

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

FERNANDO BITTARELLO

RESPOSTAS PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS DE UM ADITIVO
IMUNOMODULADOR NA ALIMENTAÇÃO DE MARRÃS DURANTE O FLUSHING

PONTA GROSSA

2026

FERNANDO BITTARELLO

RESPOSTAS PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS DE UM ADITIVO
IMUNOMODULADOR NA ALIMENTAÇÃO DE MARRÃS DURANTE O FLUSHING

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Zootecnia na Universidade Estadual de
Ponta Grossa,
Área: Produção animal

Orientadora: Profa. Dra. Cheila Roberta Lehen.
Coorientadora: Profa. Dra. Luciana da Silva Leal
Karolewski.

PONTA GROSSA

2026

B624 Bittarello, Fernando
Respostas produtivas e reprodutivas de um aditivo imunomodulador na
alimentação de marrãs durante o flushing / Fernando Bittarello. Ponta Grossa,
2026.
48 f.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Área de Concentração: Produção
Animal), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Cheila Roberta Lehen.
Coorientadora: Profa. Dra. Luciana da Silva Leal Karolewski.

1. Suínos - Nutrição. 2. Marrãs - Reprodução. 3. Aditivos alimentares. 4.
Imunomoduladores. I. Lehen, Cheila Roberta. II. Karolewski, Luciana da Silva
Leal. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Produção Animal. IV.T.

CDD: 636.4



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

TERMO DE APROVAÇÃO

FERNANDO BITTARELLO

“RESPOSTAS PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS DE UM ADITIVO IMUNOMODULADOR NA ALIMENTAÇÃO DE MARRÃS DURANTE O FLUSHING”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Mestrado em Zootecnia, Setor de Engenharias, Ciências Agrárias e de Tecnologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Ponta Grossa, 04 de fevereiro de 2026.

Membros da Banca Examinadora:

Profa. Dra. Cheila Roberta Lehnem – UEPG
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **CHEILA ROBERTA LEHNEN**
Data: 11/02/2026 10:06:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Diogo Magnabosco – UFRGS
Membro

Documento assinado digitalmente
 **DIOGO MAGNABOSCO**
Data: 05/02/2026 14:03:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho – UNIOESTE
Membro

Documento assinado digitalmente
 **PAULO LEVI DE OLIVEIRA CARVALHO**
Data: 06/02/2026 19:20:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela dádiva da vida e por me conceder forças, sabedoria e perseverança ao longo destes dois anos de estudos, auxiliando-me nos momentos de dificuldade e permitindo que eu superasse todos os obstáculos enfrentados durante o período do mestrado.

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais, Newton Luiz Bittarello e Rosane de Fátima Ferreira Paluski Bittarello, por todo o incentivo, apoio incondicional e por acreditarem, desde sempre, na minha capacidade, mesmo diante das adversidades da vida, tornando possível a concretização de mais esta etapa. À minha esposa, Thais Fernanda Chelski Bittarello, expresso minha profunda gratidão por estar ao meu lado em todos os momentos, oferecendo apoio, compreensão, energias positivas e motivação constante para seguir em um caminho repleto de conquistas.

Agradeço à Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ) pela oportunidade da realização do mestrado e pela estrutura oferecida para o desenvolvimento deste trabalho. De modo especial, agradeço à minha orientadora e coorientadora, Professora Dra. Cheila Roberta Lehen e Professora Dra. Luciana da Silva Leal Karolewski, pela dedicação, disponibilidade, incentivo, confiança e valiosas contribuições científicas durante todo o percurso.

Agradeço ao grupo de pesquisa BioModel (Biologia Integrativa e Modelagem na Produção de não-ruminantes) pelo auxílio e colaboração ao longo deste período. Também ao acadêmico de Zootecnia, Gudryan Izoton, pelo companheirismo e apoio durante as atividades desenvolvidas.

Agradeço à empresa Agrocerec Multimix por viabilizar a execução do projeto, em especial ao Dr. Felipe Norberto Alves Ferreira e à Dra. Clarice Speridião Silva Neta, pelo suporte técnico e científico durante o planejamento e a condução do experimento. Estendo meus agradecimentos aos colaboradores da Granja Paraíso e do Centro de Pesquisas Agrocerec, que dedicaram tempo, atenção e empenho para a realização do estudo.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para a realização do mestrado.

RESUMO

BITTARELLO, F. **Respostas produtivas e reprodutivas de um aditivo imunomodulador na alimentação de marrãs durante o flushing.** Orientadora: Cheila Roberta Lehen. Coorientadora: Luciana da Silva Leal Karolewski. Ponta Grossa, 2026. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2026.

O melhoramento genético somado aos desafios estressores da suinocultura interfere na condição corporal, podendo prejudicar a imunidade e a reprodução de marrãs. O objetivo do presente estudo foi estimar respostas produtivas e reprodutivas de marrãs alimentadas com concentrado proteico imunomodulador durante o *flushing*. Foram utilizadas 196 marrãs com apresentação do segundo estro, sendo distribuídas em um delineamento em esquema fatorial 2 x 2, divididos em dois grupos (leves e pesadas) e dois tratamentos (0; 40 g/d de concentrado proteico imunomodulador), seguido por uma análise multivariada para formação de três novos grupos (C1, C2 e C3). Foram coletados dados de desempenho produtivo e reprodutivo, parâmetros metabólicos e hormonais, os quais foram submetidos à análise de variância, adotando-se o nível de 5% de significância. Não houve diferença ($P>0,05$) entre os grupos e tratamentos nos desempenhos produtivos e reprodutivos. A profundidade de lombo das marrãs em ambos os grupos apresentou redução durante o período de gestação ($P<0,05$). Marrãs alimentadas com imunomoduladores não apresentaram diferença ($P>0,05$) entre os parâmetros metabólicos e hormonais. Dietas contendo aditivo imunomodulador não alteram as repostas produtivas e reprodutivas de marrãs durante o *flushing*.

Palavras-chave: nutrição; reprodução; aditivos alimentares; imunomoduladores.

ABSTRACT

BITTARELLO, F. **Productive and reproductive responses to an immunomodulatory feed additive in gilts during the flushing period.** Advisor: Cheila Roberta Lehen. Co-advisor: Luciana da Silva Leal Karolewski. Ponta Grossa, 2026. Dissertation (Master in Animal Science) – State University of Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2026.

Genetic improvement combined with stress-related challenges in swine production interferes with body condition, which may impair immunity and reproduction in gilts. The objective of the present study was to estimate productive and reproductive responses of gilts fed an immunomodulatory protein concentrate during the flushing period. A total of 196 gilts at the second estrus were used and distributed in a 2×2 factorial design, divided into two groups (light and heavy) and two treatments (0 and 40 g/day of immunomodulatory protein concentrate), followed by a multivariate analysis to form three new groups (C1, C2, and C3). Data on productive and reproductive performance, as well as metabolic and hormonal parameters, were collected and subjected to analysis of variance, adopting a significance level of 5%. There was no difference ($P>0.05$) among groups and treatments in productive and reproductive performance. Backfat thickness of gilts in both groups decreased during the gestation period ($P<0.05$). Gilts fed immunomodulators showed no difference ($P>0.05$) in metabolic and hormonal parameters. Diets containing an immunomodulatory additive do not alter the productive and reproductive responses of gilts during the flushing period.

Keywords: nutrition; reproduction; feed additives; immunomodulators.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Órgãos genitais de uma porca (vista dorsal, parcialmente aberta na linha média). 11
- Figura 2 - Perfil hormonal das fases folicular e luteal no ciclo estral de fêmeas suínas..... 17
- Figura 3 - Visão esquemática do delineamento experimental. Um total de 196 marrãs de reposição em seu segundo cio foram selecionadas para o estudo, distribuídas aleatoriamente em dois tratamentos (Controle ou 40 g/d de Concentrado Proteico Imunomodulador) durante a fase de *flushing*. Das 98 fêmeas selecionadas em cada tratamento, 49 foram agrupadas em leve ou pesada (L e P, respectivamente), recebendo o tratamento até a inseminação no terceiro cio. Marrãs sem problemas reprodutivos durante a fase de *flushing* permaneceram no estudo. *Marrãs removidas por apresentar anestro. 27
- Figura 4 - Contribuição na Análise de Componentes Principais (PCA) e no Agrupamento Hierárquico Baseado em Componentes Principais (HCPC): idade, peso, espessura de toucinho (ET), profundidade de lombo (PL) e compasso de marrãs em *flushing*. 32
- Figura 5 - Condição corporal de marrãs avaliada ao longo do tempo. A) Peso corporal de marrãs em diferentes tratamentos e grupos, mensurado em três períodos do *flushing* e ao parto. B) Espessura de toucinho de marrãs em diferentes tratamentos e grupos, mensurada em três períodos do *flushing* e ao parto. C) Profundidade de lombo de marrãs em diferentes tratamentos e grupos, mensurada em três períodos do *flushing* e ao parto. PV: Peso vivo. ET: Espessura de toucinho. PL: Profundidade de lombo. IPC: Concentrado Proteico Imunomodulador. 35
- Figura 6 - Consumo de ração de marrãs durante o período de *flushing*. A) Consumo de ração de marrãs submetidas a diferentes tratamentos contendo concentrado proteico imunomodulador durante o período de *flushing*. B) Consumo de ração de marrãs em diferentes grupos durante o período de *flushing*. 37
- Figura 7 - Relação entre a conversão alimentar (CA) e o ganho de peso diário (GPD) de marrãs durante o período de *flushing*. IPC: Concentrado Proteico Imunomodulador. Ajuste de regressão: Controle 1: $CA = 13,52 - 15,06 \text{ GPD} + 5,386 \text{ GPD}^2$; $R^2 = 90,3\%$. Controle 2: $CA = 13,47 - 15,85 \text{ GPD} + 6,111 \text{ GPD}^2$; $R^2 = 82,3\%$. Controle 3: $CA = 13,19 - 15,18 \text{ GPD} + 5,931 \text{ GPD}^2$; $R^2 = 81,4\%$. IPC 1: $CA = 11,40 - 10,59 \text{ GPD} + 3,219 \text{ GPD}^2$; $R^2 = 91,3\%$. IPC 2: $CA = 13,12 - 14,99 \text{ GPD} + 5,578 \text{ GPD}^2$; $R^2 = 84,7\%$. IPC 3: $CA = 10,82 - 9,971 \text{ GPD} + 3,169 \text{ GPD}^2$; $R^2 = 87,3\%$ 38
- Figura 8 - A) Análise Discriminante Linear (LDA) relacionada à coleta de sangue de marrãs no 5º dia de *flushing*. B Análise Discriminante Linear (LDA) relacionada à coleta de sangue de marrãs durante o estro. IPC: Concentrado Proteico Imunomodulador. 41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição e níveis de nutrientes da dieta basal de marrãs durante as fases de <i>flushing</i> e gestação	28
Tabela 2 - Autovalores, proporção individual e cumulativa da variação nas características de idade e composição corporal explicadas por cada componente principal avaliado em marrãs	32
Tabela 3 - Organização dos grupos de marrãs por Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando os efeitos da idade e da condição corporal	33
Tabela 4 - Desempenho de marrãs em diferentes grupos alimentadas com dietas contendo concentrado proteico imunomodulador, avaliadas ao longo do tempo.....	34
Tabela 5 - Consumo de ração e eficiência de ganho de peso de marrãs alimentadas com dietas contendo concentrado proteico imunomodulador durante o período de <i>flushing</i> .	36
Tabela 6 - Desempenho produtivo e reprodutivo de marrãs ao parto alimentadas com dietas contendo concentrado proteico imunomodulador durante o período de <i>flushing</i> .	39
Tabela 7 - Parâmetros metabólicos e hormonais de marrãs alimentadas com dietas contendo concentrado proteico imunomodulador durante o período de <i>flushing</i>	40
Tabela 8 - Correlação entre variáveis de desempenho e parâmetros metabólicos e hormonais de marrãs durante o período de <i>flushing</i>	42

LISTA DE ABREVIACÕES

AA: Aminoácidos

DNP: Dias não produtivos

DNA: Ácido desoxirribonucleico

ET: Espessura de toucinho

FSH: Hormônio Folículo-Estimulante

GnRH: Hormônio Liberador de Gonadotrofinas

HCPC: Análise de Agrupamento Hierárquico sobre os Componentes Principais

IPC: Concentrado Proteico Imunomodulador

IGF-1: Fator de Crescimento Semelhante à Insulina tipo 1

LDA: Análise Discriminante Linear

LH: Hormônio Luteinizante

PCA: Análise de Componentes Principais

PV: Peso vivo

PL: Profundidade de lombo

ROS: Espécies reativas de oxigênio

SOD: Superóxido dismutase

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO SOBRE A REPRODUÇÃO DE MARRÃS	10
1.1 INTRODUÇÃO.....	10
1.2 ANATOMIA E FISIOLOGIA DE MARRÃS.....	11
1.2.1 Ovários.....	12
1.2.2 Tubas Uterinas.....	12
1.2.3 Útero	12
1.2.4 Vagina, Vestíbulo e Vulva	13
1.2.5 Puberdade.....	13
1.3 CICLO ESTRAL DA FÊMEA SUÍNA	14
1.3.1 Fase Folicular	14
1.3.2 Fase Lútea	15
1.4 IMPACTO DA NUTRIÇÃO SOBRE A REPRODUÇÃO DE MARRÃS	17
1.4.1 Aminoácidos	18
1.4.2 Condição Corporal.....	19
OBJETIVOS.....	20
REFERÊNCIAS	21
 CAPÍTULO 2 – RESPOSTAS DO CONCENTRADO PROTEICO IMUNOMODULADOR NO DESEMPENHO REPRODUTIVO DE MARRÃS DURANTE O FLUSHING	 24
2.1 INTRODUÇÃO.....	24
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
2.2.1 Local, Alojamento e Animais Experimentais.....	26
2.2.2 Dietas Experimentais e Manejo Alimentar	29
2.2.3 Respostas Avaliadas.....	29
2.2.3.1 Desempenho produtivo	29
2.2.3.2 Desempenho reprodutivo	30
2.2.3.3 Parâmetros hormonais e metabólicos	30
2.2.4 Análises Estatísticas	31
2.3 RESULTADOS.....	33
2.3.1 Desempenho Produtivo.....	33
2.3.2 Desempenho Reprodutivo.....	38
2.3.3 Parâmetros Hormonais e Metabólicos	40
2.3.4 Correlação entre Desempenho Produtivo e Variáveis Sanguíneas	41
2.4 DISCUSSÃO.....	42
2.5 CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS	45

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO SOBRE A REPRODUÇÃO DE MARRÃS

1.1 INTRODUÇÃO

A eficiência reprodutiva constitui um dos principais determinantes da produtividade na suinocultura moderna, caracterizada pela hiperprolificidade, sendo diretamente influenciada por fatores genéticos, sanitários, ambientais e nutricionais. Entre esses fatores, a nutrição desempenha um papel crucial no desenvolvimento adequado do aparelho reprodutor feminino, na maturação sexual e na manifestação do estro em fêmeas suínas nulíparas, as quais apresentam características distintas em relação às outras espécies domésticas.

