polyphenols : A New Frontier in Disease Prevention and Therapy. 2024.

POULSEN, B. G. *et al.* Genetic associations between stayability and longevity in commercial crossbred sows, and stayability in multiplier sows. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 6, p. 1–8, 2020.

THEIL, P. K. *et al.* Feeding the modern sow to sustain high productivity. n. April 2022, p. 517–532, 2023.

RAHMAN, M. R. T.; FLISS, I.; BIRON, E. Insights in the Development and Uses of Alternatives to Antibiotic Growth Promoters in Poultry and Swine Production. **Antibiotics**, v. 11, n. 6, p. 1–29, 2022.

RAKHA, A. *et al.* Anti-inflammatory and anti-allergic potential of dietary flavonoids: A review. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v. 156, 2022

RODRÍGUEZ, M. *et al.* Feed intake patterns of modern genetics lactating sows: characterization and effect of the reproductive parameters. **Porcine Health Management**, v. 9, n. 1, p. 1–9, 2023.

SALMAN, S.; PAULET, V. The role of NRF2 transcription factor in inflammatory skin diseases. n. October 2024, p. 1–17, 2025.

SCHNEIDER, L. I. *et al.* Black wattle (*Acacia mearnsii*) condensed tannin extract as feed additive in diets of weaned piglets. **Ciencia Rural**, v. 54, n. 4, 2024.

SCHOOS, A. *et al.* Relationship between piglets' survivability and farrowing kinetics in hyper-prolific sows. **Porcine Health Management**, v. 9, n. 1, p. 1–12, 2023.

SOUZA, K. L. DE *et al.* Performance and intestinal health of piglets in the nursery phase subjected to diets with condensed black wattle (*Acacia mearnsii*) tannin. **Animal Bioscience**, v. 38, n. 1, p. 117–130, 2024.

ST-PIERRE, B.; PEREZ PALENCIA, J. Y.; SAMUEL, R. S. Impact of Early Weaning on Development of the Swine Gut Microbiome. **Microorganisms**, v. 11, n. 7, 2023.

TAN, L. *et al.* Supplementation with Antimicrobial Peptides or a Tannic Acid Can Effectively Replace the Pharmacological Effects of Zinc Oxide in the Early Stages of Weaning Piglets. **Animals**, v. 13, n. 11, p. 1–16, 2023.

YI, H. *et al.* Effects of zinc oxide and condensed tannins on the growth performance and intestinal health of weaned piglets in ETEC-challenged environment. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, n. April, p. 1–12, 2023.

ZHANG, B. *et al.* Chlorogenic Acid Enhances the Intestinal Health of Weaned Piglets by Inhibiting the TLR4/NF- $\kappa$ B Pathway and Activating the Nrf2 Pathway. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 18, 2024.

ZHANG, Q. *et al.* Dietary supplementation of natural tannin relieved intestinal injury and oxidative stress in piglets challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli*. **Czech Journal of Animal Science**, v. 68, n. 7, p. 296–305, 2023.

ZHAO, T. *et al.* Oxidative Stress Triggers Porcine Ovarian Granulosa Cell Apoptosis Through MAPK Signaling. **Antioxidants**, v. 14, n. 8, p. 1–15, 2025.

## CAPÍTULO II

### ARTIGO

*Artigo formatado de acordo com as normas da MDPI Animals  
(versão preliminar)*

## TANINO CONDENSADO COMO MODULADOR DA FISIOLOGIA DAS MATRIZES SUÍNAS: ESTRESSE, STATUS REDOX E SAÚDE INTESTINAL

Caio Correa Janardo Pereira<sup>a\*</sup>, Vinícius de Souza Cantarelli<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Faculdade de Zootecnia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Lavras, 37.200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

\*Autor de correspondência:

*Endereço de e-mail:* caiojanardo@gmail.com (C.C.J Pereira)

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da inclusão do tanino condensado na dieta de matrizes suínas em relação ao estresse, inflamação, oxidação, qualidade do colostro e à saúde intestinal das fêmeas, além de avaliar os impactos no desempenho das mesmas e das suas respectivas leitegadas. Foram utilizadas 180 matrizes distribuídas em um delineamento em blocos causalizados, com três tratamentos nas dietas de gestação e lactação: CON – Controle (sem tanino condensado); TanB – 1,5 kg de tanino condensado; e TanA – 2,0 kg de tanino condensado em 60 repetições por tratamento. A parcela experimental foi representada pela matriz e sua respectiva leitegada. A espessura de toucinho e o peso das matrizes foram mensurados depois da inseminação, na saída do galpão de gestação e na saída do galpão de maternidade. O consumo de ração foi mensurado da transferência da matriz para baia coletiva (5°-10° dia de gestação) até o 19° dia de lactação. Foram realizadas as análises de microbioma fecal, bromatologia do colostro, concentração de IgG no colostro, concentração de cortisol e serotonina salivar, concentração de IL-10 e IL-6 e o status redox do sangue para avaliar os parâmetros fisiológicos das fêmeas (7 repetições por tratamento). Para os leitões, foram avaliados o peso ao nascimento e peso ao desmame, além do índice de diarreia, mortalidade e descarte. Foi observada uma tendência de aumento no consumo de ração ( $p = 0,063$ ) nos tratamentos com tanino em relação ao controle. Em relação à resposta ao estresse, o tanino reduziu a concentração de cortisol no primeiro dia de lactação ( $p < 0,05$ ) e apresentou tendência de maior concentração de IL-10 no 10° dia de lactação para o grupo TanA em comparação ao CON ( $p = 0,08$ ). Observou-se maior atividade da catalase no grupo TanA no 85° dia de gestação ( $p < 0,05$ ), maior atividade da SOD no grupo TanB em relação ao controle no primeiro dia de lactação, bem como menor reação do TBARS no TanA no 18° dia de lactação ( $p < 0,05$ ). No 18° dia de lactação, houve tendência de diferença na diversidade beta entre os tratamentos ( $p = 0,05$ ), com maior abundância relativa da família *Peptococcaceae* e da espécie *Lactobacillus reuteri*, além de menor abundância das famílias *Spirochaetaceae* e *Enterobacteriaceae* e da espécie *E. coli* ( $p < 0,05$ ). A ração suplementada com tanino condensado diminuiu o estresse das matrizes no parto. Próximo ao desmame, a concentração de 2 Kg/tonelada foi capaz de aumentar a saúde intestinal e diminuir a oxidação lipídica.

**Palavras-chave:** Aditivo, nutrição, *Acacia mearnsii*, suinocultura, resposta imune, microbiota.

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço da genética suína foi fundamental para que a produção em larga escala atingisse índices superiores aos de décadas passadas, permitindo que uma matriz produza, em média, cerca de 14 leitões totais por parto. No entanto, mesmo diante desse progresso, aproximadamente 15% dos leitões ainda não sobrevivem até o desmame (Bortolozzo *et al.*, 2023). Esse contexto demonstra que o aumento do tamanho da leitegada e a consequente elevação da demanda por produção de leite expõem as matrizes hiperprolíficas a um estresse metabólico mais acentuado. Isso diminui a longevidade das matrizes dentro do plantel e o seu desempenho nos ciclos seguintes provocando prejuízos financeiros (HONG *et al.*, 2019).

As granjas têm promovido melhorias nas condições ambientais das matrizes, incorporando práticas de bem-estar animal e utilizando aditivos promotores de saúde intestinal com o objetivo de amenizar os efeitos desse problema. A homeostase do intestino está diretamente relacionada ao estresse do animal (GONÇALVES *et al.*, 2016), tendo em vista a proximidade deste órgão com o sistema imune, o que, por consequência, afeta a produção de radicais livres (BISWAS, 2016) ligados ao estresse oxidativo da matriz suína.

O terço final da gestação é o momento de maior alteração metabólica da matriz em gestação, pois as energias armazenadas no tecido adiposo estão sendo direcionadas para o tecido mamário e para o crescimento exponencial dos fetos. Outro momento de grande relevância para o aumento do estresse das matrizes é o parto, o qual as contrações uterinas demandam muita energia por parte das fêmeas (THEIL; FARMER; FEYERA, 2022). Além disso, durante o período de lactação, as matrizes precisam direcionar energia dos seus tecidos corporais para atender a demanda de leite da sua leitegada (COSTERMANS *et al.*, 2020). Dependendo da intensidade deste desbalanço energético, pode comprometer o ciclo reprodutivo subsequente da matriz, sendo recomendado observar o estado fisiológico dessa matriz no final do ciclo para identificar se ela está apta para continuar no plantel.

Esta condição de estresse oxidativo e inflamação impactam negativamente o desempenho das matrizes e de suas leitegadas. Assim, estratégias nutricionais, como o uso de aditivos capazes de mitigar a inflamação, podem aumentar o consumo alimentar das fêmeas e o peso dos leitões ao favorecer uma maior produção de leite (LI *et al.*, 2022). Além disso, a modulação da microbiota intestinal por meio de aditivos dietéticos contribui para a atenuação da resposta inflamatória, uma vez que os ácidos graxos de cadeia curta produzidos por microrganismos benéficos exercem reconhecida ação anti-inflamatória (GONÇALVES *et al.*, 2016).

Tanino é um aditivo fitogênico com propriedades antimicrobiana, anti-inflamatória e antioxidante, o qual, antigamente, era evitado na nutrição de monogástricos por ser considerado um fator antinutricional. Todavia, estudos demonstram que o tanino em determinadas doses pode promover saúde intestinal e melhorar o desempenho dos leitões (CAPRARULO; GIROMINI; ROSSI, 2021).

A literatura não elucida os efeitos do tanino condensado nas matrizes, embora esse composto se apresente como um potencial aditivo para ser utilizado na gestação e na lactação das matrizes. Diante disso, este trabalho avaliou a inclusão de tanino condensado na dieta de matrizes suínas, com o objetivo de melhorar o desempenho das matrizes e de suas progênes, reduzir o estresse oxidativo e a inflamação, além de favorecer o desenvolvimento de uma microbiota intestinal mais resiliente aos desafios inerentes dessas fases.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local e comitê de ética do uso de animais**

O experimento foi conduzido no Centro Experimental de Suínos da Animalnutri, localizado no município de Patos de Minas-MG. O projeto foi enviado para o Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA da Animalnutri Ciência e Tecnologia, Patos de Minas-MG, Brasil, e aprovado com o número de protocolo nº 007/24.

