



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS CURITIBANOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA
CONVENCIONAL E INTEGRATIVA

Maria Eduarda Hindlmayer

**Indicadores de saúde e qualidade do colostro em fêmeas suínas: estudo de parâmetros
hematobioquímicos, colostrais e transferência de imunidade passiva**

Curitibanos
2025

Maria Eduarda Hindlmayer

Indicadores de saúde e qualidade do colostro em fêmeas suínas: estudo de parâmetros hematobioquímicos, colostrais e transferência de imunidade passiva

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária Convencional e Integrativa da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Medicina Veterinária Convencional e Integrativa.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Menin.

Curitiba

2025

Hindlmayer, Maria Eduarda

Indicadores de saúde e qualidade do colostro em fêmeas suínas: : estudo de parâmetros hematobioquímicos, colostrais e transferência de imunidade passiva / Maria Eduarda Hindlmayer ; orientador, Álvaro Menin, 2025.
65 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária Convencional e Integrativa, Curitibanos, 2025.

Inclui referências.

1. Medicina Veterinária Convencional e Integrativa. 2. parâmetros. 3. Suínos. 4. Colostro. 5. Hematobioquímicos. I. Menin, Álvaro. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária Convencional e Integrativa. III. Título.

Maria Eduarda Hindlmayer

Indicadores de saúde e qualidade do colostro em fêmeas suínas: estudo de parâmetros hematobioquímicos, colostrais e transferência de imunidade passiva

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado, em 28 de agosto de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Álvaro Menin, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Alexandre de Oliveira Tavela, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Conrado de Oliveira Gamba, Dr.

VERTÀ Laboratórios, Passo Fundo, RS.

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Medicina Veterinária Convencional e Integrativa.

Prof. Marcos Henrique Barreta, Dr.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Álvaro Menin, Dr.

Orientador

Curitiba, 2025

Aqueles que estão sempre comigo:
Meu amor, meus pais e meus filhos peludos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, não apenas pela oportunidade, mas por poder vive-la ao lado daqueles que eu amo.

Ao meu amor. Obrigada por estar comigo durante todo o processo seja me encorajando, me ouvindo, me alimentando ou cuidando da casa. Meus sonhos e realizações não seriam tão doces sem você, obrigada por ser tudo que eu sempre sonhei.

Aos meus pais. Obrigada por sempre estarem ao meu lado. Eu não seria nada do que sou hoje sem vocês, vocês são as pernas que me fazem caminhar todos os dias em direção aos meus sonhos.

Aos meus filhos peludos. Fox, essa conquista é sua também por sempre estar ao meu lado durante as longas noites de estudo e me chamar na hora de parar e descansar. Obrigada por dar sentido ao meu amor pela medicina veterinária. Tão presente que ensinou a Judite a me acompanhar também.

Ao meu orientador, Professor Álvaro. Obrigada por todo o conhecimento, orientação e paciência durante o desenvolvimento deste trabalho. Sua determinação e vontade em prol da ciência é admirável e um exemplo a ser seguido.

Ao VERTÀ Laboratórios. Por todo o apoio institucional, emocional e manual. Bem como sua equipe que sempre me apoiou e incentivou para chegar até aqui. Destaco um agradecimento especial à Carolina Reck que desde o começo apoiou essa jornada de braços abertos.

À banca avaliadora. Obrigada pela disponibilidade em contribuir com a minha formação.

Aqueles que me apoiaram durante todo esse período. À Jéssica Figueredo, obrigada por me apoiar tanto na bancada quanto no emocional desde o começo, feliz pelo emprego me dar uma amiga como você. À Ana Karolina por sempre me aconselhar quando eu me sentia perdida. À Gabriela e Jhenifer por serem meu apoio todos os dias.

À UFSC, pela oportunidade de poder realizar uma pós-graduação de qualidade. Ao professor Alexandre Tavela por aceitar embarcar nessa jornada comigo. A todos os professores que compartilharam seu conhecimento e aos demais alunos da pós-graduação que compartilharam surtos e objetivos.

Por fim, a todos aqueles que encontrei e reencontrei durante todo esse período.