Durante a fase de crescimento das marrãs, a ingestão adequada de nutrientes, especialmente energia, aminoácidos, vitaminas e minerais, é essencial para garantir o correto desenvolvimento corporal na preparação para a vida reprodutiva. Além disso, a deposição de reservas energéticas e a expressão de sinais hormonais envolvidos na ciclicidade ovariana são fortemente influenciadas pela nutrição. Desajustes nutricionais podem causar atraso na puberdade, irregularidades no ciclo estral, baixa taxa de ovulação, e comprometimento do desempenho reprodutivo subsequente, aumentando os dias não produtivos (DNP) e interferindo nas taxas de retenção de leitões em reposição (Langendijk, 2015).

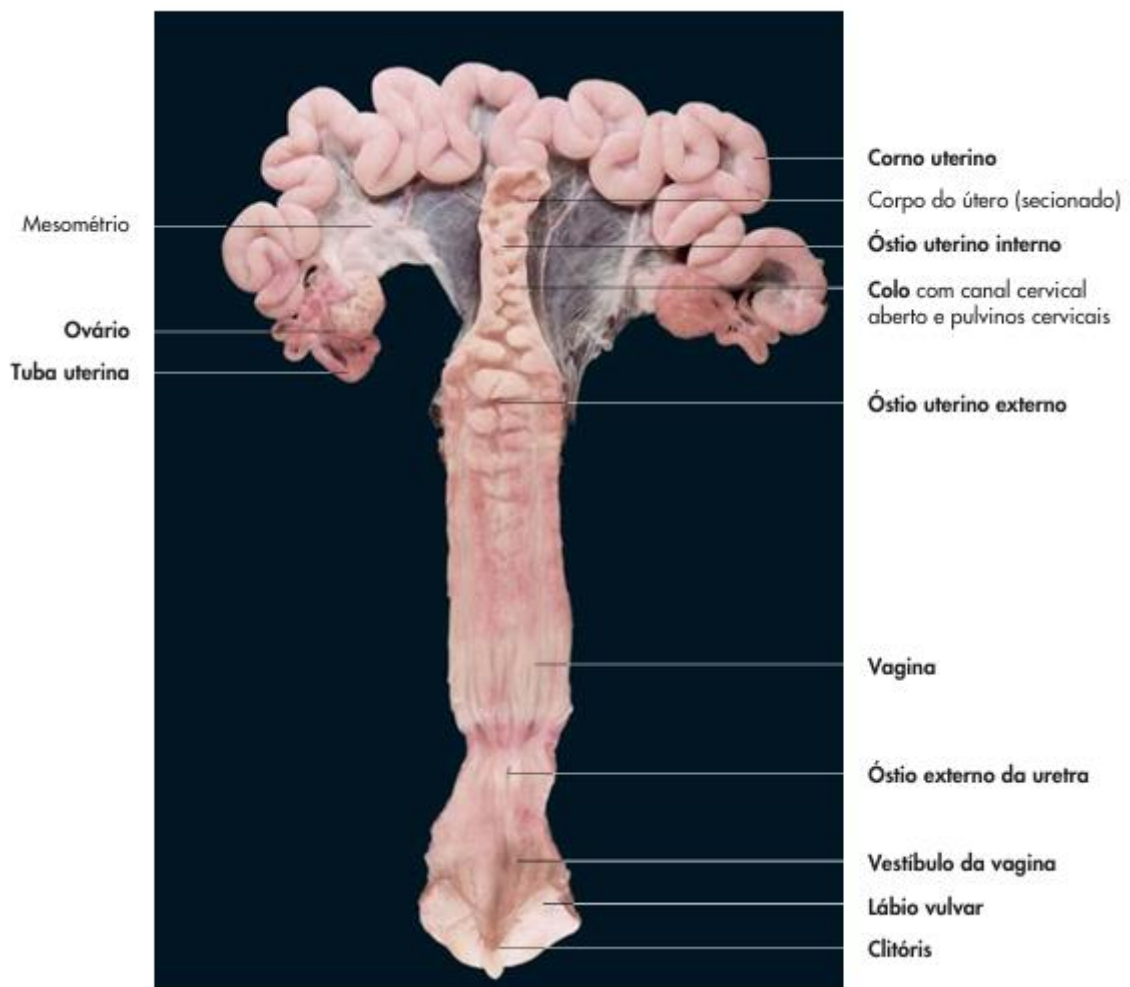
Marrãs frequentemente enfrentam eventos estressores desde o nascimento até o parto e o período de amamentação, o que aumenta a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), elevando os danos celulares. Esses radicais livres de oxigênio altamente ativos, quando produzidos descontroladamente, podem sobrecarregar a capacidade dos mecanismos de defesa antioxidante, danificando proteínas, lipídeos e DNA, comprometendo o desempenho produtivo e reprodutivo das matrizes (Hong *et al.*, 2024). No entanto, a nutrição de precisão tem sido utilizada para mitigar esses problemas, além de melhorar a produtividade por meio de planejamentos nutricionais eficazes.

Neste contexto, compreender a interação entre o manejo nutricional e os mecanismos fisiológicos reprodutivos é fundamental para estabelecer estratégias alimentares que maximizem a fertilidade e a longevidade produtiva das matrizes suínas. Diante disso, o projeto propõe a suplementação de aditivos com propriedades imunomoduladoras a partir de fitogênicos e *pool* de aminoácidos essenciais para o desenvolvimento produtivo e reprodutivo das marrãs. O estudo pretende cobrir uma lacuna de poucas informações científicas acerca dos impactos de aditivos com características proteicas e imunomoduladoras durante o *flushing*.

1.2 ANATOMIA E FISIOLOGIA DE MARRÃS

O sistema reprodutivo da fêmea suína (*Sus scrofa domesticus*) apresenta características específicas que favorecem a alta prolificidade da espécie. Em geral, o sistema reprodutor é muito semelhante ao verificado nas demais espécies domésticas, sendo constituído pelos ovários, tubas uterinas, útero (cornos uterinos, corpo uterino e cérvix), vagina, vestibulo e vulva (Figura 1) (Lucia Junior *et al.*, 2024). Cada órgão do sistema reprodutor desempenha funções específicas e integradas no processo reprodutivo, contribuindo com os eventos da ovulação até o parto.

Figura 1 - Órgãos genitais de uma porca (vista dorsal, parcialmente aberta na linha média).



Fonte: KÖNIG, H. E.; PLENDL, J. E. LIEBICH, H.-G. **Anatomia dos Animais Domésticos: texto e atlas colorido: Órgãos Genitais Femininos (Organa Genitalia Feminina)** – 6 ed., Porto Alegre: Artmed, 2016, p. 429-450.

1.2.1 Ovários

As gônadas femininas, também conhecidas como ovários, são consideradas os principais órgãos da reprodução, sendo responsáveis pela gametogênese e mudanças fisiológicas e comportamentais ocasionadas pela produção hormonal (Fails; Magee, 2018; Senger, 2012). Com aproximadamente 5 cm de comprimento, o par de ovários localiza-se em posição distal ao respectivo rim direito ou esquerdo e suspenso pelo mesovário (Dyce; Sack; Wensing, 2010; Reece, 2017). Diferente de outras espécies, os ovários suínos apresentam uma superfície irregular, com aparência de amora ou cacho de uvas (formato de bagas), caracterizada pela presença de múltiplos folículos em diferentes estágios de desenvolvimento e corpos lúteos (Lucia Junior, 2024).

1.2.2 Tubas Uterinas

As tubas uterinas ou ovidutos são trompas pareadas que conectam os ovários ao útero, podendo apresentar comprimento de 15 a 30 cm conforme a idade da fêmea (Fails; Magee, 2018). Os ovidutos podem ser divididos em quatro segmentos funcionais a partir da proximidade do ovário, sendo eles: as fimbrias, o infundíbulo, a ampola e o istmo. Esse órgão possui função de captar e transportar os ovócitos recém ovulados e os espermatozóides para o local de fertilização, além de direcionar o óvulo fecundado para o local de implantação (Hafez; Jainudeen; Rosnina, 2004).

1.2.3 Útero

O útero da fêmea suína é semelhante às demais espécies domésticas, apresentando dois cornos, um corpo e uma cérvix. Entretanto, sua dimensão é bem característica, apresentando um corpo relativamente pequeno, medindo 5 cm de comprimento e os cornos longos e tortuosos, podendo atingir até 1,5 m de comprimento (Dyce; Sack; Wensing, 2010; Hafez, Jainudeen; Rosnina, 2004). A anatomia do útero muda consideravelmente com a idade e a atividade fisiológica da fêmea, permitindo maior espaço para o desenvolvimento fetal ao longo da gestação (König; Plendl; Liebich, 2016). De forma geral, o útero possui uma série de funções relacionadas com o transporte dos espermatozóides no momento da ejaculação, regulação endócrina e atividade durante a implantação, gestação e o parto dos conceptos (Hafez; Jainudeen; Rosnina, 2004).

O colo uterino, também conhecido como cérvix, é um órgão constituído por musculatura lisa maciça que apresenta paredes relativamente espessas, servindo como barreira física entre o colo do útero e o ambiente externo. Esse esfíncter tende a permanecer firmemente fechado, especialmente no período gestacional, devido a formação de muco altamente viscoso, podendo abrir durante o cio e o parto (Reece, 2017; Senger, 2012). Além de servir como proteção, a cérvix possui algumas funções reprodutivas, podendo facilitar o transporte, selecionar e armazenar espermatozóides viáveis (Hafez; Jainudeen; Rosnina, 2004). Diferente das demais espécies, a cérvix da fêmea suína pode atingir 25 cm de comprimento, além de apresentar adaptação ao formato peculiar da glândula do pênis do macho em formato de saca-rolhas (Dyce; Sack; Wensing, 2010; Hafez; Jainudeen; Rosnina, 2004).

1.2.4 Vagina, Vestíbulo e Vulva

A vagina é a porção do trato reprodutivo feminino que conecta a cérvix ao vestíbulo, apresentando comprimento entre 10 a 15 cm e não evidencia características marcantes na espécie suína (Fails; Magee, 2018; Lucia Junior *et al.*, 2024). Já o vestíbulo, também conhecido como a porção caudal da vagina, é o local de intersecção entre o sistema urinário e o sistema reprodutor, podendo medir de 6 a 8 cm de comprimento na espécie suína (Fails; Magee, 2018; Senger, 2012). Na parede do vestíbulo contém glândulas que mantêm a umidade da mucosa, facilitando o parto da fêmea. Também, auxilia no momento do coito, onde a secreção apresenta odor estimulante sobre o macho no período de cio (König; Plendl; Liebich, 2016). Por fim, a vulva é a parte externa do trato reprodutivo feminino. Nas fêmeas suínas, apresenta formato de cone, consistindo em dois lábios maiores e menores, com função protetiva, que se conectam nas comissuras dorsal e ventral (Senger, 2012).

1.2.5 Puberdade

A puberdade pode ser definida como a aquisição de competência reprodutiva, caracterizada pela ocorrência do primeiro estro seguido de ovulação e ciclos subsequentes. Este processo é multifatorial, envolvendo mudanças fisiológicas ao longo do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal, desde a ativação dos folículos primários até a liberação dos oócitos (Lucia Junior *et al.*, 2024).

Em situações normais, uma fêmea suína pode apresentar a puberdade entre 115 e 220 dias de idade, contendo em média 80 a 120 kg de peso corporal. Essa grande variação pode ser

influenciada por vários fatores relacionados a nutrição, manejo, estação do ano, ambiente social, exposição ao macho e genética (Geisert *et al.*, 2020). Raças tradicionalmente incluídas em programas de melhoramento genético, apresentam puberdade entre 200 e 220 dias de idade, porém, raças com menor porte físico e demanda metabólica elevada, tendem atingir a puberdade mais precocemente, sendo o caso da raça Meishan, que alcança a puberdade entre 115 e 120 dias de idade (Lucia Junior *et al.*, 2024).

1.3 CICLO ESTRAL DA FÊMEA SUÍNA

A espécie suína é caracterizada por apresentar múltiplos ciclos ao longo do ano, sendo considerada poliéstrica anual, com ciclicidade repetida em intervalos de aproximadamente 21 dias (Dyce; Sack; Wensing, 2010). O primeiro estro na espécie tende a ser menos fértil em comparação com os ciclos subsequentes, possivelmente devido aos diferentes níveis hormonais em cada ciclo, os quais estão relacionados ao desenvolvimento folicular. No entanto, outros fatores também interferem na fertilidade e, consequentemente, nos índices zootécnicos, como a idade, o peso e a condição corporal das marrãs (Tan *et al.*, 2023).

O ciclo estral pode ser dividido em duas grandes fases: a fase folicular e a fase lútea (Figura 2). Na espécie suína, a fase folicular dura entre 3 a 6 dias, delimitada pela completa luteólise até a ovulação. Em contrapartida, a fase lútea possui duração entre 16 a 17 dias, marcada pelo período de atividade do corpo lúteo (Hafez; Jainudeen; Rosnina, 2004).

1.3.1 Fase Folicular

A fase folicular é composta pelos períodos de proestro e estro, sendo caracterizada pela predominância de folículos pré-ovulatórios nos ovários e o aumento das concentrações de estrogênio circulantes no sangue. Durante o proestro ocorre um intenso crescimento dos folículos antrais sob a influência do hormônio folículo estimulante (FSH), permitindo que aumentem de tamanho e se aproximem do diâmetro pré-ovulatório (Lucia Junior *et al.*, 2024). À medida que os folículos antrais aumentam de tamanho, as camadas da granulosa e da teca interna se proliferam e diferenciam, reduzindo a quantidade de receptores de FSH. Contudo, as respostas ao hormônio luteinizante (LH) tendem a aumentar por influência dos receptores de LH, os quais permitem o desenvolvimento dos folículos selecionados (Knox, 2023).

À medida que os folículos amadurecem, as concentrações de estrógeno aumentam, o que, além de estimular o crescimento uterino (Hafez; Jainudeen; Rosnina, 2004), provoca

alterações no sistema reprodutor feminino, intensificando o fluxo sanguíneo e aumentando a capacidade fagocítica contra componentes exógenos. Fisicamente, a intensificação do fluxo sanguíneo resulta em sinais característicos, como edema e hiperemia vulvar, além de estimular a atividade secretória, culminando na produção de muco cervical. Simultaneamente a essas alterações, ocorrem mudanças comportamentais, como o aumento da vocalização e das atividades interativas entre as fêmeas (Glencorse; Grupen; Bathgate, 2025; Lucia Junior *et al.*, 2024).

O estradiol circulante atinge suas concentrações máximas próximo ao início do estro, desencadeando um aumento nos níveis de LH, que apresenta um pico com duração de 10 horas, podendo ocorrer antes, durante ou após o início do período. Em comparação com outras espécies domésticas, a fêmea suína apresenta um estro de longa duração, variando entre 24 a 96 horas, sendo que as marrãs geralmente manifestam cios mais curtos em relação às fêmeas múltiparas, com duração entre 24 e 48 horas. Esta fase é desencadeada pela combinação do aumento dos níveis de estrogênio sintetizados pelos 10 a 15 folículos pré-ovulatórios em cada ovário, com diâmetro de 8 a 12 mm, e a redução das concentrações de progesterona, resultando na ovulação no início do terço final do estro (Geisert *et al.*, 2020; Lucia Junior *et al.*, 2024).

Em comparação ao proestro, as características físicas são menos evidentes; contudo, há uma tendência para mudanças comportamentais. Durante o estro, as fêmeas suínas demonstram receptividade sexual, evidenciada pela aceitação da monta, apresentando uma postura estática em lordose com orelhas eretas, o que indica o reflexo de tolerância ao macho (Geisert *et al.*, 2020; Maciel *et al.*, 2020).