### **2.2 Animais e instalações**

Foram utilizadas 180 matrizes suínas de diferentes ordens de parto (1<sup>a</sup>- 7<sup>a</sup> ordem de parto) da mesma linhagem comercial (DB 90). As matrizes foram divididas em três lotes constituídos de 60 fêmeas em cada lote, sendo o intervalo entre os lotes de duas semanas. As fêmeas gestantes foram alojadas em galpões com gaiolas individuais (3,5 x 1,7 m) equipadas com bebedouro semiautomático do tipo chupeta e ração oferecida manualmente. No intervalo de uma semana, essas fêmeas foram transferidas para baias coletivas (9,9 x 4,9) com capacidade para 22 fêmeas equipadas com bebedouro semiautomático do tipo chupeta e comedouros automáticos, onde permaneceram até o 107<sup>o</sup> dia de gestação e depois foram transferidas para as instalações de maternidade. As salas do galpão de maternidade eram climatizadas, possibilitando a manutenção da temperatura ambiente. As matrizes lactantes foram alojadas em celas parideiras (3,5 x 1,7 m), com escamoteadores (0,8 x 1,7 m) dotados de piso aquecido por

resistência elétrica para a manutenção da temperatura dos leitões. Na maternidade, as baias foram equipadas com comedouro semiautomático, bebedouro tipo chupeta para as matrizes e bebedouro tipo concha para a leitegada. As matrizes voltaram para as instalações de gestação após o desmame, reiniciando o ciclo.

### **2.3 Delineamento experimental**

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados. As fêmeas foram inicialmente estratificadas em quatro blocos com base na sua ordem de parto (OP): Bloco 1 (nulíparas, OP 0), Bloco 2 (primíparas, OP 1), Bloco 3 (OP 2 a 4) e Bloco 4 (OP 5 a 8). Dentro de cada bloco, as 180 matrizes foram distribuídas em três tratamentos: dieta sem adição de tanino (CON); dieta com 1,5 kg de tanino condensado (TanB); dieta com 2,0 kg de tanino condensado (TanA), com 60 repetições por tratamento. Foram utilizados a OP, o peso corporal inicial e a espessura de toucinho como critérios de casualização, buscando manter as médias dessas variáveis próximas entre os grupos de tratamento. O delineamento resultou em um número desigual de repetições (fêmeas) por combinação de bloco.

O período experimental teve início no 1º dia das matrizes nas baias coletivas de gestação (entre o 5º e o 10º dia de gestação) e se estendeu até o final da lactação, com média de encerramento no 19º dia de lactação.

Para as análises laboratoriais foram consideradas sete repetições, selecionadas de forma a manter a média de ordem de parto equilibrada entre os tratamentos, mesmo que a quantidade de fêmeas de cada bloco específico variasse. No segundo lote, sete fêmeas de cada tratamento foram selecionadas para a coleta de colostro, fezes e sangue para avaliação do status redox. No terceiro lote, outras sete matrizes de cada tratamento foram selecionadas para a coleta de saliva e, adicionalmente, sete matrizes do mesmo lote tiveram amostras de sangue coletadas para determinação da concentração de interleucinas. Em todas as coletas, a ordem de parto foi adotada como critério de seleção das matrizes.

Foram adotados como critérios de exclusão das matrizes do experimento: aborto, prolapso, parto distócico, retenção de leitões, claudicação, metrite ou qualquer outra patologia que resultasse em perda abrupta de peso.

### **2.4 Dietas experimentais**

As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais recomendadas pelo *National Research Council* (NRC, 2012). O programa alimentar das matrizes nas baias coletivas foi ajustado de acordo com o escore corporal e estágio gestacional. No 1º período (5º a 30º dia de gestação) as fêmeas com escore ideal receberam 2,2 kg/dia; no 2º período (31º a 70º dia), 1,7 kg/dia; no 3º período (71º a 90º dia), 2,2 kg/dia; e no 4º período (91º a 114º dia), 3,0 kg/dia. Para cada escore corporal, a quantidade oferecida foi ajustada da seguinte forma: ideal (x), magra ( $x + 0,2$  kg), muito magra ( $x + 0,3$  kg), pesada ( $x - 0,2$  kg), muito pesada ( $x - 0,3$  kg). Durante a lactação, a dieta foi fornecida *ad libitum*. Todos os grupos receberam a dieta basal, entretanto, nos tratamentos TanA e TanB foi adicionado e misturado previamente na fábrica de ração, o tanino condensado proveniente da Acácia-negra (*Acacia mearnsii De Wild*), comercialmente encontrado como TANFEED® (TANAC, Brasil). A dieta basal da gestação era composta por alguns aditivos zootécnicos, como: fibras, enzimas, biocolina, antioxidantes e adsorventes. Da mesma forma, a dieta basal de lactação também enzimas, biocolina, além de aromatizantes e palatabilizantes (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1.** Composição centesimal e nutricional das dietas das matrizes em gestação.

Ingredientes <sup>2</sup> %	Tratamentos <sup>1</sup>		
	CON	TanB	TanA
Milho 7,88%	76,481	76,331	76,281
Farelo de soja 46%	17,500	17,500	17,500
Arboce <sup>a</sup>	2,000	2,000	2,000
Fosfato Bicálcico 18,5%	1,250	1,250	1,250
Calcário Calcítico	1,700	1,700	1,700
Sal Comum	0,500	0,500	0,500
Sulfato de Cobre 25%	0,030	0,030	0,030
L-Lisina-HCL 99%	0,150	0,150	0,150
DL-Metionina 99%	0,010	0,010	0,010
L-Treonina 99%	0,010	0,010	0,010
Biocolina <sup>b</sup>	0,031	0,031	0,031
Natuphos <sup>c</sup>	0,005	0,005	0,005
Econase <sup>d</sup>	0,010	0,010	0,010
Banox <sup>e</sup>	0,010	0,010	0,010
Suinlac <sup>f</sup>	0,160	0,160	0,160
Safetox <sup>g</sup>	0,150	0,150	0,150
Cydex <sup>h</sup>	0,003	0,003	0,003
Tanino Condensado	0,000	0,150	0,200
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
<b>Composição nutricional da dieta basal</b>	<b>Níveis calculados</b>		
Energia metabolizável (Kcal/kg)	3,144		
Proteína Bruta (%)	14,11		
Extrato Etéreo (%)	3,091		
Lisina total (%)	0,790		
Lisina digestível (%)	0,706		
Metionina digestível (%)	0,215		
Treonina digestível (%)	0,487		
Triptofano digestível (%)	0,140		
Fibra bruta (%)	3,590		
FDN (%)	11,54		
FDA (%)	3,997		
Cálcio total (%)	1,171		
Fósforo disponível (%)	0,476		
Sódio (%)	0,213		

1. Tratamentos: CON, controle; TanB, controle + 1,5Kg/t de tanino; TanA, controle + 2Kg/t de tanino.

2. Ingredientes:

a. Arboce: Fibra de celulose.

b. Biocolina de origem vegetal.

c. Natuphos: Fitase 10.000 FTU.

d. Econase: Enzima beta 1-4, endo-xilanase.

e. Banox: Hidroxianisol butilado; Hidroxitolueno butilado; etoxiquim e galato de propila (anti-oxidantes sintéticos).

f. Premix vitamínico e mineral: Vitamina A 14.250,000 U.I; Vitamina D3 2.900,000; Vitamina E 80,000 UI; Vitamina K3 3,000 mg; Vitamina B1 2,700 mg; Vitamin B2 6,000 mg; Ácido pantotênico 22,500 mg; Vitamina B6 3,500 mg; Vitamina B12 35,000 mcg; Ácido nicotínico 37,500 mg; Ácido fólico 3,500 mg; Biotina 0,425 mg. Cobalto 0,200 mg; Cobre 15,000; Ferro 80,000 mg; Selênio 0,350 mg; Manganésio 10,000 mg; Iodo 1,228 mg; Zinco 116,000.

g. Safetox: Bentonita; Parede celular de levedura; extrato de cardo mariano; ativadores de adsorção.

h. Cydex: Ciromazina 25%.

**Tabela 2.** Composição centesimal e nutricional das dietas das matrizes em lactação.

Ingredientes <sup>2</sup> %	Tratamentos <sup>1</sup>		
	CON	TanB	TanA
Milho 7,88%	57,202	57,052	57,002
Farelo de soja 46%	30,000	30,000	30,000
Óleo de soja	4,000	4,000	4,000
Açúcar	2,500	2,500	2,500
Fosfato Bicálcico 18,5%	1,500	1,500	1,500
Calcário Calcítico	1,200	1,200	1,200
Sal Comum	0,350	0,350	0,350
Bicarbonato de Sódio	0,250	0,250	0,250
Sulfato de Cobre 25%	0,025	0,025	0,025
L-Lisina-HCL 78%	0,500	0,500	0,500
DL-Metionina 99%	0,285	0,285	0,285
L-Treonina 99%	0,325	0,325	0,325
L-Triptofano 60%	0,060	0,060	0,060
L-Valina 99%	0,175	0,175	0,175
Biocolina <sup>a</sup>	0,050	0,050	0,050
Natuphos <sup>b</sup>	0,005	0,005	0,005
Banox <sup>c</sup>	0,010	0,010	0,010
Suinlac <sup>d</sup>	1,500	1,500	1,500
Cydex <sup>e</sup>	0,003	0,003	0,003
Krave <sup>f</sup>	0,025	0,025	0,025
Optisweet <sup>g</sup>	0,025	0,025	0,025
Econase <sup>h</sup>	0,010	0,010	0,010
Tanino condensado	0,000	0,150	0,200
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
<b>Composição nutricional</b>	<b>Quantidade</b>		
Energia metabolizável (Kcal/kg)	3420		
Proteína Bruta (%)	19,207		
Extrato Etéreo (%)	6,627		
Lisina (%)	1,373		
Lisina digestível (%)	1,262		
Metionina digestível (%)	0,531		
Treonina digestível (%)	0,933		
Fibra Bruta (%)	2,602		
FDN (%)	11,119		
FDA (%)	4,399		
Cálcio total (%)	1,070		
Fósforo Total (%)	0,752		
Fósforo disponível (%)	0,539		
Sódio (%)	0,224		

1. CON, controle; TanB, controle + 1,5Kg/t de tanino; TanA, controle + 2Kg/t de tanino

2. Ingredientes:

a. Biocolina de origem vegetal.

b. Natuphos: Fitase 10.000 FTU.

c. Banox: Hidroxianisol butilado; Hidroxitolueno butilado; etoxiquim e galato de propila (anti-oxidantes sintéticos).

d. Premix vitamínico mineral: Vitamina A 14.250,000 U.I; Vitamina D3 2.900,000; Vitamina E 80,000 UI; Vitamina K3 3,000 mg; Vitamina B1 2,700 mg; Vitamin B2 6,000 mg; Ácido pantotênico 22,500 mg;

- Vitamina B6 3,500 mg; Vitamina B12 35,000 mcg; Ácido nicotínico 37,500 mg; Ácido fólico 3,500 mg; Biotina 0,425 mg. Cobalto 0,200 mg; Cobre 15,000; Ferro 80,000 mg; Selênio 0,350 mg; Mangésio 10,000 mg; Iodo 1,228 mg; Zinco 116,000.
- e. Cydex: Ciromazina 25 %.
  - f. Krave: Aldeídos, cetonas, ésteres e sacarose (palatabilizantes).
  - g. Optisweet: Taumatina (aromatizante).
  - h. Econase: Enzima beta 1-4, endo-xilanase.