1.3.2 Fase Lútea

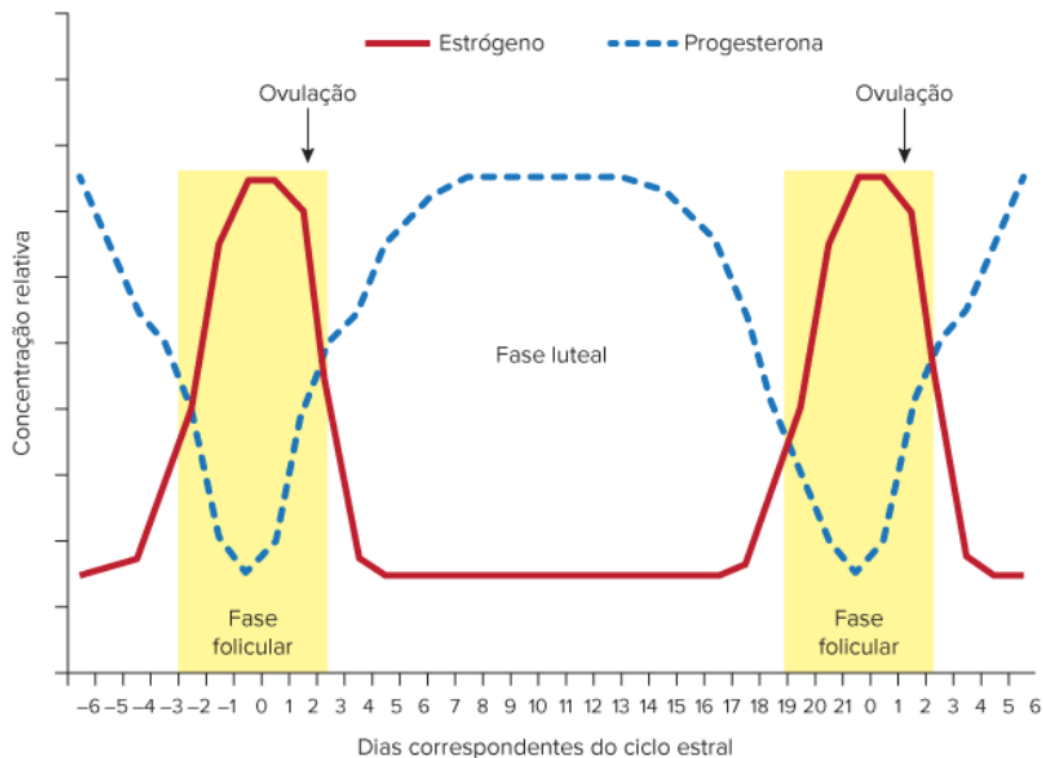
A fase lútea do ciclo estral é marcada pelo término da ovulação e formação do corpo lúteo, composta pelos períodos de metaestro e diestro, caracterizado pelo aumento nos níveis de progesterona circulantes no sangue. O metaestro inicia imediatamente após a ovulação com a luteinização do tecido rompido pelos folículos, sendo preenchido com sangue para formação dos corpos hemorrágicos (Geisert *et al.*, 2020). Em termos físicos e comportamentais, a vulva apresenta aparência pálida, seca e sem a presença de muco, além de negativar a resposta de tolerância ao macho (Lucia Junior *et al.*, 2024).

A progesterona produzida na fase lútea é sintetizada por células luteínicas, que secretam diferentes quantidades de hormônio relativas ao tamanho celular (Hafez; Jainudeen; Rosnina, 2004). As concentrações de progesterona tendem aumentar progressivamente

conforme o crescimento e a atividade dos corpos lúteos, atingindo sua máxima concentração entre o 6º e o 15º dia após a ovulação, podendo alcançar entre 8 a 11 mm de diâmetro. A presença de múltiplos corpos lúteos em cada ovário resulta no aumento constante das concentrações de progesterona circulantes, promovendo a retroalimentação negativa sobre o hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH), caracterizando o período de diestro, que tende permanecer por aproximadamente duas semanas durante o ciclo estral (Geisert *et al.*, 2020; Lucia Junior *et al.*, 2024; Senger, 2012).

O aumento dos níveis de progesterona circulantes prepara o ambiente uterino para gestação, estimulando a atividade secretória das glândulas endometriais e inibindo a contração do miométrio. Com o estabelecimento da gestação, os corpos lúteos permanecem em atividade, mantendo os níveis altos de progesterona e inativando a ciclicidade. Contudo, se não houver concepção, ocorre a secreção de prostaglandina F2 α pelo endométrio uterino, acarretando no processo de luteólise em torno do 15º dia do ciclo estral. Com isso, ocorre a remoção da retroalimentação negativa, desbloqueando os picos de GnRH, contribuindo para o início de uma nova onda de crescimento folicular (Geisert *et al.*, 2020; Hafez; Jainudeen; Rosnina, 2004; Lucia Junior *et al.*, 2024; Senger, 2012).

Figura 2 - Perfil hormonal das fases folicular e luteal no ciclo estral de fêmeas suínas.



Fonte: LUCIA JUNIOR, T. *et al.* **Reprodução animal: suínos e aves:** Anatomia, endocrinologia e ciclo estral da fêmea suína – 1 ed., Santana de Parnaíba, São Paulo: Manole, 2024, p. 3-32.

1.4 IMPACTO DA NUTRIÇÃO SOBRE A REPRODUÇÃO DE MARRÃS

O plantel de leitoas de reposição dentro do sistema de produção suinícola, possui um papel fundamental na permanência do plantel produtivo, podendo as taxas de reposição em granjas comerciais variar entre 35 a 45% (Antunes; Soares, 2021). A nutrição possui grande influência na vida reprodutiva das marrãs, interferindo nos índices reprodutivos e DNP. Devido ao melhoramento genético, fêmeas suínas têm se mostrado mais hiperprolíficas, demandando exigências nutricionais mais elevadas e estratégias nutricionais eficazes para um bom desenvolvimento nas fases de reposição, gestação e lactação.

O *flushing* é uma estratégia nutricional caracterizada pelo fornecimento de uma dieta com maiores níveis de energia em marrãs no período pré-cobertura, podendo ser aplicado entre 14 a 21 dias anteriores ao momento da inseminação (Penz Junior; Bruno; Silva, 2009). Estudos demonstram que o fornecimento de dietas ricas em energia, no período anterior e posterior a cobertura das fêmeas, melhora os resultados reprodutivos, aumentando a taxa de ovulação e a probabilidade de sobrevivência de embriões (Ashworth; Antipatis; Beattie, 1999; Ferguson *et*

al., 2003; Mallmann *et al.*, 2020). Também, contribui com as melhores taxas de retenção, elevando o número de leitões nascidos vivos e a relação de desmamados (Tan *et al.*, 2023).

Conforme o nível da alimentação em que marrãs são submetidas durante a fase de crescimento, diferentes são as respostas à idade em que atingem a puberdade e a taxa ovulatória durante os primeiros ciclos estrais (Penz Junior; Bruno; Silva, 2009). A nutrição fornecida às fêmeas manipula o metabolismo e a reprodução no eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal, sendo a desnutrição ou desbalanço nutricional fator responsável pela redução nos pulsos de LH e menores concentrações circulantes de hormônio de crescimento semelhante à insulina I (IGF-I) (Ferguson *et al.*, 2003; Prunier; Quesnel, 2000). O aumento das concentrações de insulina na corrente sanguínea, proveniente da alimentação, aumenta a produção de GnRH, permitindo maior atividade ovulatória pela ação do FSH e LH (Penz Junior; Bruno; Silva, 2009; Prunier; Quesnel, 2000).

Contudo, existem vários desafios que podem comprometer o desempenho reprodutivo das fêmeas suínas, especialmente das marrãs, sendo esses desafios provenientes do estresse adquirido pelo manejo dos animais, temperatura ambiental, transporte, aplicação de vacinas, doenças e nutrição (Martínez-Miró *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2023). Evitando maiores prejuízos na produção suinícola decorrentes de eventos estressores, estratégias nutricionais vêm sendo aplicadas para maximizar o potencial reprodutivo, destacando o uso de aminoácidos essenciais.

1.4.1 Aminoácidos

Aminoácidos (AA) são moléculas orgânicas com multifunções, podendo regular desde as vias metabólicas até contribuir para o desenvolvimento fetal. Os aminoácidos podem ser classificados em AA essenciais e não essenciais conforme a taxa de síntese realizada pelo organismo animal. Contudo, a suplementação desses AA em dietas de fêmeas suínas trazem benefícios que contribuem para a melhoria nos índices reprodutivos (Islas-Fabila *et al.*, 2024).

A carnitina possui grande capacidade funcional para regular o estado oxidativo e metabólico do sistema reprodutor feminino, mantendo a estabilidade da membrana celular por acetilação de fosfolípidios e ações anfifílicas, prevenindo danos ao DNA induzidos por radicais livres. Também, estabilizam a razão acetil-Co-A/Co-A para armazenamento adequado de acetila como suprimento de energia para manter a robustez das células reprodutivas (Agarwal; Sengupta; Durairajanayagam, 2018). Outros benefícios desse aminoácido são evidenciados na meta-análise realizada por Pereira *et al.* (2020), demonstrando que a suplementação da L-carnitina na fase gestacional pode melhorar os índices reprodutivos, contribuindo para o número

de leitões nascidos vivos e no peso individual ao nascimento. Também, outro aminoácido importante para o desempenho reprodutivo de fêmeas suínas é a valina, sendo a L-valina mais amplamente utilizada na produção animal, contribuindo para a fecundação monospermica, regulação da microbiota intestinal e funções imunológicas (Wang *et al.*, 2023).

Na revisão realizada por Hong *et al.* (2024), foi destacado que a suplementação dietética de arginina aumenta significativamente as atividades da glutathiona peroxidase (GPx) e do superóxido dismutase (SOD), podendo aliviar as respostas de estresse pela redução dos marcadores de estresse oxidativo, como as ROS e o malondialdeído (MDA). A arginina é um aminoácido essencial para o crescimento fetal, sua baixa concentração em dietas de porcas prenhes pode interferir no fornecimento de nutrientes pela redução do fluxo sanguíneo placentário-fetal, acarretando no crescimento atrasado dos fetos (Islas-Fabila *et al.*, 2024). Também, a suplementação de cisteína em dietas para fêmeas suínas pode influenciar nas funções antioxidantes, podendo contribuir nos índices reprodutivos, reduzindo a taxa de natimortos e leitões com baixo peso ao nascimento (Hong *et al.*, 2024).

Durante a fase gestacional, aminoácidos como a glutamina e a leucina, desempenham respostas importantes para o desempenho fetal, influenciando no desenvolvimento do blastocisto, implantação embrionária, resposta imune, sobrevivência e regulação metabólica. Dietas contendo triptofano também melhoram os índices reprodutivos, servindo como precursor de várias moléculas, além de contribuir para a eliminação de radicais livres, espécies reativas de nitrogênio e cloro, reduzindo o dano celular ocasionado pelo estresse (Islas-Fabila *et al.*, 2024).

1.4.2 Condição Corporal

A condição corporal pode ser definida como a proporção de matéria gordurosa e não gordurosa no corpo de animais vivos, podendo ser avaliado por métodos subjetivos e objetivos de pontuação (Soni *et al.*, 2019). A avaliação da condição corporal é uma ferramenta de manejo importante para o monitoramento da saúde e estado nutricional das fêmeas suínas, especialmente as leitoas de reposição. Essa condição corporal, por sua vez, está ligada à seleção genética e ao manejo nutricional fornecido durante a fase de crescimento (Patterson; Foxcroft, 2019).

O crescimento das marrãs exerce papel determinante na eficiência reprodutiva do plantel, pois fêmeas com condição corporal adequado apresentam maior produtividade e longevidade. O manejo nutricional durante o crescimento até a puberdade influencia

diretamente a maturidade e a capacidade reprodutiva das marrãs, contribuindo com a condição corporal esperada (Faccin *et al.* 2022). Estudos evidenciam que condições corporais ideais para a cobertura contribuem para os melhores resultados reprodutivos, onde o peso-alvo, espessura de toucinho (ET) e espessura de gordura dorsal devem estar entre 135 a 160 kg, 15 a 20 mm e 13 a 15 mm, respectivamente (Bortolozzo *et al.*, 2023; Faccin *et al.*, 2022; Monteiro *et al.*, 2025).

Entretanto, múltiplos fatores podem afetar o ganho de peso, condicionando à maior ou menor deposição corporal, interferindo no desempenho reprodutivo (Soni *et al.*, 2019). Marrãs que apresentam peso vivo >160 kg no momento da cobertura, comprometem a reprodução, interferindo na qualidade dos oócitos e reduzindo o número de leitões nascidos com maior predisposição à síndrome do segundo parto. Além disso, o excesso de peso nas fêmeas aumenta os problemas de claudicação, afetando o bem-estar das fêmeas e o desenvolvimento dos leitões, comprometendo a longevidade produtiva e elevando o descarte nos primeiros partos (Patterson; Foxcroft, 2019; Sarmiento *et al.*, 2021, 2023). Por outro lado, fêmeas com baixa condição corporal também apresentam desempenho comprometido, enfrentando taxas de concepção reduzidas e aumento do intervalo desmame-estro (Soni *et al.*, 2019).

Contudo, a condição corporal das marrãs é um fator-chave para o sucesso reprodutivo e a eficiência produtiva na suinocultura. Dessa forma, o adequado desenvolvimento corporal antes da primeira cobertura, aliado ao manejo nutricional correto, contribui com a melhora no desempenho reprodutivo, aumentando o tamanho da leitegada e prolongando a vida produtiva das fêmeas suínas modernas.

OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo principal estimar as respostas produtivas e reprodutivas de marrãs que foram alimentadas com Concentrado Proteico Imunomodulador durante o período de *flushing*. Além disso, foram delineados objetivos específicos, incluindo:

- I. Analisar o impacto do *flushing* e do Concentrado Proteico Imunomodulador sobre a condição corporal de marrãs;
- II. Avaliar respostas metabólicas e hormonais de marrãs alimentadas com Concentrado Proteico Imunomodulador no *flushing* e no estro;
- III. Correlacionar a condição corporal das marrãs com as respostas metabólicas e hormonais observadas durante o *flushing* e o estro.

- IV. Avaliar o desempenho reprodutivo de marrãs através do uso do Concentrado Proteico Imunomodulador durante o *flushing*, considerando indicadores no momento do parto;

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, A.; SENGUPTA, P.; DURAIRAJANAYAGAM, D. Role of L-carnitine in female infertility. **Reproductive Biology and Endocrinology**, v. 16, 2018.
- ANTUNES, R. C.; SOARES, J. S. **Suinocultura & Avicultura do básico a zootecnia de precisão**: A taxa de reposição de leitoas realmente mudou para 50%? – Guarujá, SP: Científica Digital, 2021, p. 34-41.
- ASHWORTH, C. J.; ANTIPATIS, C.; BEATTIE, L. Effects of pre- and post- mating nutritional status on hepatic function, progesterone concentration, uterine protein secretion and embryo survival in Meishan pigs. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 11, p. 67-73, 1999.
- BORTOLOZZO, F. P. *et al.* Managing Reproduction in Hyperprolific Sow Herds. **Animals**, v. 13, 2023.
- DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de Anatomia Veterinária: Pelve e Órgãos reprodutivos do Suíno** – 4 ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, p. 1508-1523.
- FACCIN, J. E. G. *et al.* Gilt development to improve offspring performance and survivability. **Journal of Animal Science**, v. 100, p. 1-10, 2022.
- FAILS, A. D. e MAGEE, C. **Anatomy and Physiology of Farm Animals: Anatomy of the Female Reproductive System** – 8 ed., Wiley Blackwell, 2018, p. 465-474.
- FERGUSON, E. M. *et al.* Effect of different nutritional regimens before ovulation on plasma concentrations of metabolic and reproductive hormones and oocyte maturation in gilts. **Reproduction**, v. 126, p. 61-71, 2003.
- GEISERT, R. D. *et al.* **Animal Agriculture: Sustainability, Challenges and Innovations: Reproductive physiology of swine** – 1 ed., Academic Press, 2020, p. 263-281.
- GLENCORSE, D.; GRUPEN, C. G.; BATHGATE, R. A review of the Monitoring Techniques Used to Detect Oestrus in Sows. **Animals**, v. 15, 2025.
- HAFEZ, E. S. E.; JAINUDEEN, M. R.; ROSNINA, Y. **Reprodução animal: Hormônios, Fatores de Crescimento e Reprodução** – 7 ed., Barueri, SP: Manole, 2004, p. 33-54.
- 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, 2024.
- ISLAS-FABILA, P. *et al.* Importance of Selected Nutrients and Additives in the Feed of Pregnant Sows for the Survival of Newborn Piglets. **Animals**, v. 14, art. 418, 2024.

KNOX, R. V. Follicle development in pigs: State of the art. **Molecular Reproduction & Development**, v. 90, p. 480-490, 2023.

KÖNIG, H. E.; PLENDL, J. E. LIEBICH, H.-G. **Anatomia dos Animais Domésticos: texto e atlas colorido: Órgãos Genitais Femininos (Organa Genitalia Feminina)** – 6 ed., Porto Alegre: Artmed, 2016, p. 429-450.

LANGENDIJK, P. **The gestating and lactating sow: Early gestation feeding and management for optimal reproductive performance** – 1 ed., The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2015, p. 27-46.

LUCIA JUNIOR, T. *et al.* **Reprodução animal: suínos e aves: Anatomia, endocrinologia e ciclo estral da fêmea suína** – 1 ed., Santana de Parnaíba, São Paulo: Manole, 2024, p. 3-32.

MACIEL, J. C. *et al.* **Atualidades na Saúde e Bem-Estar Animal: Ciclo estral em marrãs suínas de linhagem hiperprolífica** – 1 ed., Fortaleza: Editora In Vivo, 2020, p. 62-72.

MALLMANN, A. L. *et al.* Effects of flush feeding strategy before breeding on reproductive performance of modern replacement gilts: impacts on ovulation rate and litter traits. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 6, p. 1-10, 2020.

MARTÍNEZ-MIRÓ, S. *et al.* Causes, consequences and biomarkers of stress in swine: an update. **BMC Veterinary Research**, v. 12, 2016.

MONTEIRO, M. S. *et al.* The Role of Nutrition Across Production Stages to Improve Sow Longevity. **Animals**, v. 15, 2025.

PATTERSON, J.; FOXCROFT, G. Gilt management for fertility and longevity. **Animals**, v. 9, 2019.

PENZ JUNIOR, A. M.; BRUNO, D.; SILVA, G. Interação nutrição-reprodução em suínos. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 37, p. 183-194, 2009.

PEREIRA, L. P. *et al.* Implications of nutritional modulators in productive performance of pregnant and lactating sows. **Livestock Science**, v. 232, 2020.

PRUNIER, A.; QUESNEL, H. Nutritional influences on the hormonal control of reproduction in female pigs. **Livestock Production Science**, v. 63, p. 1-16, 2000.

REECE, W. O. **Dukes | Fisiologia dos animais domésticos: Reprodução Feminina dos Mamíferos** – 13 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017, p. 651-673.

SARMIENTO, M. P. *et al.* The in-utero experience of piglets born from sows with lameness shapes their life trajectory. **Scientific Reports**, v. 11, 2021.

SARMIENTO, M. P. *et al.* Lameness in Pregnant Sows Alters Placental Stress Response. **Animals**, v. 13, 2023.

SENGER, P. L. **Pathways to Pregnancy and Parturition: The Organization & Function of the Female Reproduction System** – 3 ed., Redmond: Current Conceptions, 2012, p. 10-43.

SONI, A. *et al.* Body condition scoring of swine: A review. **International Journal of Chemical Studies**, v. 7, n. 6, p. 749-754, 2019.

TAN, J. *et al.* Optimizing feeding regimen of replacement gilts to improve their reproductive performance and retention rate of their first 2 parities. **Animal Nutrition**, v. 12, p. 227-235, 2023.

WANG, C. *et al.* The biological functions and metabolic pathways of valine in swine. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 14, 2023.

WANG, L. *et al.* Research progress on anti-stress nutrition strategies in swine. **Animal Nutrition**, v. 13, p. 342-360, 2023.

CAPÍTULO 2 – RESPOSTAS DO CONCENTRADO PROTEICO IMUNOMODULADOR NO DESEMPENHO REPRODUTIVO DE MARRÃS DURANTE O FLUSHING

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi estimar respostas produtivas e reprodutivas de marrãs alimentadas com concentrado proteico imunomodulador durante o *flushing*. Foram utilizadas 196 marrãs com apresentação do segundo estro, sendo distribuídas em um delineamento em esquema fatorial 2 x 2, divididos em dois grupos (leves e pesadas) e dois tratamentos (0; 40 g/d de concentrado proteico imunomodulador), seguido por uma análise multivariada para formação de três novos grupos (C1, C2 e C3). Foram coletados dados de desempenho produtivo e reprodutivo, parâmetros metabólicos e hormonais, os quais foram submetidos à análise de variância, adotando-se o nível de 5% de significância. Não houve diferença ($P>0,05$) entre os grupos e tratamentos nos desempenhos produtivos e reprodutivos. A profundidade de lombo das marrãs em ambos os grupos apresentou redução durante o período de gestação ($P<0,05$). Marrãs alimentadas com imunomoduladores não apresentaram diferença ($P>0,05$) entre os parâmetros metabólicos e hormonais. Dietas contendo aditivo imunomodulador não alteram as repostas produtivas e reprodutivas de marrãs durante o *flushing*.

Palavras-chave: nutrição; reprodução; aditivos alimentares; imunomoduladores.

2.1 INTRODUÇÃO

A suinocultura moderna passou por transformações significativas nas últimas décadas, especialmente no que se refere à reprodução. A seleção genética tem gerado fêmeas hiperprolíficas, com ninhadas cada vez maiores, demandando mais das fêmeas de reposição (Bortolozzo *et al.*, 2023; Chen *et al.*, 2025; Peltoniemi *et al.*, 2019). Estratégias nutricionais vêm sendo utilizadas para maximizar esse potencial reprodutivo, possibilitando a permanência das marrãs no plantel por atender as exigências nutricionais adquiridas pelo melhoramento genético.

O *flushing* é caracterizado pelo fornecimento de uma dieta com maiores níveis de energia, podendo ser aplicado de 14 a 21 dias antes do período de cobertura (Faccin *et al.*, 2022). Essa estratégia nutricional tem como objetivo, melhorar a condição corporal, especialmente no início da gestação, o que repercute positivamente no desempenho durante a gestação e lactação, sendo essencial para a prevenção do balanço energético negativo em marrãs (Liu *et al.*, 2024; Peltoniemi *et al.*, 2019). Além disso, maximiza o potencial reprodutivo, aumentando o número de folículos recrutados, melhorando a qualidade dos ovócitos,

estimulando a ovulação e a probabilidade de sobrevivência dos embriões (Mallmann *et al.*, 2020; Tan *et al.*, 2023).

Também, a aplicação de concentrado proteico imunomodulador (IPC), pode ser utilizado para melhorar o desempenho reprodutivo e a saúde geral das fêmeas em etapas reprodutivas. O IPC é um aditivo alimentar composto por ingredientes concentrados de alto percentual de proteínas que contém frações proteicas com efeito imunomodulador, podendo apresentar em sua composição: aminoácidos, minerais, vitamínicos e extratos vegetais. Esses compostos possuem ações antioxidantes que auxiliam no reforço e regulação do sistema imune, diminuindo inflamações, estresses imunológicos, melhorando a resistência a patologias que possam comprometer o desempenho reprodutivo e a homeostase (Hong *et al.*, 2024; Islas-Fabila *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2023).

Além disso, a suplementação com imunomoduladores contribui para o desenvolvimento imunológico e o crescimento da leitegada, aumentando tanto a quantidade quanto o peso total das ninhadas nascidas e desmamadas, em virtude da modulação positiva na composição do leite das fêmeas suínas (Estienne *et al.*, 2025; Long *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2020).

Contudo, eventos estressores acompanham marrãs desde o nascimento, sendo desafiadas diariamente, o que pode prejudicar o desempenho produtivo para seleção de entrada ao plantel e a eficiência reprodutiva. A demanda metabólica proveniente do melhoramento genético, associada ao estresse, pode interferir no ganho de peso esperado das marrãs no momento da cobertura. A redução da condição corporal, prejudica o desenvolvimento folicular, acarretando em menor competência de oócitos, atraso no retorno ao estro, menor taxa de ovulação e pior desenvolvimento embrionário (Costermans *et al.*, 2020, 2023; van Wettere *et al.*, 2011).

Nesse sentido, a utilização dessas estratégias nutricionais pode ser uma ótima ferramenta para combater os desafios que acompanham as marrãs até a cobertura, contribuindo com a condição corporal adequada, maximizando o potencial produtivo e melhorando os índices reprodutivos adquiridos pela seleção genética. Pensando nisso, o objetivo do presente estudo é estimar respostas produtivas e reprodutivas de marrãs alimentadas com concentrado proteico imunomodulador durante o *flushing*.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O uso de animais para este experimento foi aprovado pelo Credenciamento Institucional para Atividades com Animais em Ensino ou Pesquisa/Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CIAEP/CONCEA) nº 01.0288.2014 e pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Agrocere Multimix (CEUA-AGMMX) (Protocolo nº 35.24).

2.2.1 Local, Alojamento e Animais Experimentais

O experimento foi conduzido em uma granja experimental, localizada na cidade de Patos de Minas/MG, Brasil. Foram utilizadas 196 marrãs (Agrocere PIC, Camborough, Patos de Minas, Brasil), com média de 134 kg de peso vivo com aproximadamente 180 a 190 dias de idade e apresentação do segundo estro. No início do experimento, foi considerado um delineamento experimental de blocos casualizados em fatorial 2 x 2 (dois grupos x dois tratamentos). Cada tratamento continha 98 repetições, sendo cada animal considerado uma unidade experimental. Após a coleta dos dados experimentais, foi realizada uma análise multivariada com formação de três novos grupos (C1, C2 e C3) para melhor análise e obtenção de resultados.

Durante seis semanas cerca de 30 fêmeas/semana foram alojadas em galpão de *flushing*, sendo distribuídas semanalmente em dois grupos conforme o peso apresentado ao 2º estro: leves ($126,9 \pm 0,442$ kg) e pesadas ($140,8 \pm 0,828$ kg); e divididos em dois tratamentos: Controle (dieta da fase de *flushing*) (Tabela 1) e Controle + Concentrado Proteico Imunomodulador (IPC; 40 g/d) (Figura 3). As marrãs permaneceram em gaiolas individuais durante o período de *flushing*, sendo equipadas com bebedouro tipo chupeta, comedouro tipo calha e piso semi ripado de concreto. Diariamente era passado o macho entre as gaiolas individuais das fêmeas, em associação com o teste de pressão posterior, para identificação do estro. As marrãs permaneceram aproximadamente 21 dias no galpão de *flushing*, até a identificação do terceiro estro, sendo inseminadas com média de 154 kg de peso vivo, pelo método de inseminação artificial cervical (Will *et al.*, 2021).

Após a inseminação artificial, as marrãs permaneceram alojadas durante 110 dias em seis baias coletivas em galpão com sistema de alimentação automatizada modelo Gestal 3G® (Jyga Technologies, Quebec, Canadá), com capacidade para 32 animais por baia em dimensões de 12,60 m x 5,18 m (2 m²/animal), com bebedouros nipple. O galpão possui sistema automático para controle de temperatura, composto pelo sistema de refrigeração por placas

evaporativas com exaustores laterais, iluminação artificial por leds (12 h claro: 12 h escuro) e canaletas para escoamento de dejetos. Com 110 dias de gestação até o momento do parto, as marrãs foram alojadas em salas de maternidade, compostas por celas de parição com um comedouro tipo tulha conectados a um bebedouro tipo chupeta e climatização por sistema de refrigeração por placas evaporativas com exaustores laterais.

Figura 3 - Visão esquemática do delineamento experimental. Um total de 196 marrãs de reposição em seu segundo cio foram selecionadas para o estudo, distribuídas aleatoriamente em dois tratamentos (Controle ou 40 g/d de Concentrado Proteico Imunomodulador) durante a fase de *flushing*. Das 98 fêmeas selecionadas em cada tratamento, 49 foram agrupadas em leve ou pesada (L e P, respectivamente), recebendo o tratamento até a inseminação no terceiro cio. Marrãs sem problemas reprodutivos durante a fase de *flushing* permaneceram no estudo. *Marrãs removidas por apresentar anestro.

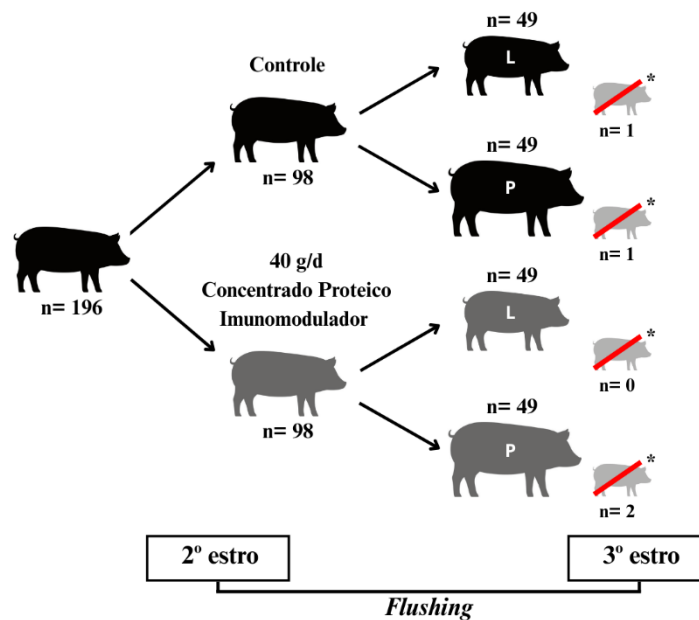


Tabela 1 - Composição e níveis de nutrientes da dieta basal de marrãs durante as fases de *flushing* e gestação

Item			
Ingredientes	Unidade	<i>Flushing</i>	Gestação
Milho	kg	714,84	680,38
Farelo de soja 46% PB	kg	95,00	187,12
Farelo de bolacha	kg	100,0	-
Farelo de trigo	kg	-	100,0
Açúcar	kg	50,00	-
Calcário calcítico	kg	9,82	9,75
Fosfato bicálcico	kg	10,17	10,42
Sal comum	kg	5,61	5,01
L-Lisina Monohidrocloreto 99%	kg	3,13	-
DL-Metionina 99%	kg	1,23	-
L-Treonina 98,5%	kg	1,54	-
L-Triptofano 60%	kg	0,38	-
L-Valina 98%	kg	0,27	-
Premix ¹	kg	5,00	5,00
Adsorvente ²	kg	3,00	2,50
Concentrado proteico imunomodulador ³	g	40,00	-
Total	g	1000	1000
Nutrientes			
Matéria seca	%	88,97	87,78
Matéria mineral	%	4,630	5,360
Proteína bruta	%	11,16	15,03
Extrato etéreo	%	3,640	2,920
Amido	g/kg	46,03	45,20
Fibra bruta	%	1,990	3,020
Fibra em detergente ácido	%	2,560	4,190
Fibra em detergente neutro	%	9,520	13,30
Cálcio total	%	0,840	0,850
Fósforo total	%	0,440	0,550
Fósforo disponível	%	0,390	0,410
Fitase	FTU/g	0,600	0,510
Sódio	%	0,240	0,220
Energia metabolizável	kcal/kg	3291	3100
Lisina digestível	%	0,640	0,650
Metionina + Cistina digestível	%	0,460	0,440
Treonina digestível	%	0,480	0,470
Triptofano digestível	%	0,120	0,160
Valina digestível	%	0,490	0,650

Fonte: Agrocerec Multimix, Rio Claro, São Paulo, Brasil.