## 2.5 Procedimentos experimentais

Os manejos de rotina da granja foram mantidos durante todo o período experimental. A inseminação artificial foi realizada com uma variação de 5 dias entre as fêmeas do mesmo lote. As matrizes gestantes foram alocadas da baia individual para a baia coletiva entre o 5º e o 10º dia de gestação. Cada baia coletiva pertencia a um tratamento e nela continha 20 animais do experimento e 2 não incluídos.

As fêmeas gestantes e lactantes tiveram livre acesso a água e alimentação. Durante o período gestacional, os animais foram alimentados por meio de comedouros automáticos. Já na lactação, a dieta foi fornecida três vezes ao dia (às 8h00, 12h30 e 15h30), com ração à vontade. Em cada arraçoamento durante a lactação, verificou-se a qualidade da ração presente nos comedouros, sendo classificadas como sobras aquelas que apresentavam alteração de cor ou odor.

Com a manifestação dos sinais de início do parto, foi realizado o monitoramento em tempo integral das matrizes. Imediatamente após o nascimento do leitão, foram realizados os manejos de assistência ao recém-nascido: limpeza das vias respiratórias, secagem com pó secante e corte do cordão umbilical. Em seguida, os leitões foram brincados e receberam uma aplicação do probiótico *DBI Líquido NF - Pig Doser*<sup>®</sup>. Para amenizar os impactos decorrentes do parto, foi aplicado na fêmea o complexo vitamínico Mod Plus<sup>®</sup> ao final do parto.

As leitegadas eram homogeneizadas entre o nascimento e as 72 primeiras horas de vida dos leitões. Essa equalização ocorreu somente entre leitões do mesmo tratamento.

No terceiro dia de vida do leitão foi realizada, via intramuscular, a aplicação de 1,5 ml de anticoccidiano + ferro (Forceris<sup>®</sup>, CEVA, 30 mg/ml + 133,4 mg/ml de Toltrazuril + ferro), 0,3 ml de antibiótico (Excede<sup>®</sup>, 100 mg/ml de Ácido livre cristalino de Cefotiofur) e o corte de cauda. Também era disponibilizado para os leitões nas baias o ácido NutracidpH<sup>®</sup> do começo ao fim da maternidade. O *creep-feeding* iniciou-se aos 10 dias de vida do leitão e foi mantido até o desmame.

## 2.6 Variáveis analisadas

### **2.6.1 Desempenho zootécnico das matrizes e das suas respectivas leitegadas**

O consumo diário de ração das fêmeas suínas foi determinado no final dos períodos de gestação e de lactação das matrizes, considerando-se a quantidade de ração fornecida e as sobras. As fêmeas foram pesadas individualmente (balança Weightech®, modelo NT – 3000 pro) antes da inseminação, na transferência para o galpão de maternidade e no 19º dia de lactação. A partir das diferenças de peso da entrada e da saída das matrizes do galpão de maternidade foi encontrada a perda de massa corporal.

Durante a lactação, foram coletados os seguintes dados dos leitões: peso ao nascimento, número total de nascidos, número de nascidos vivos, percentagem de mumificados e natimortos, ganho de peso diário (GPD) do leitão, peso final dos leitões e das leitegadas, além do número de desmamados. O peso final dos leitões foi mensurado no 18º dia de lactação.

### **2.6.2 A espessura de toucinho das matrizes**

A espessura de toucinho das matrizes foi mensurada no ponto P2 (região de inserção da última vértebra torácica com a primeira lombar) a 6,0 cm da altura da costela (Bridi e Silva, 2009), utilizando-se aparelho de ultrassonografia (Xuzhou Kaixin®, modelo KX 5600) antes da inseminação, na transferência para a maternidade e no 19º dia de lactação.

### **2.6.3 Percentagem de matrizes medicadas**

Foram registradas as percentagens de matrizes medicadas com antibióticos, anti-inflamatórios ou antitóxico em cada tratamento para o tratamento, em função da ocorrência de sintomas de claudicação, artrite, mamite e inapetência.

### **2.6.4 Índice de mortalidade, descarte e diarreia dos leitões**

A mortalidade e a retirada de leitões debilitados (descarte) foram calculadas pelo percentual de animais que morreram ou foram descartados durante o experimento.

A ocorrência de diarreia nos leitões foi avaliada por inspeção visual das fezes durante 11 dias, exclusivamente no terceiro lote, envolvendo leitões do 7º ao 12º dia de lactação, com monitoramento das baias até o 18º dia. A incidência foi expressa como a proporção média de dias com presença de diarreia em relação ao total de dias observados em cada tratamento.

### 2.6.5 Composição do colostro

Seis horas após o parto, foi coletada uma amostra de 10 ml do colostro de cada matriz através da ordenha manual. Tetos torácicos, abdominais e inguinais foram ordenhados, obtendo-se, portanto, um pool amostral de todos os tetos. As alíquotas de colostro foram armazenadas em tubos Falcon (KASVI®) a -20°C até a realização das análises. Foi feita a secagem das amostras para se obter o teor de matéria seca (ISO 8968-1/ IDF Standard 20-1, 2014). Para análise de proteínas e lipídios do colostro, as amostras foram analisadas em duplicata, seguindo a metodologia utilizada por Klobasa *et al.* (1987).

### 2.6.6 Imunoglobulina G do colostro

Seis horas após o parto, foi coletada uma amostra de 10 ml de colostro das matrizes através da ordenha manual. Tetos torácicos, abdominais e inguinais foram ordenhados obtendo-se, portanto, um pool amostral de todos os tetos. Seguindo o mesmo procedimento de Juthamane *et al.* (2024), as alíquotas de colostro foram armazenadas em tubos Falcon (KASVI®) a -20°C até a realização das análises. Foram analisadas em duplicata através do kit ELISA (*Enzyme-linked immunosorbent assay*) para mensurar o IgG do colostro, segundo as normas do fabricante (ELK Biotechnology CO.,Ltd., USA).

### 2.6.7 Status redox do sangue

Foi coletado o sangue no 85° dia de gestação, no primeiro dia de lactação e no 18° dia de lactação para avaliar o status redox das matrizes. A coleta sanguínea ocorreu através da punção da veia jugular, utilizando-se agulha hipodérmica descartável (40 x 12 mm). O sangue coletado em tubos sem anticoagulante (BD Vacutainer®). Após o processo de coleta, os tubos foram mantidos em temperatura ambiente (37°C) por trinta minutos, e depois de coagularem, foram centrifugados entre 2000 a 3000 RPM (rotação por minuto) por 15 minutos. Após esse processo, o soro foi pipetado e congelado em nitrogênio líquido à -80°C em Eppendorffs® plásticos para a análise em duplicata.

No plasma foi analisada a presença dos marcadores superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ácido tiobarbitúrico (TBARS) para avaliar o status redox dos animais. Foi avaliada a atividade dessas enzimas por metodologias diferentes: a catalase através da redução

de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 240 nm e a superóxido dismutase foi determinada com base na autooxidação do pirogallol pelo método de Madesh e Balasubramanian, e absorvância lida a 570 nm (Melo *et al.*, 2024). Em relação a peroxidação lipídica, foi avaliada a produção de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) a 530 nm (Melo *et al.*, 2024).

### **2.6.8 Interleucinas**

O sangue foi coletado no 10° dia e 18° dia de lactação. A coleta sanguínea ocorreu através da punção da veia jugular utilizando-se agulha hipodérmica descartável (40 x 12 mm). O sangue foi coletado em tubos sem anticoagulante (BD Vacutainer®). Após o processo de coleta, os tubos foram mantidos em temperatura ambiente (37°C) por trinta minutos, e depois de coagularem, foram centrifugados entre 2000 a 3000 RPM (rotação por minuto) por 15 minutos. Após este processo, o soro foi pipetado e congelado em nitrogênio líquido à -80°C em Eppendorffs® plásticos. Dois diferentes Kits ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) mensuraram as concentrações de IL-6 e IL-10 no soro em duplicata, segundo as normas do fabricante (ELK Biotechnology CO.,Ltd., USA).

### **2.6.9 Cortisol e serotonina salivares**

A primeira coleta foi feita no dia do parto e a segunda coleta ao sexto dia após o parto. Adaptando o modelo de coleta de Decorte *et al.* (2014), a saliva foi coletada utilizando uma corda de algodão presa à extremidade de um tubo de silicone de 20 cm, o qual foi inserido manualmente na cavidade oral das matrizes suínas. O algodão permaneceu na cavidade oral do animal até obter-se aproximadamente 2,0 mL de saliva. Posteriormente, com o uso de luvas descartáveis, as cordas umedecidas foram contorcidas dentro de um saco de coleta descartável. Após este procedimento, extraiu-se a amostra de saliva contida no saco plástico através de uma seringa hipodérmica (Descarpack®) de 5,0 mL. Essa saliva foi imediatamente acondicionada em microtubos e armazenada em um botijão de nitrogênio líquido a -80°C. As concentrações de cortisol e serotonina salivar foram mensuradas por kit ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) em duplicata, segundo as normas do fabricante (ELK Biotechnology CO.,Ltd., USA).