¹Premix mineral e vitamínico fornecido pela Agrocerec Multimix (Rio Claro, São Paulo, Brasil). Fornecimento por kg de dieta (base natural): Cálcio (mín) 205,33 g (máx) 227,33 g, Cobre (mín) 3.465,00 mg, Cromo (mín) 6,66 mg, Ferro (mín) 4.000,00 mg, Flúor (máx) 650,00 mg, Fósforo (mín) 65,00 g, Iodo (mín) 60,00 mg, Manganês (mín) 2.400,00 mg, Selênio (mín) 11,67 mg, Sódio (mín) 70,00 g, Zinco (mín) 4.800,00 mg, Ácido Fólico (mín) 50,00 mg, Ácido Pantotênico (mín) 666,70 mg, Biotina (mín) 16,70 mg, Colina (mín) 20,00 g, Niacina (mín) 1.166,90 mg, Vitamina A (mín) 333.400,00 UI, Vitamina B1 (mín) 73,30 mg, Vitamina B12 (mín) 833,45 mcg, Vitamina B2 (mín) 133,30 mg, Vitamina B6 (mín) 73,30 mg, Vitamina D3 (mín) 112.520,00 UI, Vitamina E (mín) 1.667,00 UI, Vitamina K3 (mín) 110,00 mg, Fitase (mín) 16.670,00 FTU. ²Aditivo adsorvente de micotoxinas fornecido pela GRASP (Curitiba, Paraná, Brasil). Fornecimento por kg de dieta (base natural): Bentonita, 690 g; Parede celular de levedura, 300 g; Silimarina, ≥500 mg. ³Concentrado proteico imunomodulador fornecido pela Agrocerec Multimix (Rio Claro, São Paulo, Brasil). Fornecido 40 g/dia *on top*: Proteína Bruta (mín) 100,00 g, Extrato Etéreo (mín) 20,00 g, Fibra Bruta (máx) 200,00 g, Matéria Mineral (máx) 100,00 g, Umidade (máx) 130,00 g, Carnitina (mín) 1.000,00 mg, Lisina (mín) 5.000,00 mg, Treonina (mín) 3.000,00 mg, Triptofano (mín) 1.000,00 mg, Valina (mín) 10,00 g, Cálcio (mín) 450,00 mg (máx) 9.350,00 mg, Cromo (mín) 5,00 mg, Fósforo (mín) 1.000,00 mg, Selênio (mín) 5,00 mg, Sódio (mín) 1.500,00 mg, Zinco (mín) 100,00 mg, Vitamina A (mín) 50.000,00 UI, Vitamina D3 (mín) 25.000,00 UI, Vitamina E (mín) 30,00 UI, Bacillus licheniformis 16.000,00 10E6 UFC, Bacillus subtilis 16.000,00 10E6 UFC, DHA (mín) 7.000,00 mg.

2.2.2 Dietas Experimentais e Manejo Alimentar

As dietas (Tabela 1) foram formuladas com base nas necessidades de manutenção das fêmeas suínas em período de *flushing* e gestação seguindo as recomendações por Rostagno *et al.* (2024). O milho e o farelo de soja utilizados nas dietas experimentais foram previamente analisados por espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS) para valores de matéria seca, matéria mineral, fibra bruta, extrato etéreo, proteína bruta, energia bruta.

A água e a ração foram fornecidas à vontade. A ração foi fornecida manualmente e fracionada em três ofertas por dia (7h40min, 12h30min e 15h00min), sendo ajustada de acordo com o consumo voluntário *ad libitum* de cada marrã. Animais com tratamento IPC receberam de forma *on top* 40 g/dia do aditivo a base de aminoácidos (L-carnitina, L-valina), minerais quelatados, vitaminas (D3, E) e extratos vegetais (orégano, pimenta, cravo), seguindo as recomendações do fabricante (Agrocere Multimix, Rio Claro, São Paulo, Brasil). Os comedouros foram conferidos diariamente a cada fornecimento de ração, sendo as sobras de ração, retiradas do comedouro, desidratadas e pesadas individualmente. A higienização dos comedouros e das baias ocorreu diariamente.

2.2.3 Respostas Avaliadas

2.2.3.1 Desempenho produtivo

O peso vivo e o consumo de ração foram calculados com base nos valores das pesagens. Durante a fase de *flushing* as marrãs foram pesadas no início do alojamento, 5º dia e manifestação do estro em balança de piso individual (Balança Trentin, modelo BT, Videira, Santa Catarina, Brasil). O consumo de ração foi estimado diariamente pela diferença entre a quantidade ofertada e sobras de ração pesadas em balança comercial (Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda, modelo 9094C/6, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil). O ganho de peso diário foi calculado com base no ganho de peso total a partir das datas de pesagem individual das marrãs.

Parâmetros de condição corporal das marrãs foram mensurados durante o *flushing* no início e 5º dia, ao estro e entrada de maternidade. Os dados sobre a espessura de toucinho e profundidade de lombo foram obtidos através do aparelho de sistema de diagnóstico por imagem ultrassônico digital (Mindray, modelo DP-10Vet, Shenzhen, China) com probe

(Mindray, modelo 75L38EB, tamanho 485 mm x 340 mm x 100 mm, Shenzhen, China), sendo as medidas ultrassônicas coletadas na região P2 (entre a penúltima e a última costela dos suínos, a 65 mm da linha média dorsal) (Al Ard Khanji *et al.*, 2018). Medidas de calíper foram realizadas quantificando a angularidade do processo espinhoso ao processo transversal na última costela, seguindo metodologia proposta por Knauer e Baitinger (2015).

2.2.3.2 Desempenho reprodutivo

Foi contabilizado o tempo do ciclo estral (intervalo inter estro) das marrãs entre o segundo e terceiro estro. Informações de desempenho reprodutivo foram coletadas durante o acompanhamento dos partos. Número de leitões totais, vivos, natimortos e mumificados foram obtidos através da contagem individual. Peso dos leitões vivos, natimortos, mumificados e placenta foram obtidos através da pesagem em balança comercial (Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda, modelo 9094C/6, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil). Com base no peso e número total de leitões vivos foi realizado o cálculo para obtenção do peso médio dos leitões vivos.

O valor de conteúdo uterino foi obtido através do somatório dos pesos da leitegada e da placenta, onde: [Conteúdo uterino (kg)= $0,3 + 1,329 * \text{peso de nascidos (kg)}$] ($R^2=0,96$) (Dourmad *et al.*, 1997). Informações sobre a data e horário de início e encerramento do parto foram coletadas ao término do trabalho de parto.

2.2.3.3 Parâmetros hormonais e metabólicos

Ao quinto dia de *flushing* e no estro, foram coletadas amostras de 20 mL de sangue de 24 animais (12 animais/tratamento), em jejum de duas horas, por meio de punção da veia jugular, utilizando tubos estéreis com gel e ativador de coágulo (Neo Vaccumi[®], Kerala, India) (Melnyk *et al.*, 2022). Para a coleta foram selecionados os animais com peso médio representando cada tratamento e bloco. Foram avaliados os parâmetros bioquímicos de metabolismo energético (glicose, triglicerídeos, insulina e leptina) e os parâmetros hormonais reprodutivos (progesterona, LH, FSH, IGF-1 e estradiol). As análises bioquímicas e hormonais séricas foram realizadas utilizando um analisador bioquímico automatizado (VITROS[®] 5600 Integrated System, Ortho Clinical Diagnostics, San Diego, CA, EUA). As concentrações séricas de glicose e triglicerídeos foram determinadas por fotometria de reflectância, utilizando lâminas de química seca (tecnologia VITROS MicroSlide). As concentrações séricas de LH, FSH,

estradiol e IGF-I foram determinadas por imunoensaio por quimioluminescência, utilizando kits de reagentes específicos validados para a plataforma VITROS. A concentração sérica de insulina também foi determinada por imunoensaio por quimioluminescência no mesmo sistema. As concentrações séricas de progesterona foram determinadas por imunoensaio por eletroquimioluminescência. As concentrações séricas de leptina foram quantificadas por ensaio imunoenzimático (ELISA) utilizando um kit comercial, seguindo as instruções do fabricante. Todas as análises foram realizadas de acordo com os protocolos recomendados pelo fabricante, e os procedimentos de controle de qualidade foram conduzidos conforme as recomendações para o sistema VITROS 5600.

2.2.4 Análises Estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade, sendo realizadas análises gráficas e retirada de *outliers* (desvios superiores a 3 vezes o valor da média). Os efeitos de tratamento, grupos (leves e pesadas) e dos lotes não apresentaram significância ($P > 0,05$) sobre as variáveis resposta. Entretanto, diferenças ($P < 0,05$) observadas intra grupos quanto a idade e condição corporal foram novamente analisadas. Uma análise multivariada foi conduzida por meio da Análise de Componentes Principais (PCA), utilizando o pacote *FactoMineR* no software Rstudio 4.5.1. A seleção dos componentes principais considerou a variância acumulada (Tabela 2), sendo retidos os componentes suficientes para explicar mais de 80% da variância total dos dados. Adicionalmente, os autovalores foram avaliados como critério auxiliar, conforme a Regra de Kaiser. Com base nos componentes principais, foi aplicada a Análise de Agrupamento Hierárquico sobre os Componentes Principais (HCPC), combinando o método de Ward e a consolidação por k-means, com determinação automática do número ótimo de clusters. A visualização gráfica dos resultados (Figura 4) foi realizada por meio do pacote *factoextra*, utilizando biplots da PCA com projeção dos clusters obtidos pela HCPC no plano definido pelos dois primeiros componentes principais, incluindo vetores das variáveis originais e elipses de confiança para representar a dispersão dos indivíduos em cada grupo. Os grupos obtidos pela HCPC para cada tratamento foram devidamente divididos utilizando os efeitos de idade e condição corporal (peso vivo, espessura de toucinho, profundidade de lombo e caliper) (Tabela 3).

O desempenho produtivo das marrãs foi explorado a partir da análise de variâncias em um modelo linear misto considerando os efeitos fixos (tratamentos, grupos e períodos de coleta) e aleatórios (animais e lotes). Já o desempenho reprodutivo ao parto foi avaliado a partir das

matrizes de variância e covariância de um modelo linear generalizado com médias ajustadas (LS-Means) de tratamentos e grupos utilizando covariáveis no modelo estatístico. As comparações entre as médias foram consideradas significativas ao nível de 5% de probabilidade e tendências ao nível de 10%. Correlações entre desempenho produtivo e parâmetros hormonais/bioquímicos foram realizadas pelo método de Pearson a 5% de probabilidade. As análises de variância entre os dados e de correlações foram realizadas pelo MINITAB 19.

Para avaliar a capacidade de discriminação entre os tratamentos experimentais sobre os parâmetros hormonais e metabólicos foi realizada a Análise Discriminante Linear (LDA). A LDA foi conduzida utilizando a função *lda* do pacote *MASS* no software Rstudio 4.5.1, considerando o tratamento como variável categórica dependente e as concentrações de parâmetros hormonais e metabólicos como variáveis independentes no momento das duas coletas durante o *flushing*. A projeção dos indivíduos foi realizada ao longo da primeira função discriminante (LD1), e o desempenho do modelo foi avaliado por meio de matriz de confusão e acurácia aparente, calculada como a proporção de observações corretamente classificadas.

Tabela 2 - Autovalores, proporção individual e cumulativa da variação nas características de idade e composição corporal explicadas por cada componente principal avaliado em marrãs

Componentes principais	Autovalores	Variância total, %	Variância acumulada, %
Componente 1	2,2439210	44,878421	44,87842
Componente 2	0,9963077	19,926153	64,80457
Componente 3	0,8520504	17,041007	81,84558
Componente 4	0,5268763	10,537525	92,38311
Componente 5	0,3808446	7,6168930	100,0000

Figura 4 - Contribuição na Análise de Componentes Principais (PCA) e no Agrupamento Hierárquico Baseado em Componentes Principais (HCPC): idade, peso, espessura de toucinho (ET), profundidade de lombo (PL) e compasso de marrãs em *flushing*.

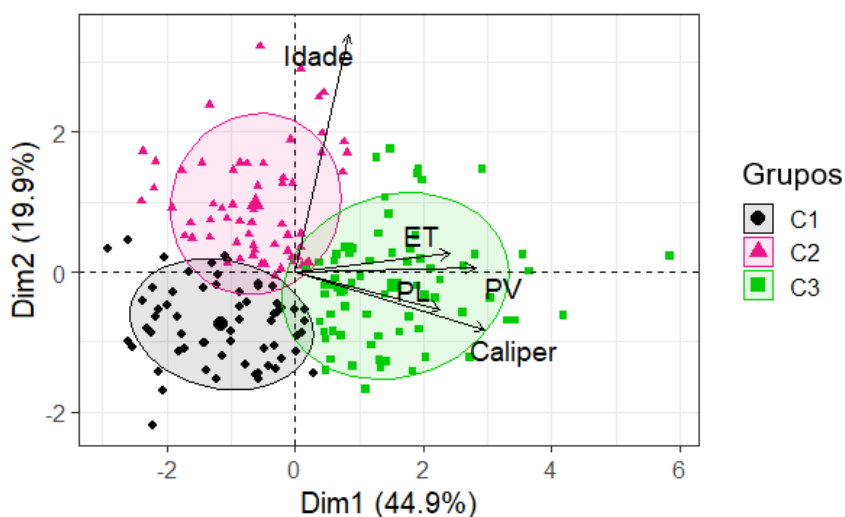


Tabela 3 - Organização dos grupos de marrãs por Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando os efeitos da idade e da condição corporal

	Idade, d	PV, kg	ET, mm	PL, mm	Caliper, mm
C1	180,7±6,010	128,3±5,930	10,92±2,087	51,18±3,405	10,34±1,138
C2	200,5±8,500	130,4±6,170	12,50±2,751	50,57±4,066	10,27±1,244
C3	191,8±8,780	141,8±9,420	14,82±3,229	56,30±3,956	12,64±1,184

C: Cluster. PV: Peso vivo. ET: Espessura de toucinho. PL: Profundidade de lombo.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Desempenho Produtivo

O desempenho produtivo das marrãs avaliado a partir da condição corporal (peso, ET, PL e caliper) e duração de *flushing* não diferiu ($P>0,05$) entre IPC e Controle (Tabela 4). Com a formação dos clusters é possível identificar claramente as diferenças do grupo C3 em relação ao C1 e C2 com marrãs mais pesadas ($P<0,001$), com maior ET e PL além de maiores valores de caliper ($P<0,001$), porém sem alterar ($P>0,05$) o período de *flushing* das fêmeas. Como esperado, a condição corporal das marrãs indicadas nos períodos inicial, 5º dia de *flushing*, estro e ao parto diferiram ao longo do tempo ($P<0,001$). Contudo, é possível observar que a profundidade de lombo das marrãs aumenta até o estro e diminui ao parto ($P<0,001$).

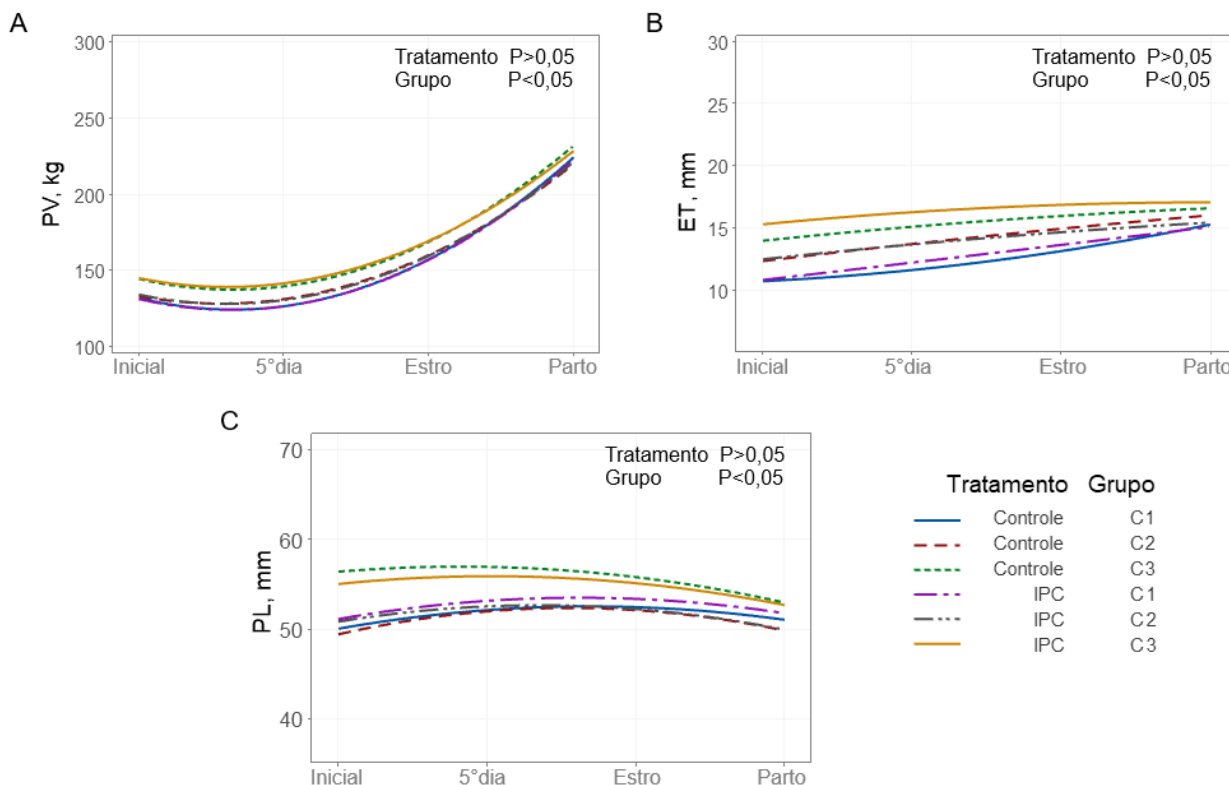
Além disso, marrãs aumentaram o peso corporal ao longo do período de *flushing* até a data próxima ao parto (Figura 5A). Embora sem alterar ($P>0,05$), a suplementação com IPC manteve a ET e PL maiores durante o período avaliado (Figura 5B e 5C). Destaca-se que marrãs C3 em ambos os tratamentos diminuíram a deposição proteica no lombo desde o início do *flushing* até a entrada na maternidade.

Tabela 4 - Desempenho de marrãs em diferentes grupos alimentadas com dietas contendo concentrado proteico imunomodulador, avaliadas ao longo do tempo

	PV, kg	ET, mm	PL, mm	Caliper, mm	Flushing, d	Intervalo interestro, d
Tratamento						
Controle	163,6	14,03	52,64	12,06	20,73	22,44
IPC	163,8	14,46	52,82	12,27	20,50	21,99
Grupo						
C1	159,0 ^b	12,75 ^c	51,96 ^b	11,72 ^b	19,92	21,77
C2	160,9 ^b	14,12 ^b	51,07 ^b	11,51 ^b	21,27	22,78
C3	171,2 ^a	15,87 ^a	55,15 ^a	13,27 ^a	20,65	22,10
Tempo						
Início	133,7 ^d	12,77 ^b	52,74 ^b	11,11 ^c	-	-
5º dia	140,7 ^c	13,25 ^b	52,19 ^b	11,55 ^b	-	-
Estro	153,2 ^b	15,39 ^a	55,21 ^a	13,08 ^a	-	-
Parto	227,3 ^a	15,57 ^a	50,77 ^c	12,92 ^a	-	-
Efeitos fixos						
Tratamento	0,926	0,289	0,721	0,144	0,654	0,335
Grupo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,110	0,220
Tempo	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-

PV: Peso vivo. ET: Espessura de toucinho. PL: Profundidade de lombo. IPC: Concentrado Proteico Imunomodulador. dpr: desvio padrão residual. ^{a,b}Letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey a 95% de significância.

Figura 5 - Condição corporal de marrãs avaliada ao longo do tempo. A) Peso corporal de marrãs em diferentes tratamentos e grupos, mensurado em três períodos do *flushing* e ao parto. B) Espessura de toucinho de marrãs em diferentes tratamentos e grupos, mensurada em três períodos do *flushing* e ao parto. C) Profundidade de lombo de marrãs em diferentes tratamentos e grupos, mensurada em três períodos do *flushing* e ao parto. PV: Peso vivo. ET: Espessura de toucinho. PL: Profundidade de lombo. IPC: Concentrado Proteico Imunomodulador.



O consumo de ração durante o *flushing* e a eficiência alimentar das marrãs não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 5). O consumo de ração (médio diário e acumulado) de marrãs foi semelhante ($P > 0,05$) entre os grupos. O ganho de peso diário das marrãs e a conversão alimentar não diferiram ($P > 0,05$) entre os tratamentos e os grupos.

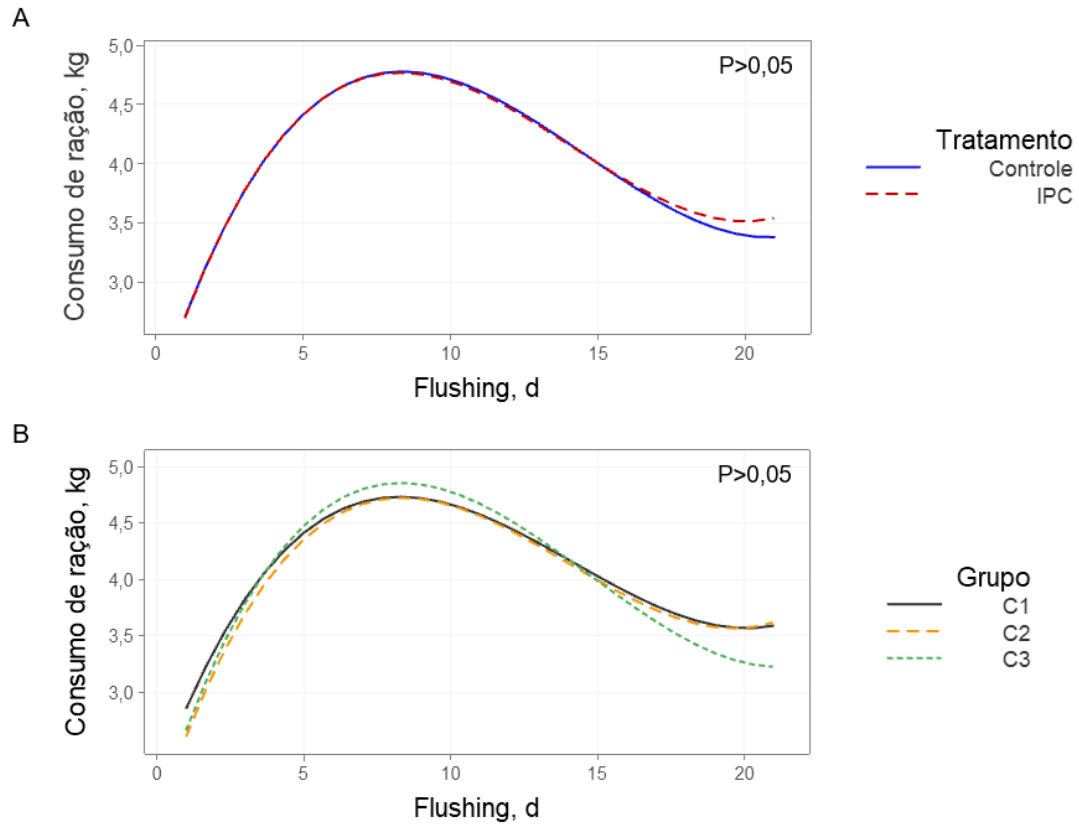
Em ambos os tratamentos, o consumo de ração das marrãs apresentou-se semelhante durante o período de *flushing* ($P > 0,05$) (Figura 6A). Também, esse comportamento alimentar foi observado entre os grupos (Figura 6B), não havendo diferença ($P > 0,05$) entre as fêmeas com diferentes pesos. Contudo, é identificado um aumento gradual do consumo das marrãs até o oitavo dia, seguido por uma queda do consumo até dia 20 do período de *flushing*.

Tabela 5 - Consumo de ração e eficiência de ganho de peso de marrãs alimentadas com dietas contendo concentrado proteico imunomodulador durante o período de *flushing*

	Controle			IPC			dpr	Trat	Efeitos	
	C1	C2	C3	C1	C2	C3			Grupo	Trat*Grupo
N marrãs	25	37	36	38	25	35				
Consumo médio diário, kg/d ¹	4,185	4,032	4,057	4,154	3,952	4,117	0,427	0,787	0,082	0,637
Consumo acumulado até o estro, kg	77,56	82,58	81,55	80,17	80,00	79,42	15,49	0,757	0,683	0,590
Ganho médio diário, kg/d	0,951	1,009	0,887	0,978	0,920	0,964	0,274	0,895	0,641	0,227
Conversão alimentar	4,403	4,040	4,344	4,348	4,436	4,401	1,219	0,461	0,778	0,578

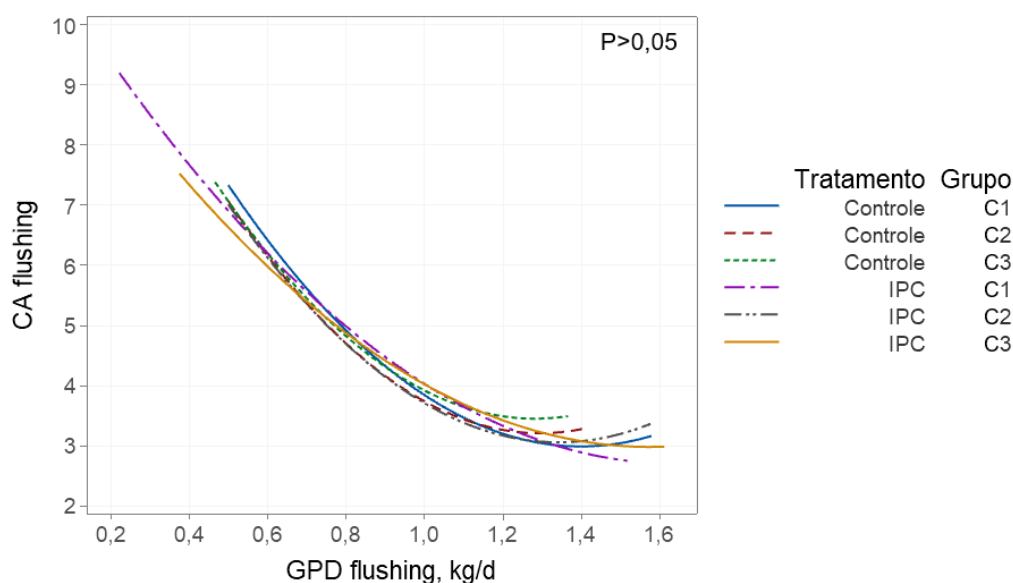
¹Lote utilizado como covariável no modelo (P<0,05). IPC: Concentrado Proteico Imunomodulador. C: Cluster. dpr: desvio padrão residual. Trat: Tratamento.

Figura 6 - Consumo de ração de marrãs durante o período de *flushing*. A) Consumo de ração de marrãs submetidas a diferentes tratamentos contendo concentrado proteico imunomodulador durante o período de *flushing*. B) Consumo de ração de marrãs em diferentes grupos durante o período de *flushing*.



O consumo de ração atendeu as exigências nutricionais de crescimento diário para marrãs de linhagens modernas (Figura 7). Considerando este ajuste nutricional, a conversão alimentar de marrãs alimentadas com ou sem IPC durante o *flushing* foram ajustadas para as curvas de crescimento de cada fêmea sem alterar ($P>0,05$) a conversão alimentar entre os grupos.

Figura 7 - Relação entre a conversão alimentar (CA) e o ganho de peso diário (GPD) de marrãs durante o período de *flushing*. IPC: Concentrado Proteico Imunomodulador. Ajuste de regressão: Controle 1: $CA = 13,52 - 15,06 \text{ GPD} + 5,386 \text{ GPD}^2$; $R^2 = 90,3\%$. Controle 2: $CA = 13,47 - 15,85 \text{ GPD} + 6,111 \text{ GPD}^2$; $R^2 = 82,3\%$. Controle 3: $CA = 13,19 - 15,18 \text{ GPD} + 5,931 \text{ GPD}^2$; $R^2 = 81,4\%$. IPC 1: $CA = 11,40 - 10,59 \text{ GPD} + 3,219 \text{ GPD}^2$; $R^2 = 91,3\%$. IPC 2: $CA = 13,12 - 14,99 \text{ GPD} + 5,578 \text{ GPD}^2$; $R^2 = 84,7\%$. IPC 3: $CA = 10,82 - 9,971 \text{ GPD} + 3,169 \text{ GPD}^2$; $R^2 = 87,3\%$.



2.3.2 Desempenho Reprodutivo

Marrãs que apresentaram problemas reprodutivos e locomotores, impossibilitando o adequado desenvolvimento experimental e bem-estar dos animais durante o período gestacional, foram retiradas do estudo. Totalizaram 13 e 6 fêmeas retiradas dos tratamentos controle e IPC, respectivamente, sendo 5 por repetição de cio, 3 por morte, 2 por abortamento, 2 por claudicação, 3 por corrimento e 4 por perda dos dados.