### **2.6.10 Microbioma fecal**

Para a análise do microbioma, foi coletada amostra de fezes das fêmeas no 85º dia de gestação, primeiro dia de lactação e no 18º dia de lactação. A amostra foi obtida através da estimulação retal das matrizes para a realização da coleta. Elas foram rapidamente acondicionadas em recipiente estéril e armazenadas em um freezer a -20°C até serem encaminhadas para análise.

Foi empregado o kit comercial ZR Fecal DNA MiniPrep® da Zymo Research para extrair o DNA das amostras (segundo o protocolo recomendado pelo fabricante). O DNA extraído foi quantificado por espectrofotometria a 260nm. Para avaliar a integridade do DNA extraído, todas as amostras foram corridas por eletroforese em gel de agarose 1%. Foi amplificado um segmento de 250 bases da região hipervariável V4 do gene ribossomal 16S rRNA utilizando-se os primers universais 515F e 806R e as seguintes condições de PCR: 94°C por 3 min; 18 ciclos de 94°C por 45 segundos, 50°C por 30 segundos e 68°C por 60 segundos, seguido de 72°C por 10 minutos. Com os amplificados, foi construída a biblioteca metagenômica utilizando-se o kit comercial Nextera DNA Library Preparation Kit da Illumina®. Os amplificados foram reunidos em pools e posteriormente sequenciados no sequenciador “MiSeq” da Illumina® (DEGNAN; OCHMAN, 2012).

## 2.7 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram conduzidas utilizando modelos mistos no software RStudio (versão 4.5.0). A normalidade dos resíduos foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk, enquanto a homogeneidade de variâncias foi avaliada pelo teste de Bartlett. Quando necessário, os dados foram transformados (log, log10, box-cox e raiz quadrada) para atender aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade.

O desempenho zootécnico e os parâmetros fisiológicos das parcelas experimentais foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey para comparação das médias, adotando-se um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). Valores entre 0,05 e 0,10 foram discutidos como tendência.

Para variáveis de natureza não paramétrica ou expressas como proporções, foram utilizadas distribuições apropriadas ao comportamento das variáveis, como quasibinomial, binomial, beta, zero-inflated beta e Tweedie.

A análise do microbioma fecal foi realizada por sequenciamento de nova geração (NGS), utilizando a plataforma Illumina MiSeq. As leituras obtidas foram processadas na plataforma QIIME (Quantitative Insights Into Microbial Ecology). As seqüências foram agrupadas em variante de Sequência Amplicon (ASVs), com base na similaridade de seqüência

em relação ao banco de dados ribossomal SILVA. A análise dos perfis metagenômicos foi conduzida no software STAMP.

### 3 Resultados

Não houve diferença estatística entre os três tratamentos ( $p > 0,05$ ) para o consumo de ração na gestação, ganho de peso, espessura de toucinho e a perda de massa corporal das matrizes. Entretanto, houve uma tendência ( $p = 0,063$ ) de maior consumo de ração durante o período de lactação das matrizes no tratamento TanB e TanA, quando comparados ao tratamento CON (Tabela 3).

**Tabela 3.** Desempenho das matrizes suínas na gestação e lactação.

Variáveis <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>			EPM	CV(%)	p valor
	CON	TanB	TanA			
<i>- Gestação -</i>						
PC (inicial)	233,89	233,86	234,54	3,769	18,67	0,988
ET (inicial)	23,55	22,44	22,70	0,641	20,34	0,411
PC (final)	263,00	266,00	266,00	2,989	13,98	0,788
ET (final)	31,93	29,65	30,21	0,554	21,38	0,156
CRD	2,11	2,12	2,11	0,008	5,37	0,89
<i>- Lactação -</i>						
PC (final)	257,32	259,33	256,77	3,517	16,25	0,778
ET (final)	31,19	31,41	29,82	0,570	20,81	0,461
CRD	5,70 b	6,34 a	6,01 a	0,116	22,04	<b>0,063</b>
PMC	-12,83	-10,18	-14,58	1,700	-157,10	0,511
Peso ao nascimento	1,41	1,39	1,43	0,021	16,70	0,658
Nascidos totais	16,78	16,49	16,85	0,302	20,73	0,862
Nascidos vivos	16,18	15,82	16,06	0,270	19,46	0,853
Natimortos (%)	3,35	2,89	2,22	0,681	174,58	0,548
Mumificados (%)	1,30	1,24	1,17	0,405	239,18	0,977
Peso inicial da leitegada	22,2	21,7	22,5	0,317	16,67	0,590

1. CON: dieta controle; TanB: dieta controle + 1,5 kg/t de tanino condensado; TanA: dieta controle + 2 kg/t de tanino condensado.

2. PC, peso corporal; ET, espessura de toucinho; CRD, consumo de ração diário; PMC, Perda de massa corporal.

O desempenho reprodutivo das matrizes e o desempenho produtivo dos seus respectivos leitões não foram influenciados pelas dietas com tanino ( $p > 0,05$ ) em relação ao número de nascidos, o peso ao nascimento, peso ao desmame, porcentagem de natimortos, porcentagem de mumificados, ganho de peso diário do leitão, assim como nas demais variáveis. No entanto,

observou-se tendência de aumento ( $p = 0,075$ ) no peso final da leitegada do tratamento TanA em comparação ao tratamento TanB (tabela 4).

**Tabela 4.** Desempenho dos leitões.

Variáveis <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>			EPM	CV (%)	p valor
	CON	TanB	TanA			
Peso ao desmame	4,99	4,92	5,02	0,084	18,92	0,886
Desmamados	11,65	11,58	12,09	0,531	15,81	0,452
Peso final da leitegada	57,78 ab	53,96 b	61,40 a	3,895	26,57	<b>0,075</b>
GPD	0,165	0,156	0,169	0,014	26,38	0,543

1. CON, controle; TanB, controle + 1,5Kg/t de tanino; TanA, controle + 2Kg/t de tanino.

2. GPD, Ganho de peso diário.

Na Tabela 5, verificou-se tendência de maior ( $p = 0,08$ ) número de matrizes medicadas no tratamento CON em relação ao tratamento TanB. A mortalidade, descarte e ocorrência de diarreia não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 6).

**Tabela 5.** Porcentagem das matrizes suínas medicadas.

Variáveis	Tratamento <sup>1</sup>			EPM	CV (%)	p valor
	CON	TanB	TanA			
Medicadas (%)	54,6 a	31,5 b	46,9 ab	0,069	26,53	<b>0,086</b>

1. CON, controle; TanB, controle + 1,5 Kg/t de tanino; TanA, controle + 2 Kg/t de tanino.

**Tabela 6.** Índices de diarreia, mortalidade e descarte de leitões.

Variáveis	Tratamentos <sup>1</sup>			EPM	CV (%)	p valor
	CON	TanB	TanA			
Diarreia (%)	20,42	18,86	17,08	0,029	121,23	0,784
Mortalidade (%)	3,79	3,07	6,73	0,008	221,82	0,299
Descarte (%)	24,44	24,38	23,00	0,018	112,24	0,546

1. CON, controle; TanB, controle + 1,5Kg/t de tanino; TanA, controle + 2Kg/t de tanino.

Não foram encontradas diferenças ( $p > 0,05$ ) nas concentrações de matéria seca e proteína bruta do colostro (Tabela 7), todavia o tratamento TanA continha maior concentração de extrato etéreo ( $p = 0,083$ ) em relação ao tratamento TanB. Para a concentração de IgG no colostro das matrizes não foram encontradas diferença estatística ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 7.** Composição nutricional e níveis de IgG do colostro das matrizes às seis horas pós-parto.

Variáveis <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>			EPM	CV (%)	p valor
	CON	TanB	TanA			
Matéria seca (%)	22,29	22,07	22,69	0,474	9,48	0,872
Extrato etéreo (%)	6,45 ab	6,27 b	7,32 a	0,229	15,49	<b>0,083</b>
Proteína bruta (%)	13,12	14,30	12,51	0,302	10,16	0,104
IgG (pg/ml)	637,07	721,73	700,16	50,319	28,28	0,749

1. CON, controle; TanB, controle + 1,5Kg/t de tanino; TanA, controle + 2Kg/t de tanino.

2. IgG: Imunoglobulina G.

Para avaliação do status redox, foram encontradas diferenças estatísticas. No 85° dia de gestação, as matrizes do tratamento TanA apresentaram maior ( $p < 0,05$ ) atividade da catalase comparado ao tratamento CON que, por sua vez, foi maior que o TanB. Por outro lado, a atividade do SOD foi superior ( $p < 0,05$ ) no tratamento CON, comparado aos tratamentos com tanino condensado. Não foram encontradas diferenças na concentração de TBARS entre os tratamentos, entretanto, verificou-se tendência de maior ( $p = 0,085$ ) concentração no tratamento TanA em relação ao TanB.

No 1° dia de lactação, a atividade enzimática da Catalase do tratamento CON foi superior ao tratamento TanB e TanA ( $p < 0,05$ ), já a SOD foi maior no tratamento TanB quando comparado ao tratamento CON e TanA. As médias de concentração de TBARS também apresentaram diferença entre os tratamentos, sendo o TanA maior ( $p < 0,05$ ) que os demais tratamentos.

Com 18 dias de lactação, não foi encontrada diferença nas atividades das enzimas CAT e SOD, todavia a concentração de Tbars foi menor ( $p < 0,05$ ) no tratamento TanA comparado aos demais tratamentos (Tabela 8).