Marrãs ao parto alimentadas durante o *flushing* com dietas contendo ou não IPC não alteram ($P > 0,05$) a condição corporal e seu desempenho reprodutivo (Tabela 6). O peso corporal, profundidade de lombo e caliper das marrãs ao parto diferiram ($P < 0,05$) entre marrãs dos grupos C2 e C3, sem alterar ($P > 0,05$) o ganho de peso e a espessura de toucinho durante a gestação. Não houve interação entre tratamentos e grupos para as variáveis mensuradas e observadas.

Tabela 6 - Desempenho produtivo e reprodutivo de marrãs ao parto alimentadas com dietas contendo concentrado proteico imunomodulador durante o período de *flushing*

	Controle			IPC			dpr	Trat	Efeitos	
	C1	C2	C3	C1	C2	C3			Grupo	Trat*Grupo
N marrãs	22	30	33	37	23	32				
Peso ao parto, kg	227,7 ^{ab}	222,2 ^b	234,2 ^a	224,9 ^{ab}	223,7 ^b	231,1 ^a	18,33	0,603	0,016	0,771
Ganho de peso durante a gestação, kg	79,20	71,02	74,48	77,16	74,17	70,13	15,40	0,647	0,076	0,416
ET ao parto, mm	15,09	15,83	16,34	14,89	15,25	16,83	4,050	0,874	0,096	0,772
PL ao parto, mm	50,34 ^{ab}	49,11 ^b	52,55 ^a	51,40 ^{ab}	49,35 ^b	51,92 ^a	5,706	0,805	0,021	0,728
Caliper ao parto, mm ¹	12,64 ^{ab}	12,61 ^b	13,33 ^a	13,11 ^{ab}	12,13 ^b	13,66 ^a	1,820	0,693	0,005	0,351
Dias de gestação, d	114,7	115,2	115,1	115,2	115,2	115,3	1,096	0,187	0,482	0,418
Leitões totais, n	16,95	16,69	16,57	16,68	16,39	16,26	3,054	0,536	0,787	1,000
Leitões nascidos vivos, n	16,15	15,70	14,93	15,40	15,35	14,97	3,011	0,452	0,325	0,791
Peso dos leitões nascidos vivos, kg	21,15	20,60	20,95	20,25	21,33	20,48	4,250	0,747	0,935	0,597
Peso médio dos leitões nascidos vivos, kg	1,411	1,333	1,441	1,310	1,386	1,392	0,200	0,308	0,222	0,144
Natimortos, n	1,400	1,900	1,929	1,750	1,231	1,500	0,920	0,269	0,829	0,165
Peso dos natimortos, kg	1,774	2,061	2,290	2,118	1,763	1,825	1,158	0,623	0,908	0,477
Mumificados, n	1,250	1,500	1,800	1,545	1,333	1,667	0,864	0,995	0,362	0,737
Peso dos mumificados, kg	0,554	0,592	0,681	0,581	0,556	0,434	0,635	0,628	0,996	0,763
Peso da placenta, kg	3,402	3,327	3,113	3,235	3,703	3,391	1,244	0,401	0,519	0,485
Conteúdo uterino, kg	25,47	24,89	25,40	24,34	26,04	24,56	4,944	0,723	0,818	0,438
Duração do parto, min ²	252,3	274,9	247,1	238,7	244,5	263,7	73,24	0,436	0,608	0,252

IPC: Concentrado Proteico Imunomodulador. C: Cluster. dpr: desvio padrão residual. Trat: Tratamento. ET: Espessura de toucinho. PL: Profundidade de lombo.

¹Médias dos mínimos quadrados (LS-Means) para a variável, com lote utilizado como covariável no modelo (P<0,05). ²Covariáveis: número total de leitões (P=0,097); indução do parto (P=0,164); assistência ao parto (P=0,559); horário de início do parto (período do dia) (P=0,004); maternidade (P=0,073). ^{a,b}Letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey a 95% de significância.

2.3.3 Parâmetros Hormonais e Metabólicos

Informações sobre as variáveis metabólicas e hormonais (Tabela 7), mostram que a utilização do concentrado proteico imunomodulador associado à dieta de *flushing* não diferiu ($P>0,05$) para os parâmetros metabólicos (glicose, triglicerídeos, leptina e insulina), bem como para os parâmetros hormonais (estradiol, progesterona, IGF-1, FSH e LH).

Tabela 7 - Parâmetros metabólicos e hormonais de marrãs alimentadas com dietas contendo concentrado proteico imunomodulador durante o período de *flushing*

	Controle	IPC	dpr	Trat
N marrãs	12	12		
5° dia de <i>flushing</i>				
Glicose, mg/dL*	80,67	77,51	7,636	0,355
Triglicerídeos, mg/dL*	54,28	57,57	21,48	0,723
Leptina, ng/mL*	0,420	0,420	-	-
Insulina, μ UI/mL*	12,14	11,27	8,619	0,815
Estradiol, pg/mL*	38,58	39,76	11,98	0,842
Progesterona, ng/mL*	18,31	18,16	7,457	0,963
IGF-1, ng/mL*	156,8	169,1	33,06	0,392
FSH, mUI/mL*	1,122	1,102	0,523	0,928
LH, mIU/mL*	0,220	0,220	-	-
Estro				
Glicose, mg/dL*	86,55	85,11	11,37	0,786
Triglicerídeos, mg/dL*	69,08	69,01	21,81	0,995
Leptina, ng/mL*	0,420	0,420	-	-
Insulina, μ UI/mL*	13,60	8,600	9,297	0,257
Estradiol, pg/mL*	44,56	46,75	18,85	0,813
Progesterona, ng/mL*	0,750	1,312	0,939	0,231
IGF-1, ng/mL*	159,0	182,0	36,07	0,184
FSH, mUI/mL*	1,036	1,118	0,334	0,605
LH, mIU/mL*	0,220	0,220	-	-

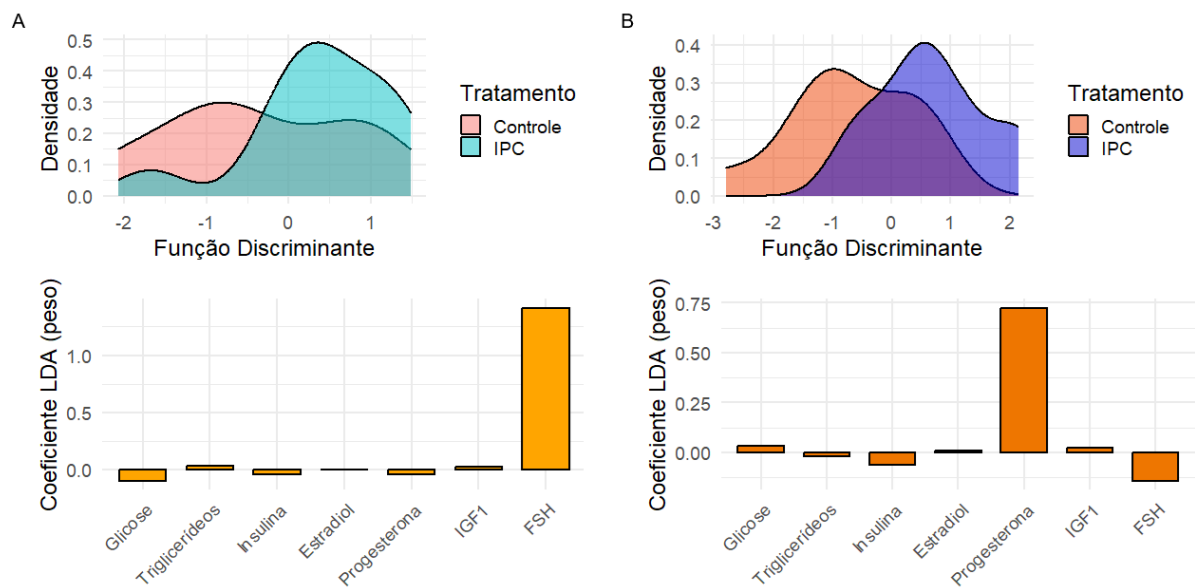
IPC: Concentrado Proteico Imunomodulador. dpr: desvio padrão residual. Trat: Tratamento. IGF-1: Fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1. FSH: Hormônio folículo-estimulante. LH: Hormônio luteinizante. *Intervalo interestro utilizado como covariável no modelo ($P<0,05$).

A LDA mostrou que os perfis metabólicos e hormonais dos grupos Controle e IPC apresentam separação moderada ao 5° dia de *flushing* (Figura 8A). Existe diferença média entre os grupos, mas com grande sobreposição individual. O componente discriminante foi praticamente dominado pelo FSH, cuja magnitude de coeficiente indica que este hormônio foi o principal responsável por diferenciar os tratamentos. As demais variáveis que entraram na análise tiveram pesos próximos de zero e contribuíram pouco para a separação.

Por outro lado, distribuições dos dois tratamentos apresentam áreas de sobreposição durante o estro (Figura 8B), mas também deslocamento dos seus picos, sugerindo que os animais dos dois grupos apresentam perfis hormonais e metabólicos distintos nesse momento

fisiológico. No gráfico dos coeficientes é demonstrado que a progesterona foi a principal responsável por diferenciar os tratamentos. Em menor magnitude, IGF-1, estradiol e glicose contribuíram positivamente. A insulina, triglicerídeos e FSH apresentaram pesos negativos, indicando um padrão de oposição entre um tratamento e outro.

Figura 8 - A) Análise Discriminante Linear (LDA) relacionada à coleta de sangue de marrãs no 5º dia de *flushing*. B) Análise Discriminante Linear (LDA) relacionada à coleta de sangue de marrãs durante o estro. IPC: Concentrado Proteico Imunomodulador.



2.3.4 Correlação entre Desempenho Produtivo e Variáveis Sanguíneas

Correlações entre as variáveis de desempenho e os parâmetros metabólicos e hormonais de marrãs são possíveis ser identificadas durante o período de *flushing* (Tabela 8). Níveis de glicose correlacionam-se negativamente ($P < 0,01$) com o consumo de ração (diário e total) e espessura de toucinho das marrãs ao 5º dia de *flushing*. Marrãs com maior consumo de ração (diário e total) apresentaram menores níveis de triglicerídeos ao 5º dia de *flushing* ($P < 0,01$), apresentando correlação negativa entre as variáveis. Níveis de IGF-1 correlacionam-se positivamente ($P < 0,01$) com a espessura de toucinho em marrãs ao 5º dia de *flushing*. Marrãs com menor espessura de toucinho apresentaram maiores níveis de FSH ao 5º dia de *flushing* ($P < 0,01$).

Os níveis de glicose correlacionam-se positivamente ($P < 0,05$ e $P = 0,056$) com o consumo de ração (diário e total) das marrãs ao estro. Marrãs com maior consumo de ração (diário e total) ao longo do período de *flushing* apresentaram menores níveis de progesterona

ao estro ($P<0,05$). Níveis de progesterona correlacionam-se positivamente ($P=0,079$) com a profundidade de lombo de marrãs ao estro. Marrãs com maior medida de caliper apresentaram menores níveis de FSH ao estro ($P<0,01$), apresentando correlação negativa entre as variáveis.

Tabela 8 - Correlação entre variáveis de desempenho e parâmetros metabólicos e hormonais de marrãs durante o período de *flushing*

5º dia de <i>Flushing</i>	PV, kg	ET, mm	PL, mm	Caliper, mm	Consumo acumulado total, kg	Consumo médio diário, kg
Glicose, mg/dL	-0,142 ^{ns}	-0,525**	-0,335 ^{ns}	-0,269 ^{ns}	-0,523**	-0,523**
Triglicerídeos, mg/dL	0,260 ^{ns}	0,024 ^{ns}	-0,338 ^{ns}	-0,183 ^{ns}	-0,609**	-0,609**
Insulina, µUI/mL	0,162 ^{ns}	0,090 ^{ns}	-0,249 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,116 ^{ns}	0,116 ^{ns}
Estradiol, pg/mL	-0,300 ^{ns}	0,181 ^{ns}	-0,184 ^{ns}	-0,079 ^{ns}	-0,145 ^{ns}	-0,145 ^{ns}
Progesterona, ng/mL	-0,195 ^{ns}	-0,057 ^{ns}	0,297 ^{ns}	-0,082 ^{ns}	-0,101 ^{ns}	-0,101 ^{ns}
IGF-1, ng/mL	0,130 ^{ns}	0,406*	0,171 ^{ns}	-0,018 ^{ns}	0,273 ^{ns}	0,273 ^{ns}
FSH, mUI/mL	-0,317 ^{ns}	-0,436*	-0,044 ^{ns}	-0,284 ^{ns}	0,145 ^{ns}	0,145 ^{ns}
Estro	PV, kg	ET, mm	PL, mm	Caliper, mm	Consumo acumulado total, kg	Consumo médio diário, kg
Glicose, mg/dL	-0,250 ^{ns}	0,174 ^{ns}	-0,066 ^{ns}	-0,361 ^{ns}	0,434 ^t	0,492*
Triglicerídeos, mg/dL	-0,038 ^{ns}	0,069 ^{ns}	-0,158 ^{ns}	0,029 ^{ns}	0,308 ^{ns}	0,188 ^{ns}
Insulina, µUI/mL	0,111 ^{ns}	-0,007 ^{ns}	-0,133 ^{ns}	-0,052 ^{ns}	-0,222 ^{ns}	-0,136 ^{ns}
Estradiol, pg/mL	0,019 ^{ns}	0,058 ^{ns}	0,142 ^{ns}	0,275 ^{ns}	-0,121 ^{ns}	-0,078 ^{ns}
Progesterona, ng/mL	0,270 ^{ns}	-0,189 ^{ns}	0,413 ^t	0,312 ^{ns}	-0,467*	-0,489*
IGF-1, ng/mL	0,115 ^{ns}	-0,142 ^{ns}	-0,308 ^{ns}	-0,281 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,314 ^{ns}
FSH, mUI/mL	-0,141 ^{ns}	-0,146 ^{ns}	-0,064 ^{ns}	-0,573**	0,123 ^{ns}	0,030 ^{ns}

PV: Peso vivo. ET: Espessura de toucinho. PL: Profundidade de lombo. IGF-1: fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1. FSH: Hormônio folículo-estimulante. LH: Hormônio luteinizante. Correlação de Pearson ao nível de significância de 5%. ^{ns}P>0,10. ^tP<0,10. *P<0,05. **P<0,01. ***P<0,001.

2.4 DISCUSSÃO

Múltiplos fatores podem interferir no peso das marrãs, condicionando à maior ou menor deposição corporal. O ganho de peso das marrãs no início da fase produtiva, pode ser crucial para o adequado desempenho reprodutivo, interferindo na longevidade e permanência das marrãs no plantel (Faccin *et al.*, 2022). A condição corporal, por sua vez, está ligada à seleção genética e ao manejo nutricional durante a fase de crescimento (Patterson; Foxcroft, 2019). As variações individuais na curva de crescimento associadas ao comportamento alimentar à vontade podem explicar as diferenças de peso e espessura de toucinho no início do estudo. Embora tenham sido formados grupos de marrãs, todas apresentaram condição corporal dentro do esperado, atingindo peso-alvo, ET e espessura de gordura dorsal dentro da faixa esperada para reprodução, sendo de 135 a 160 kg, 15 a 20 mm e 13 a 15 mm, respectivamente (Bortolozzo *et al.*, 2023; Faccin *et al.*, 2022; Monteiro *et al.*, 2025). Marrãs que apresentam peso vivo >160 kg no momento da cobertura, possuem a reprodução comprometida,

interferindo na qualidade dos oócitos e reduzindo o número de leitões nascidos com maior predisposição à síndrome do segundo parto. O excesso de peso nas fêmeas aumenta os problemas de claudicação, afetando o bem-estar das fêmeas e o desenvolvimento dos leitões, comprometendo a longevidade produtiva e elevando o descarte nos primeiros partos (Patterson; Foxcroft, 2019; Sarmiento *et al.*, 2021, 2023).

A utilização de estratégias nutricionais no período de *flushing*, proporciona às marrãs, condições corporais e fisiológicas adequadas para a primeira cobertura, maximizando o potencial reprodutivo adquirido pelo melhoramento genético (Bortolozzo *et al.*, 2023). Estudos evidenciam que o fornecimento de dietas ricas em energia, no período pré-cobertura melhoram os resultados reprodutivos das marrãs, aumentando a taxa de ovulação e a sobrevivência de embriões (Mallmann *et al.*, 2020; Monteiro *et al.*, 2025; Tan *et al.*, 2023). Visto que, o consumo energético no período inter-estro potencializa a resposta do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal, estimulando a produção de GnRH e aumentando a atividade ovariana (Ferguson *et al.*, 2003; Mallmann *et al.*, 2020). Além disso, a absorção de nutrientes da dieta possibilita o ganho de peso vivo e ET adequados para reprodução, proporcionando uma melhor condição corporal para o período gestacional, interferindo na longevidade das marrãs (Tan *et al.*, 2023).

Ademais, o uso de imunomoduladores também melhora a eficiência reprodutiva, contribuindo com respostas fisiológicas benéficas para a homeostase das marrãs (Hong *et al.*, 2024; Islas-Fabila *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2023) e aumento das taxas de sobrevivência da leitegada (Chen *et al.*, 2025; Estienne *et al.*, 2025; Tsukahara *et al.*, 2018). Entretanto, sua aplicação vem sendo amplamente utilizada na fase gestacional. Por exemplo, o uso de aminoácidos como a L-carnitina e L-valina contribuem com o aumento do número e o peso de leitões vivos, melhorando a fecundidade monospérmica e o estado oxidativo e metabólico do sistema reprodutor feminino (Agarwal; Sengupta; Durairajanayagam, 2018; Pereira *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2023). Também, vitaminas D3 e E, possuem ações antioxidantes, auxiliando na regulação da função ovariana em condições fisiológicas e patológicas (Grzesiak; Knapczyk-Stwora; Slomczynska, 2021; Parraguez *et al.*, 2021).

Outros imunomoduladores importantes são os compostos fitogênicos, como o timol e o carvacrol, capazes de controlar infecções, diminuindo expressões gênicas de fatores de virulência bacteriana, *quorum sensing* e formação de biofilme por *Escherichia coli* enterotoxigênica, evitando a expressão de espécies reativas de oxigênio (Wang *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2015). Além disso, microminerais e oligoelementos também possuem capacidade antioxidante, destacando-se o zinco e o cromo, os quais contribuem com a resistência celular contra radicais livres (Hao; Xing; Gu, 2021). Bem como, o cálcio, que auxilia no

desenvolvimento corporal, evitando problemas de claudicação que afetam a sustentação do peso e o estresse ocasionado pelo desconforto das lesões de casco e comprometem a homeostase e o funcionamento do sistema reprodutor feminino (Monteiro *et al.*, 2025). Contudo, a utilização do IPC no presente estudo não apresentou evidências significativas do seu uso, podendo a resposta ser mascarada pela dieta, que atendeu todas as exigências nutricionais das marrãs no período de *flushing*.

Essa resposta também foi observada para o desempenho reprodutivo, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. Todavia, a condição corporal das marrãs, foi essencial para o resultado, estando ambos os grupos na faixa de peso esperada para a reprodução, variando entre 135 a 160 kg no momento da cobertura (Faccin *et al.*, 2022). Também, a espessura de toucinho possui grande influência nos índices reprodutivos, sendo destacado pelo estudo de Tan *et al.* (2023), onde marrãs que apresentaram ≥ 17 mm de ET exibiram melhores resultados em comparação as que continham < 17 mm. Contudo, o presente estudo contradiz esses resultados, não havendo diferença entre os grupos, podendo os resultados variarem conforme a linhagem genética utilizada.

A profundidade de lombo também é uma grande aliada ao desempenho reprodutivo, onde a ingestão adequada de aminoácidos beneficia a estrutura física das marrãs ao parto (Cantin *et al.*, 2025). Entretanto, os dados obtidos no presente estudo demonstram uma redução da PL em ambos os tratamentos e os grupos após a entrada no período gestacional. Adicionalmente, marrãs com menor peso apresentaram valores de PL mais baixos. Esse comportamento pode ser ocasionado pela falta de aminoácidos durante fases críticas na gestação, sendo importantes para o desenvolvimento fetal e estrutural das glândulas mamárias, levando a processos catabólicos como resposta compensatória, acarretando redução das medidas corporais para o adequado desenvolvimento reprodutivo (Cantin *et al.*, 2025; Gormley *et al.*, 2024; Kim *et al.*, 2023). Com efeito, a deficiência de proteína adequada na fase final da gestação das marrãs compromete as concentrações de aminoácidos básicos e neutros na placenta e no endométrio, impactando negativamente no peso e uniformidade da leitegada (Islas-Fabila *et al.*, 2024).

Em relação aos parâmetros sanguíneos, foi observado no presente estudo que não houve alteração significativa ($P > 0,05$) entre os parâmetros metabólicos e hormonais das marrãs alimentadas em ambos os tratamentos. Todavia, adaptações à novos ambientes podem elevar o estresse em marrãs, interferindo em valores exatos no início do *flushing*. Entretanto, marrãs no período de estro apresentaram concentrações séricas de progesterona mais baixas em relação ao início da fase de *flushing*, correlacionando negativamente com o consumo acumulado até o

cio. Esse comportamento é característico da fisiologia do ciclo estral, onde concentrações de progesterona são mais baixas no período de estro devido a luteólise e o aumento das concentrações de estradiol no sangue (Knox, 2019; Nunes *et al.*, 2019). O aumento acentuado de estradiol no sangue próximo ao estro é influenciado pela presença de folículos médios e grandes, possuindo predominantemente receptores de LH (Knox, 2019). Respostas comportamentais durante o estro são facilmente percebidas pela inquietação das marrãs, apresentando busca ativa pelo macho com intensa vocalização e redução do tempo de alimentação. Isso ocorre devido à maior sensibilidade do eixo neuroendócrino e à menor experiência social e sexual, resultando na redução do consumo das marrãs, visto que, o aumento dos níveis de estradiol próximo ao estro pode estar associado ao efeito inibidor do apetite (Chitakasempornkul *et al.*, 2019; Glencorse; Grupen; Bathgate, 2025).

Contudo, não foi observado nenhuma alteração dos níveis séricos de LH entre as duas coletas de sangue, visto que, concentrações de IGF-1 apresentam efeitos sinérgicos com LH sobre a esteroidogênese (Madej; Brandt; Einarsson, 2009; Penz Junior; Bruno; Silva, 2009). Todavia, respostas da aplicação de IPC foram influenciadas pelo uso da dieta energética no período de *flushing*, contribuindo com as demandas nutricionais das marrãs no período pré-cobertura. Contudo, não pode ser ignorada a hipótese que o uso de IPC tenha também contribuído com a demanda dos níveis de proteína para o ganho de peso vivo esperado para reprodução (Faccin *et al.*, 2022; Monteiro *et al.*, 2025).

2.5 CONCLUSÕES

Dietas contendo concentrado proteico imunomodulador não alteram a condição corporal das marrãs na fase de *flushing*. Marrãs com diferentes idades e condições corporais no período de *flushing* apresentam desempenho reprodutivo semelhante quando alimentadas com dietas contendo concentrado proteico imunomodulador. Concentrações séricas metabólicas e hormonais de marrãs não são influenciadas com 40 g/d de concentrado proteico imunomodulador associadas às dietas de *flushing*.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, A.; SENGUPTA, P.; DURAIRAJANAYAGAM, D. Role of L-carnitine in female infertility. **Reproductive Biology and Endocrinology**, v. 16, 2018.
- AL ARD KHANJI, M. S. *et al.* Using body measurements to estimate body weight in gilts. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 98, n. 2, p. 362–367, 2018.

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

CANTIN, J. *et al.* Optimizing Sow and Litter Performance via a Comprehensive Service-to-Weaning Feeding Regimen. **Animals**, v. 15, 2025.

CHEN, Y. *et al.* High-fertility sows reshape gut microbiota: the rise of serotonin-related bacteria and its impact on sustaining reproductive performance. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 16, 2025.

CHITAKASEMPORNKUL, K. *et al.* Investigating causal biological relationships between reproductive performance traits in high-performing gilts and sows. **Journal of Animal Science**, v. 97, p. 2385–2401, 2019.

COSTERMANS, N. G. J. *et al.* Consequences of negative energy balance on follicular development and oocyte quality in primiparous sows. **Biology of Reproduction**, v. 102, n. 2, p. 388–398, 2020.

COSTERMANS, N. G. J. *et al.* Physiological and metabolic aspects of follicular developmental competence as affected by lactational body condition loss. **Molecular Reproduction and Development**, v. 90, p. 491–502, 2023.

DOURMAD, J. Y. *et al.* Prédiction de la composition chimique des truies reproductrices à partir du poids vif et de l'épaisseur de lard dorsal. **Journées Rech. Porcine en France**, v. 29, p. 255–262, 1997.

ESTIENNE, M. J. *et al.* Reproductive Performance and Milk Composition of Sows Fed Diets Supplemented with an Immunomodulator. **Animals**, v. 15, 2025.

FACCIN, J. E. G. *et al.* Gilt development to improve offspring performance and survivability. **Journal of Animal Science**, v. 100, p. 1–10, 2022.

FERGUSON, E. M. *et al.* Effect of different nutritional regimens before ovulation on plasma concentrations of metabolic and reproductive hormones and oocyte maturation in gilts. **Reproduction**, v. 126, p. 61–71, 2003.

GLENCORSE, D.; GRUPEN, C. G.; BATHGATE, R. A Review of the Monitoring Techniques Used to Detect Oestrus in Sows. **Animals**, v. 15, 2025.

GORMLEY, A. *et al.* Impacts of Maternal Nutrition on Sow Performance and Potential Positive Effects on Piglet Performance. **Animals**, v. 14, 2024.

GRZESIAK, M.; KNAPCZYK-STWORA, K.; SLOMCZYNSKA, M. Vitamin D3 in ovarian antral follicles of mature gilts: Expression of its receptors and metabolic enzymes, concentration in follicular fluid and effect on steroid secretion in vitro. **Theriogenology**, v. 160, p. 151–160, 2021.

HAO, Y.; XING, M.; GU, X. Research Progress on Oxidative Stress and Its Nutritional Regulation Strategies in Pigs. **Animals**, v. 11, 2021.

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, 2024.

ISLAS-FABILA, P. *et al.* Importance of Selected Nutrients and Additives in the Feed of Pregnant Sows for the Survival of Newborn Piglets. **Animals**, v. 14, 2024.

KIM, H. *et al.* Effects of different levels of dietary crude protein on the physiological response, reproductive performance, blood profiles, milk composition and odor emission in gestating sows. **Animal Bioscience**, v. 36, n. 8, p. 1263–1273, 2023.

KNAUER, M. T.; BAITINGER, D. J. The sow body condition caliper. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 31, n. 2, p. 175–178, 2015.

KNOX, Robert V. Physiology and endocrinology symposium: Factors influencing follicle development in gilts and sows and management strategies used to regulate growth for control of estrus and ovulation. **Journal of Animal Science**, v. 97, p. 1433–1445, 2019.

LIU, K. *et al.* Effect of altrenogest treatment before weaning on reproductive performance and production efficiency in primiparous and multiparous sows. **Porcine Health Management**, v. 10, 2024.

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, 2021.

MADEJ, A.; BRANDT, Y.; EINARSSON, S. Endocrine dynamics associated with follicle development in pigs: a review. **Animal Reproduction**, v. 6, n. 1, p. 135–143, 2009.

MALLMANN, A. L. *et al.* Effects of flush feeding strategy before breeding on reproductive performance of modern replacement gilts: Impacts on ovulation rate and litter traits. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 6, p. 1–10, 2020.

MELNYK, V. *et al.* Hematological and biochemical blood indicators of young gilts after estrus synchronization. **Scientific Papers. Series D. Animal Science**, v. 65, n.1, 2022.

MONTEIRO, M. S. *et al.* The Role of Nutrition Across Production Stages to Improve Sow Longevity. **Animals**, v. 15, 2025.

NUNES, B. L. M. *et al.* Monitoramento dos metabólitos fecais de progesterona e estradiol durante o ciclo estral em fêmeas suínas. **Pubvet**, v. 13, n. 2, p. 1-6, 2019.

PARRAGUEZ, V. H. *et al.* Maternal supplementation with herbal antioxidants during pregnancy in swine. **Antioxidants**, v. 10, 2021.

PATTERSON, J.; FOXCROFT, G. Gilt management for fertility and longevity. **Animals**, v. 9, 2019.

PELTONIEMI, O. *et al.* Developments of reproductive management and biotechnology in the pig. **Animal Reproduction**, v. 16, n. 3, p. 524–538, 2019.

PENZ JUNIOR, A. M.; BRUNO, D.; SILVA, G. Interação nutrição-reprodução em suínos. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 37, p. 183-194, 2009.

PEREIRA, L. P. *et al.* Implications of nutritional modulators in productive performance of pregnant and lactating sows. **Livestock Science**, v. 232, 2020.

ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 5. ed. Viçosa, MG: Suprema, 2024, p. 531.

SARMIENTO, M. P. *et al.* The in-utero experience of piglets born from sows with lameness shapes their life trajectory. **Scientific Reports**, v. 11, 2021.

SARMIENTO, M. P. *et al.* Lameness in Pregnant Sows Alters Placental Stress Response. **Animals**, v. 13, 2023.

TAN, J. *et al.* Optimizing feeding regimen of replacement gilts to improve their reproductive performance and retention rate of their first 2 parities. **Animal Nutrition**, v. 12, p. 227–235, 2023.

TSUKAHARA, T. *et al.* Probiotic supplementation improves reproductive performance of unvaccinated farmed sows infected with porcine epidemic diarrhea virus. **Animal Science Journal**, v. 89, p. 1144–1151, 2018.

van WETTERE, W. H. E. J. *et al.* Nutritional restriction of pre-pubertal liveweight gain impairs ovarian follicle growth and oocyte developmental competence of replacement gilts. **Theriogenology**, v. 75, p. 1301–1310, 2011.

WANG, L. *et al.* Research progress on anti-stress nutrition strategies in swine. **Animal Nutrition**, v. 13, p. 342-360, 2023.

WILL, K. J. *et al.* Reproductive performance in gilts following applications of different insemination doses and techniques. **Theriogenology**, v. 160, p. 26-32, 2021.

ZHANG, T. *et al.* Effects of dietary oregano essential oil supplementation on the stress response, antioxidative capacity, and HSPs mRNA expression of transported pigs. **Livestock Science**, v. 180, p. 143–149, 2015.