**Tabela 8.** Status redox do sangue das matrizes no 85° dia de gestação, 1° dia de lactação e 18° dia de lactação.

Variáveis <sup>2</sup>	Tratamento <sup>1</sup>			EPM	CV (%)	p valor
	CON	TanB	TanA			
- 85° dia de gestação -						
CAT (nmol/min)	14,65 b	6,67 c	25,56 a	2,011	55,97	<0,0001
SOD (nmol/mg)	108,51 a	37,29 b	32,71 b	9,529	63,95	<0,0001
Tbars (mg/L)	19,04 ab	17,81 b	20,69 a	0,581	14,70	<b>0,085</b>
- 1° dia de lactação -						
CAT (nmol/min)	36,35 a	23,94 b	36,30 a	1,885	22,16	<b>0,016</b>
SOD (nmol/mg)	64,20 b	137,70 a	97,60 b	10,24	40,48	<b>0,005</b>
Tbars (mg/L)	20,53 b	17,24 b	30,16 a	1,557	39,29	<b>0,002</b>
- 18° dia de lactação -						
CAT (nmol/min)	42,29	38,91	46,05	2,915	26,08	0,494
SOD (nmol/mg)	125,31	130,81	116,49	6,921	39,29	0,606
Tbars (mg/L)	23,27 a	20,27 a	15,26 b	1,721	24,26	<0,0001

1. CON, controle; TanB, controle + 1,5Kg/t de tanino; TanA, controle + 2Kg/t de tanino.

2. CAT: Catalase; SOD: superóxido dismutase; TBARS: Reação ao Ácido Tiobarbitúrico.

Para avaliação da resposta imune, no décimo dia de lactação, não foi encontrada diferença estatística ( $p > 0,05$ ) da concentração de IL-6 entre os tratamentos, já em relação à IL-10 foi observada maior ( $p = 0,08$ ) concentração no tratamento TanB comparado ao CON. No 18° dia de lactação, foi encontrada maior ( $p = 0,07$ ) concentração de IL-6 no tratamento TanA em relação ao TanB, já na concentração de IL-10 não foi encontrada diferença estatística entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 9.** Concentração de IL-6 e IL-10 no 10° e no 18° dia de lactação.

Variáveis <sup>2</sup>	Tratamento <sup>1</sup>			EPM	CV (%)	p valor
	CON	TanB	TanA			
- 10° dia de lactação -						
IL-6 (pg/ml)	190,463	140,829	180,192	86,551	171,83	0,873
IL-10 (pg/ml)	5895,12 b	7344,24 a	5920,07 ab	600,188	38,47	<b>0,080</b>
- 18° dia de lactação -						
IL-6 (pg/ml)	536,024 ab	107,330 b	715,908 a	207,659	98,64	<b>0,077</b>
IL-10 (pg/ml)	7458,39	7011,77	8036,02	221,686	12,65	0,125

1. CON, controle; TanB, controle + 1,5Kg/t de tanino; TanA, controle + 2Kg/t de tanino.

2. IL-6: interleucina 6; IL-10: interleucina 10.

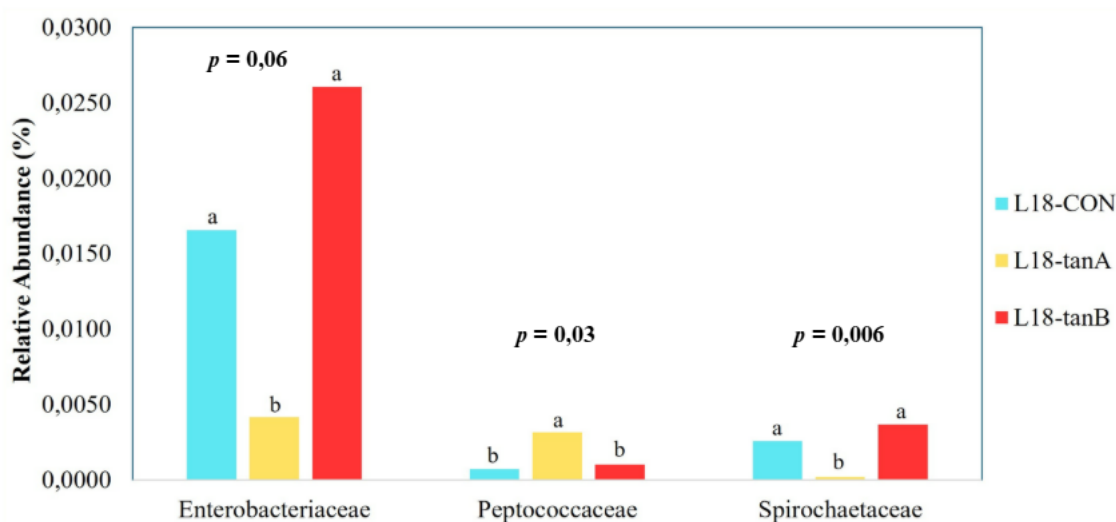
Houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ) na concentração de cortisol salivar do dia do parto das fêmeas dos tratamentos com tanino comparado ao controle (Tabela 10). Essa diferença não se repetiu na avaliação posterior, no 6° dia de lactação ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 10.** Concentração de cortisol e serotonina (ng/ml) salivar das matrizes no dia do parto e no 6° dia de lactação.

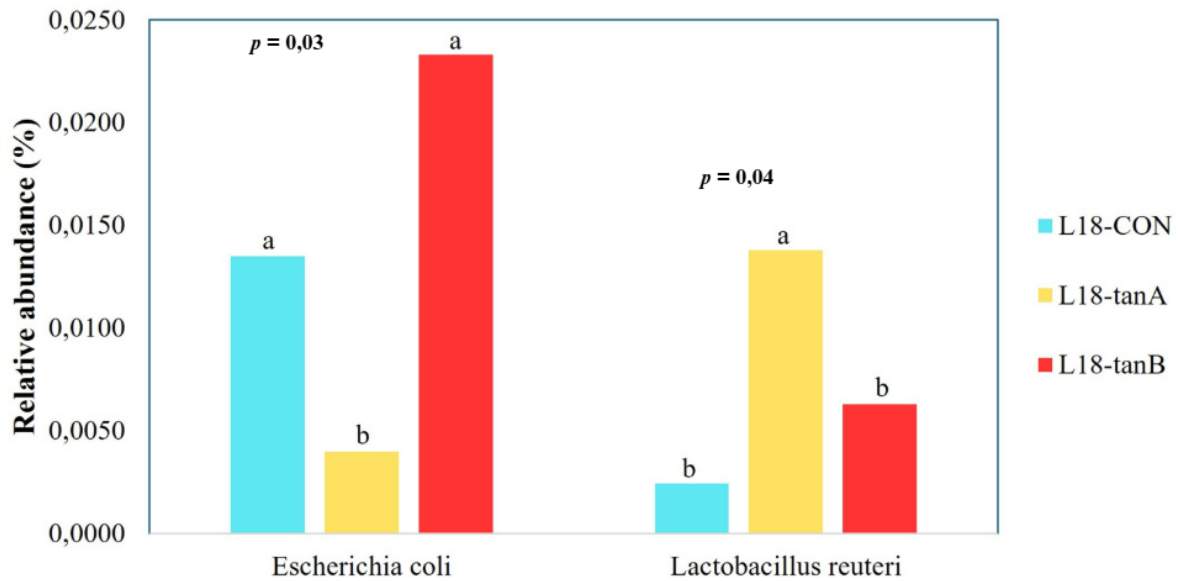
Variáveis	Tratamentos <sup>1</sup>			EPM	CV (%)	p valor
	CON	TanB	TanA			
- Dia do parto -						
Cortisol	7,06 a	4,11 b	3,20 b	1,710	70,27	<b>0,020</b>
Serotonina	15,53	13,83	12,13	1,953	27,20	0,373
- 6° dia de lactação -						
Cortisol	1,73	1,54	1,38	0,398	57,84	0,778
Serotonina	27,60	35,30	29,70	4,937	72,17	0,821

1. CON, controle; TanB, controle + 1,5Kg/t de tanino; TanA, controle + 2Kg/t de tanino.

Os resultados de microbioma fecal apresentaram algumas diferenças importantes entre os tratamentos. No 18° dia de lactação, para família a abundância de *Enterobacteriaceae* foi menor ( $p = 0,06$ ) no tratamento TanA, *Spirochaetaceae* foi menor ( $p < 0,05$ ) no tratamento TanA, já *Peptococcaceae* foi maior ( $p < 0,05$ ) no tratamento TanA (Figura 1). Para a espécie, no 18° dia de lactação, a abundância de *Escherichia Coli* foi menor ( $p < 0,05$ ) no tratamento TanA, enquanto *Lactobacillus reuteri* foi maior no tratamento TanA (Figura 2).

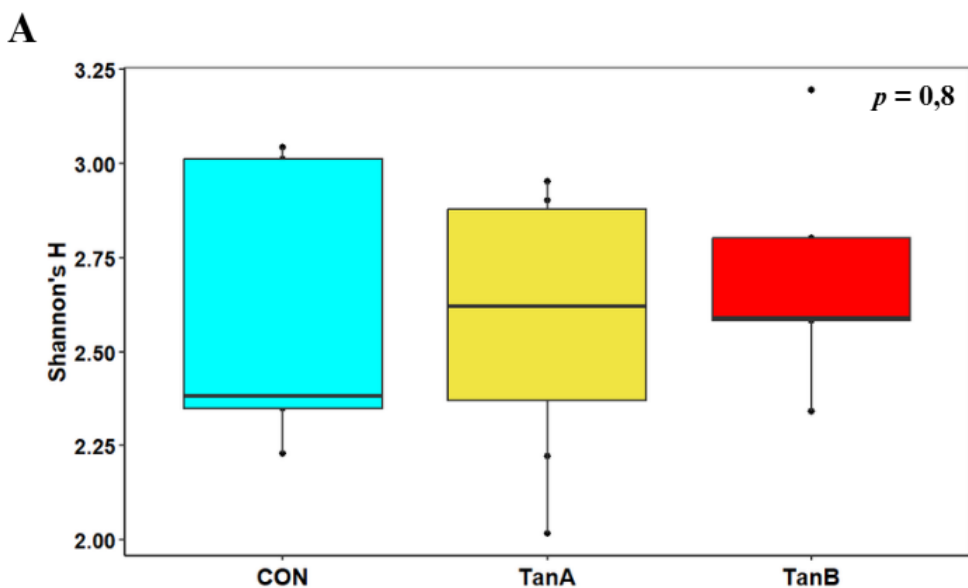


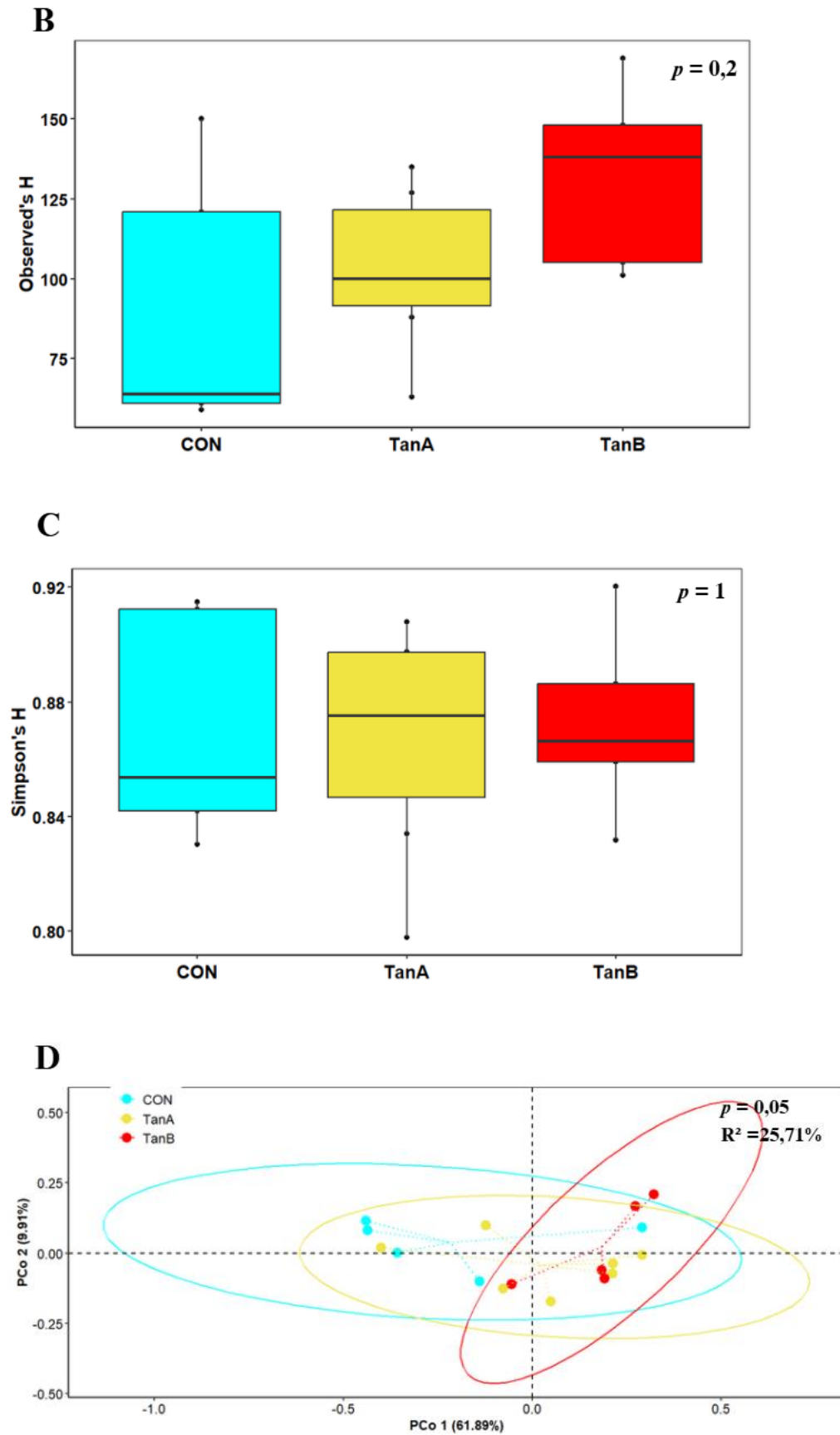
**Figura 1.** Abundância relativa das famílias bacterianas no conteúdo fecal de matrizes no 18° dia de lactação. CON, dieta basal; TanB, dieta basal + 1,5Kg/t de tanino; TanA, dieta basal + 2Kg/t de tanino. L18, 18° dia de lactação.



**Figura 2.** Abundância relativa das espécies bacterianas no conteúdo fecal de matrizes no 18° dia de lactação. CON, dieta basal; TanB, dieta basal + 1,5Kg/t de tanino; TanA, dieta basal + 2Kg/t de tanino. L18, 18° dia de lactação.

No 18° dia de lactação, não foi encontrada diferença estatística ( $p > 0,05$ ) na alfa diversidade, conforme os índices de Shannon, Riqueza Observada e Simpson (Figura 3 – A, B, C). A análise mostrou uma tendência de aumento da beta diversidade ( $p = 0,05$ ) entre os grupos desse período de coleta (Figura 3 – D).





**Figura 3.** Diversidade microbiana do conteúdo fecal de matrizes no 18º dia de lactação. Alfa diversidade índice de shannon (A), Alfa diversidade índice de Riqueza Observada (B), Alfa

diversidade índice de Simpson (C) beta diversidade (D). CON, dieta basal; TanB, dieta basal + 1,5Kg/t de tanino; TanA, dieta basal + 2Kg/t de tanino.

## 4 Discussão

Este estudo teve como objetivo avaliar parâmetros zootécnicos e fisiológicos de matrizes suínas durante as fases de gestação e lactação, bem como os impactos para as respectivas leitegadas, quando alimentadas com dietas contendo duas concentrações diferentes de tanino condensado. A dieta basal utilizada no estudo obtinha aditivos que comumente estão presentes na formulação de uma granja comercial, ainda assim, foi encontrado diferenças estatísticas entre as dietas com tanino condensado e o tratamento CON, demonstrando o potencial de uso desta tecnologia, mesmo quando se uma dieta comercial com a inclusão de mais aditivos.

A comparação direta dos resultados obtidos com aqueles descritos na literatura ainda é bastante limitada, visto que não há relatos prévios do uso de tanino condensado na dieta de matrizes suínas nas fases de gestação e lactação.

Nesse estudo, observou-se uma tendência de aumento no consumo alimentar nos tratamentos com tanino condensado, independentemente da dose utilizada. Esse achado é particularmente relevante, considerando a conhecida dificuldade das matrizes suínas em atingir níveis adequados de ingestão para expressar plenamente seu potencial produtivo (RODRÍGUEZ *et al.*, 2023).

Os resultados de consumo das matrizes vão ao encontro da meta-análise conduzida por Nuamah *et al.* (2024), a qual demonstrou que a suplementação com taninos extraídos de uva e noz de galha promoveram maior ingestão de ração em leitões desmamados. Embora os resultados disponíveis na literatura sejam provenientes de categorias distintas dos suínos, eles sugerem que a propriedade adstringente dos taninos não compromete a palatabilidade em nenhuma fase produtiva, desde que utilizados em doses adequadas (MELO *et al.*, 2023).

Além do consumo, outro aspecto frequentemente associado ao uso de taninos na suinocultura é a saúde intestinal. No trabalho de Souza *et al.* (2024), o uso de tanino de *Acacia mearnsii* reduziu a ocorrência de diarreia em leitões, resultado distinto do presente estudo, em que as médias de dias com diarreia foram semelhantes entre os tratamentos. É plausível a diferença de resultados entre esses trabalhos, já que no trabalho de Souza *et al.* (2024), avaliaram o efeito direto do tanino na dieta dos leitões, enquanto nesta investigação, a abordagem foi indireta, considerando o possível impacto do consumo de tanino pelas fêmeas

sobre a saúde dos leitões. Ademais, diferenças de metodologia, idade dos animais e tamanho amostral também pode ter contribuído para os resultados divergentes. Para futuros ensaios, recomenda-se aumentar o número de animais e incluir avaliações em fases posteriores da vida dos leitões, como no trabalho de Meng *et al.* (2019), que relataram melhores escores de diarreia nos cinco primeiros dias pós-desmame quando as matrizes receberam o tratamento com um polifenol na dieta.

Nesse contexto, é importante destacar que grande parte da mortalidade em maternidade ocorre nos primeiros dias pós-parto, frequentemente associada a falhas no manejo da colostragem (FARMER, 2022). O colostro constitui não apenas uma fonte essencial de nutrientes, mas também é rico em imunoglobulinas maternas, desempenhando papel essencial na transferência de imunidade passiva aos neonatos e para a maturidade e produção enzimática do intestino delgado (ALEXOPOULOS *et al.*, 2018).

Considerando o favorecimento da saúde intestinal com a suplementação de taninos, torna-se pertinente avaliar se esses compostos influenciam a qualidade do colostro. De acordo com Long *et al.* (2021), concentrações mais elevadas de proteína no colostro estão associadas à maior integridade de mucosa intestinal dos leitões, melhorando, conseqüentemente, a absorção intestinal. No presente estudo, a concentração de IgG não diferiu entre os tratamentos. Esse resultado contrasta com Wang *et al.* (2019), que relataram aumento de IgG no colostro de matrizes suplementadas com polifenóis provenientes do bagaço de uva. Em relação à composição bromatológica, os tratamentos com tanino avaliados nesse estudo, assim como aqueles com uva analisados por Wang *et al.* (2019), não provocaram alterações significativas nos teores de nutrientes do colostro entre os tratamentos com tanino e o controle. No entanto, estudos adicionais ainda são necessários, uma vez que outros trabalhos com polifenóis, como o de Long *et al.* (2021), evidenciaram incremento nos teores de proteína bruta e extrato etéreo em comparação ao controle.

Outro fator de grande relevância para a interpretação dos resultados é o estresse fisiológico associado ao parto. Esse evento é considerado o mais crítico na vida da porca, sendo marcado pela ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e pelo aumento da secreção de corticotropina (ACTH), a qual estimula as glândulas adrenais a liberarem cortisol, resultando na supressão das respostas imunológicas (KIM *et al.*, 2022). Além disso, a serotonina, produzido pelas células enterocromafins do intestino, exerce papel imunomodulador importante, atuando também na motilidade intestinal e na regulação da microbiota (GRONDIN e KHAN, 2024).

No presente estudo, matrizes suplementadas com tanino apresentaram menores concentrações séricas de cortisol no dia do parto. Embora essa redução não tenha persistido em coletas subsequentes, o achado sugere um possível efeito modulador do tanino em momentos de maior desafio fisiológico. Resultados semelhantes foram encontrados por Ma *et al.* (2021) que observaram menores concentrações de cortisol de leitões desmamados suplementados com 0,3% de tanino. Também como resultado adicional, Marchetti *et al.* (2024), reportaram redução nos níveis salivares de cortisol em leitões alimentados com um blend fitogênico contendo tanino. Esses achados indicam que o benefício do tanino pode ser mais evidente em períodos de estresse agudo, a exemplo do parto e desmame.

O estresse é desencadeado pela ação de citocinas pró-inflamatórias no organismo, e a análise imunológica demonstrou que o tanino exerceu efeito modulador sobre esses mediadores. Esse achado está em concordância com Wang *et al.* (2022), que avaliaram um mix de *Scutellaria baicalensis* e *Lonicera japonica* e observaram uma maior concentração de IL-10 com o uso desses polifenóis.

Em relação à IL-6, neste estudo, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos apenas no 18º dia de lactação, resultado que corrobora com os achados de Long *et al.* (2022). Esses autores avaliaram o efeito da inclusão de *Forsythia suspensa*, uma planta também rica em compostos fenólicos, na dieta de matrizes, e relataram ausência de variações na concentração de IL-6 ao parto, mas um aumento significativo dessa citocina no período de desmame. De forma semelhante, no presente estudo, verificou-se diferença entre os tratamentos TanA e TanB nesse mesmo período.

A inclusão de tanino condensado na dieta demonstrou o efeito anti-inflamatório esperado no início da lactação. No tratamento TanB, as matrizes apresentaram menores concentrações séricas de cortisol no parto e, posteriormente, no 10º dia de lactação, foi observado aumento significativo nos níveis séricos de IL-10. Essa citocina, reconhecida por sua ação anti-inflamatória e pela capacidade de regular a ativação de células T e macrófagos (Ip *et al.*, 2017), atua como um importante mediador na limitação de respostas inflamatórias exacerbadas. A associação entre a redução do cortisol no parto e a elevação da IL-10 no início da lactação reforça o potencial modulador do tanino condensado sobre a resposta inflamatória em momentos de maior desafio fisiológico.

Dentro desse escopo fisiológico, é fundamental considerar também o papel do tanino na modulação do estresse oxidativo, outro eixo fisiológico crítico durante o período de lactação. O sistema antioxidante é responsável por neutralizar a ação dos radicais livres no organismo (LI *et al.*, 2022). O uso de polifenóis, como o tanino, é uma estratégia interessante na

alimentação de animais susceptíveis ao estresse oxidativo, pois, além da sua ação direta contra os radicais livres, também ativam genes de produção de fatores antioxidantes através da via de sinalização Nrf2/Keap1 (SABADASHKA *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2024).

Foi identificada, nesse estudo, maior atividade de catalase no terço final da gestação para o tratamento com a maior dose de tanino. De acordo com Papadouolo *et al.* (2017), uma possível explicação para resultados de baixa atividade de SOD em estudos com polifenóis seria a capacidade desses compostos atuarem como sequestradores diretos do ânion superóxido, reduzindo a necessidade de ação da SOD.

Hu *et al.* (2015) e Palade *et al.* (2019) reportaram aumento na atividade da enzima SOD no primeiro dia de lactação em fêmeas suplementadas com polifenóis, evidenciando a capacidade desses compostos em modular o sistema antioxidante endógeno. De maneira consistente, verificou-se, no presente estudo, elevação significativa da atividade da SOD em matrizes alimentadas com a inclusão de 1,5 kg/tonelada de tanino na dieta.

O processo de lipoperoxidação consiste na reação dos radicais livres com as ligações duplas de átomos de carbono presentes em moléculas lipídicas das membranas celulares (AGUILAR DIAZ DE LEON; BORGES, 2020). No primeiro dia de lactação, foi observada maior peroxidação lipídica nas fêmeas do tratamento TanA. Esse achado contrasta com os resultados de Duan *et al.* (2024) e Palade *et al.* (2019), que reportaram menores níveis desse marcador em animais suplementados com fitogênicos ricos em polifenóis.

Ao final do período de lactação, a concentração de TBARS foi menor nas fêmeas do tratamento TanA, resultado correlato com os achados de Hu *et al.* (2015) e Duan *et al.* (2024). Com base nessa análise, supõe-se que a produção de fatores antioxidantes ao longo da lactação compensou de maneira mais eficiente a geração de radicais livres nesse grupo. Embora não tenham sido observadas diferenças significativas na atividade das enzimas SOD e CAT no 18º dia de lactação entre os tratamentos, as fêmeas do tratamento TanA apresentaram menor dano oxidativo, reforçando o efeito protetor do tanino sobre o estado redox.

A inflamação e o estresse oxidativo são mecanismos de defesa intimamente interligados, capazes de se amplificarem mutuamente por meio de diferentes vias de sinalização celular. A utilização de agentes antioxidantes ou anti-inflamatórios pode modular essas interações, bloqueando parcial ou totalmente determinadas rotas, a depender da seletividade do composto utilizado. Quando a ação não é seletiva, pode ocorrer, por exemplo, a atenuação do estresse oxidativo sem redução concomitante da resposta inflamatória, ou o oposto (BISWAS, 2016). Essa interação pode explicar, em parte, o resultado observado no primeiro dia de lactação do

tratamento TanA, no qual foi encontrada redução dos níveis de cortisol associada a maior oxidação lipídica em comparação ao controle.

Além desses mecanismos fisiológicos, a microbiota intestinal também desempenha um papel central na resposta ao estresse, atuando na modulação do sistema imunológico por meio da ativação de células imunológicas e do fortalecimento da barreira intestinal (WANG *et al.*, 2025). Microbiotas com maior diversidade e elevada capacidade de redundância metabólica são características de animais mais resilientes às alterações induzidas por situações de estresse, uma vez que diferentes espécies microbianas podem desempenhar funções metabólicas semelhantes, garantindo a manutenção da homeostase intestinal (ST-PIERRE; PEREZ PALENCIA; SAMUEL, 2023).

No 18º dia de lactação, observou-se redução na abundância relativa das famílias *Enterobacteriaceae* e *Spirochaetaceae* no tratamento tanA. *Enterobacteriaceae* é amplamente associada a disbiose intestinal e pode prejudicar a saúde dos suínos (CHEN *et al.*, 2024). De forma semelhante, Xu *et al.* (2022), ao testarem a suplementação com o polifenol silimarina em matrizes, relataram tendência na redução da abundância de *Spirochaetaceae*, o que levou à redução da abundância relativa de algumas eventuais bactérias patogênicas. Por outro lado, nesse mesmo período, foi identificado um aumento na abundância relativa de *Peptococcaceae*, uma família relacionada à saúde intestinal por sua capacidade de produzir ácidos graxos de cadeia curta (XIONG *et al.*, 2025).

A presença da espécie *Lactobacillus Reuteri* é considerada um importante indicador de homeostase intestinal, pois essa bactéria apresenta potencial para aumentar a produção de ácidos graxos no intestino, estimular a síntese de interleucinas anti-inflamatórias e reduzir produção de citocinas pró-inflamatórias no soro (TANG *et al.*, 2024). No presente estudo, o tratamento TanA no 18º dia de lactação promoveu maior abundância relativa de *L. Reuteri* e menor abundância de *E. coli*. Segundo Fu *et al.* (2021), a *E.coli* está associada a doenças intestinais graves, incluindo diarreia e inflamação com destruição tecidual do cólon.

A diferença na beta diversidade entre os grupos experimentais no 18º dia de lactação, sugere um possível efeito tardio dos tratamentos sobre a composição microbiana. Esse achado é promissor, especialmente quando comparado ao estudo prévio do Xu *et al.* (2022), o qual não encontraram diferenças significativas nos índices de diversidade alfa (Shannon e Simpson) no 18º dia de lactação em matrizes alimentadas com dietas suplementadas com silimarina. Entretanto, esses autores relataram alterações importantes na diversidade beta, resultado que corrobora parcialmente os dados observados neste estudo.

A alteração observada na beta diversidade sugere um possível efeito tardio dos tratamentos sobre a composição microbiana, provavelmente, refletindo a modulação da microbiota intestinal promovida pelo tanino no final da lactação. Nesse período, não houve apenas diferença na diversidade beta entre os tratamentos, mas também um aumento de microrganismos associados ao equilíbrio e a resiliência da microbiota intestinal, concomitante à redução de grupos potencialmente prejudiciais no tratamento TanA. Tal efeito está em consonância com os benefícios metabólicos observados nos animais deste tratamento, que apresentaram indicativos de menor oxidação lipídica, sugerindo uma possível interação benéfica entre o tanino, a microbiota intestinal e o estado redox sistêmico.

As diferenças observadas neste estudo vão além da simples comparação entre a presença ou ausência de tanino na dieta das matrizes, estendendo-se também às diferentes doses avaliadas. As fêmeas suplementadas com 2 kg/t de tanino condensado apresentaram maior concentração de extrato etéreo no colostro, maior atividade da enzima catalase no soro no 85º dia de gestação e no 1º dia de lactação, bem como menor concentração de TBARS no soro no 18º dia de lactação. Além do mais, essas matrizes também mostraram maior abundância relativa de microrganismos benéficos no intestino em comparação ao grupo que recebeu 1,5 kg/t no 18º dia de lactação. De forma geral, o tratamento TanA promoveu melhor resposta redox, perfil mais favorável da microbiota intestinal e maior peso da leitegada ao desmame.

## 5 Conclusão

Conclui-se que a adição do tanino condensado na dieta de matrizes suínas promove maior consumo da ração durante a lactação, sem alterar outros parâmetros zootécnicos nas matrizes ou nas suas progênes. Do ponto de vista fisiológico, a suplementação reduz as concentrações séricas de cortisol no dia do parto, evidenciando menor estresse no momento mais crítico da produção. Além disso, no tratamento TanB, a resposta inflamatória é mantida sob controle, refletindo o aumento da concentração sérica de IL-10 no 10º dia de lactação. Próximo ao desmame, matrizes do tratamento tanA apresentam melhor saúde intestinal e menor oxidação lipídica sérica, o que pode indicar menos desgaste fisiológico. Como as coletas para as variáveis fisiológicas não foram nas fêmeas do mesmo lote, isto traz uma limitação para a correlação entre as variáveis.

Portanto, a elevada exigência metabólica decorrente da hiperproliferação foi atenuada pela inclusão de taninos na dieta das matrizes, permitindo a manutenção do desempenho reprodutivo no ciclo subsequente e longevidade dentro do plantel dessas fêmeas.

## REFERÊNCIAS

AGUILAR DIAZ DE LEON, J.; BORGES, C. R. Evaluation of oxidative stress in biological samples using the thiobarbituric acid reactive substances assay. **Journal of Visualized Experiments**, v. 2020, n. 159, 2020.

ALEXOPOULOS, J. G. *et al.* A review of success factors for piglet fostering in lactation. **Animals**, v. 8, n. 3, 2018.

BISWAS, S. K. Does the Interdependence between Oxidative Stress and Inflammation Explain the Antioxidant Paradox? **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2016, p. 17–19, 2016.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. Avaliação da carcaça. **Universidade de Londrina**, p. 1–120, 2009.

BORTOLOZZO, F. P. *et al.* Managing Reproduction in Hyperprolific Sow Herds. **Animals**, v. 13, n. 11, 2023.

CAPRARULO, V.; GIROMINI, C.; ROSSI, L. Review: Chestnut and quebracho tannins in pig nutrition: the effects on performance and intestinal health. **Animal**, v. 15, n. 1, p. 100064, 2021.

CHEN, Z. *et al.* Beneficial Effects of Maternal Supplementation of Yeast Single-Cell Protein on Suckling Piglets by Altering Sow Gut Microbiome and Milk Metabolome. **Fermentation**, v. 10, n. 12, p. 1–23, 2024.

COSTERMANS, N. G. J. *et al.* Influence of the metabolic state during lactation on milk production in modern sows. **Animal**, v. 14, n. 12, p. 2543–2553, 2020.

DECORTE, I. *et al.* Detection of total and PRRSV-specific antibodies in oral fluids collected with different rope types from PRRSV-vaccinated and experimentally infected pigs. v. 10, n. 1, p. 1–11, 2014.

DEGNAN, P. H.; OCHMAN, H. Illumina-based analysis of microbial community diversity. **ISME Journal**, v. 6, n. 1, p. 183–194, 2012.

DUAN, X. *et al.* Effects of supplemental feeding of Chinese herbal mixtures to perinatal sows on antioxidant capacity and gut microbiota of sows and their offspring piglets. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, n. September, p. 1–16, 2024

FARMER, C. *Review: Improving the performance of neonatal piglets.* **Animal**, v. 16, suplemento 2, p. 100350, 2022.

FU, H. *et al.* Deep Investigating the Changes of Gut Microbiome and Its Correlation With the Shifts of Host Serum Metabolome Around Parturition in Sows. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, n. September, p. 1–14, 2021.

GONÇALVES, J. L. et al. Bases do Sistema Imunológico Associado à Mucosa Intestinal. **Sistema Digestório: Integração Básico-Clinica**, n. November, p. 369–388, 2016.

GRONDIN, J. A.; KHAN, W. I. Emerging Roles of Gut Serotonin in Regulation of Immune Response, Microbiota Composition and Intestinal Inflammation. **Journal of the Canadian Association of Gastroenterology**, v. 7, n. 1, p. 88–96, 2024.

HONG, J. K. *et al.* Genetic association between sow longevity and social genetic effects on growth in pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 8, p. 1077–1083, 2019.

HU, Y. J. *et al.* Effect of dietary supplementation with glycitein during late pregnancy and lactation on antioxidative indices and performance of primiparous sows. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 2246–2254, 2015.

IP, W. K. Eddie *et al.* Anti-inflammatory effect of IL-10 mediated by metabolic reprogramming of macrophages. **Science**, Washington, DC, v. 356, n. 6337, p. 513–519, 2017

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Milk and milk products – Determination of nitrogen content. 2. ed. Genève: ISO, 2014.

KIM, I.; LEE, J.; PARK, The Relationship between Stress, Inflammation, and Depression. **Biomedicines**. p. 1–14, 2022.

KLOBASA, F.; WERHAHN, E.; BUTLER, J. E. Composition of sow milk during lactation. **Journal of animal science**, v. 64, n. 5, p. 1458–1466, 1987.

LI, Q. et al. Maternal Nutrition During Late Gestation and Lactation: Association With Immunity and the Inflammatory Response in the Offspring. **Frontiers in Immunology**, v. 12, n. January, p. 1–14, 2022.

LI, Q. *et al.* Nutritional strategies to alleviate oxidative stress in sows. **Animal Nutrition**, v. 9, p. 60–73, 2022.

LONG, S. *et al.* Maternal Dietary Forsythia suspensa Extract Supplementation Induces Changes in Offspring Antioxidant Status, Inflammatory Responses, Intestinal Development, and Microbial Community of Sows. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, n. July, 2022.

LONG, S. F. *et al.* Dietary supplementation with Forsythia suspensa extract during late gestation improves reproductive performance, colostrum composition, antioxidant status, immunoglobulin, and inflammatory cytokines in sows and newborn piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 271, n. October, 2021.

JUTHAMANE, P.; SUWIMONTEERABUTR, J.; TUMMARUK, P. The influence of parity, body condition, litter size and carbetocin administration on colostrum production and immunoglobulin levels in highly productive sows within a tropical environment. **Tropical Animal Health and Production**, v. 56, n. 2, p. 1–12, 2024.

MA, Min et al. Effects of supplementation with a quebracho tannin product as an alternative to

antibiotics on growth performance, diarrhea, and overall health in early-weaned piglets. **Animals**, Basel, v. 11, n. 11, p. 3316, 2021

MARCHETTI, L. *et al.* Dietary supplementation with a blend composed of carvacrol, tannic acid derived from *Castanea sativa* and *Glycyrrhiza glabra*, and glycerides of medium chain fatty acids for weanling piglets raised in commercial farm. **Veterinary Research Communications**, p. 3773–3791, 2024.

MELO, A. F. *et al.* Biological and pharmacological aspects of tannins and potential biotechnological applications. **Food Chemistry**, v. 414, p. 135645, 2023.

MELO, N. *et al.* Physiological responses associated with compensatory growth of *Colossoma macropomum* submitted to different feeding rates. **Aquaculture**, v. 580, n. September, 2024.

MENG, Q. *et al.* Maternal dietary resveratrol alleviates weaning-associated diarrhea and intestinal inflammation in pig offspring by changing intestinal gene expression and microbiota. **Food and Function**, v. 10, n. 9, p. 5626–5643, 2019.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of swine. 11. ed. Washington, DC: National Academy Press, 2012.

NUAMAH, E. *et al.* Dietary Supplementation of Tannins: Effect on Growth Performance, Serum Antioxidant Capacity, and Immunoglobins of Weaned Piglets—A Systematic Review with Meta-Analysis. **Antioxidants**, v. 13, n. 2, p. 236, 2024.

PALADE, L. M. *et al.* Effect of dietary hemp seed on oxidative status in sows during late gestation and lactation and their of spring. **Animals**, v. 9, n. 4, p. 1–19, 2019.

PAPADOPOULOU, A. *et al.* Enhancement of Antioxidant Mechanisms and Reduction of Oxidative Stress in Chickens after the Administration of Drinking Water Enriched with Polyphenolic Powder from Olive Mill Waste Waters. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2017, 2017.

RODRÍGUEZ, M. *et al.* Feed intake patterns of modern genetics lactating sows: characterization and effect of the reproductive parameters. **Porcine Health Management**, v. 9, n. 1, p. 1–9, 2023.

SABADASHKA, M. *et al.* Anti-diabetic and antioxidant activities of red wine concentrate enriched with polyphenol compounds under experimental diabetes in rats. **Antioxidants**, v. 10, n. 9, 2021.

ST-PIERRE, B.; PEREZ PALENCIA, J. Y.; SAMUEL, R. S. Impact of Early Weaning on Development of the Swine Gut Microbiome. **Microorganisms**, v. 11, n. 7, 2023.

SOUZA, K. L. DE *et al.* Performance and intestinal health of piglets in the nursery phase subjected to diets with condensed black wattle (*Acacia mearnsii*) tannin. **Animal Bioscience**, v. 38, n. 1, p. 117–130, 2024.

TANG, J. *et al.* Effect of Composite Probiotics on Antioxidant Capacity, Gut Barrier Functions, and Fecal Microbiome of Weaned Piglets and Sows. **Animals**, v. 14, n. 9, 2024.

THEIL, P. K.; FARMER, C.; FEYERA, T. Review: Physiology and nutrition of late gestating and transition sows. **Journal of Animal Science**, v. 100, n. 6, p. 1–15, 2022.

UNITED STATES. Foreign Agricultural Service. Pork: Production by country. Washington, DC: FAS, 2024. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0113000>. Acesso em: 6 maio 2025.

WANG, L. *et al.* Dietary supplementation with a mixture of herbal extracts during late gestation and lactation improves performance of sows and nursing piglets through regulation of maternal metabolism and transmission of antibodies. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, 2022.

WANG, J. *et al.* The research progress on the impact of pig gut microbiota on health and production performance. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 12, n. March, p. 1–8, 2025.

WANG, X. *et al.* Effects of dietary grape seed polyphenols supplementation during late gestation and lactation on antioxidant status in serum and immunoglobulin content in colostrum of multiparous sows. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 6, p. 2515–2523, 2019.

XIONG, S. *et al.* Cordyceps militaris extract and cordycepin ameliorate LPS-challenged colonic damage in piglets by modulating the microbiota and metabolite profiles. **Frontiers in Immunology**, v. 16, n. March, p. 1–16, 2025.

XU, S. *et al.* Silymarin Modulates Microbiota in the Gut to Improve the Health of Sow from Late Gestation to Lactation. **Animals**, v. 12, n. 17, p. 1–12, 2022.

ZHANG, B. *et al.* Chlorogenic Acid Enhances the Intestinal Health of Weaned Piglets by Inhibiting the TLR4/NF- $\kappa$ B Pathway and Activating the Nrf2 Pathway. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 18, 2024.