RESUMO

A suinocultura é um setor estratégico para a produção de proteína animal no Brasil e globalmente. A falta de intervalos de referência brasileiros para parâmetros hematobioquímicos dificultam a avaliação do estado de saúde das matrizes gestantes nos rebanhos. Além disso, a elevada mortalidade de leitões nas primeiras semanas de vida permanece um dos principais desafios mundiais. Neste contexto, este estudo teve como objetivo estabelecer intervalos de referência para parâmetros hematológicos, bioquímicos e colostrais em matrizes suínas clinicamente saudáveis, bem como avaliar a eficiência da colostragem e transferência de imunidade passiva aos leitões. Foram analisadas amostras de sangue, colostro e leite de 478 porcas gestantes, clinicamente saudáveis, provenientes de 22 granjas comerciais brasileiras sob programa de vacinação padrão. Adicionalmente, foi realizada a coleta de sangue de neonatos para avaliação da transferência de imunidade passiva. As análises incluíram exames hematobioquímicos, ELISA, refratometria de Brix e imunócrito. Os resultados permitiram definir intervalos de referência para parâmetros hematológicos e bioquímicos compatíveis com a fisiologia de matrizes suínas em sistemas comerciais brasileiros. A análise do colostro mostrou níveis de IgG $73,86 \text{ mg/mL} \pm 35,29$, Brix de $25,86\% \pm 3,42$ e imunócrito de $0,20 \pm 0,13$, com correlações significativas com o teste ELISA ($r > 0,60$) para determinação da quantidade de imunoglobulinas totais, sendo primariamente IgG. A análise da transferência de imunidade passiva por meio do imunócrito e da concentração sérica de IgG nos leitões demonstrou-se eficaz para avaliar a imunocompetência neonatal e a qualidade da colostragem. Assim, este estudo propõe intervalos de referência para matrizes gestantes de rebanhos comerciais brasileiros e destaca o imunócrito como uma ferramenta prática, acessível e confiável para o monitoramento da qualidade colostrálica e da transferência de imunidade passiva, contribuindo para estratégias de redução da mortalidade de leitões nas primeiras semanas de vida.

Palavras-chave: colostro; imunoglobulinas; imunócrito; suínos; imunidade passiva.

ABSTRACT

Swine production is a strategic sector for animal protein production in Brazil and globally. The lack of Brazilian reference intervals for hematobiochemical parameters hinders the assessment of the health status of pregnant sows in national herds. Moreover, the high piglet mortality rate during the first weeks of life remains one of the main global challenges. In this context, the aim of this study was to establish reference intervals for hematological, biochemical, and colostral parameters in clinically healthy sows, as well as to evaluate the efficiency of colostrum intake and the transfer of passive immunity to piglets. Blood, colostrum, and milk samples were collected from 478 clinically healthy pregnant sows from 22 commercial farms in Brazil under standard vaccination programs. Additionally, blood samples from neonates were collected to assess the transfer of passive immunity. The analyses included hematobiochemical tests, ELISA, Brix refractometry, and immunocrit. The results defined reference intervals for hematological and biochemical parameters consistent with the physiology of sows in Brazilian commercial systems. Colostrum analysis showed IgG levels of $73.86 \text{ mg/mL} \pm 35.29$, Brix values of $25.86\% \pm 3.42$, and immunocrit of 0.20 ± 0.13 , with significant correlations with the ELISA test ($r > 0.60$) for determining total immunoglobulin concentration, primarily IgG. The analysis of passive immunity transfer through immunocrit and serum IgG concentration in piglets proved effective in evaluating neonatal immunocompetence and the quality of colostrum intake. Thus, this study proposes reference intervals for pregnant sows from Brazilian commercial herds and highlights the immunocrit as a practical, accessible, and reliable tool for monitoring colostrum quality and passive immunity transfer, contributing to strategies aimed at reducing piglet mortality in the first weeks of life.

Keywords: colostrum; immunoglobulins; immunocrit; swine; passive immunity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ontogenia do sistema imune em suínos, da concepção à puberdade. A imunidade passiva, adquirida via colostro e leite, predomina do nascimento ao desmame, enquanto a imunidade adaptativa se desenvolve gradualmente.25

Figura 2. Evolução da composição bromatológica do colostro no dia 0 (colostrogênese) e do leite nos dias 10 e 21 de lactação (galactogênese) durante a lactação em matrizes suínas. (A) Variação nos teores de matéria seca, proteína bruta, gordura e lactose no colostro (n=125). (B) Valores médios de pH (n=125). (C) valores de imunócrito no colostro (n=125). (D) Evolução do imunócrito sérico em leitões avaliados imediatamente após o parto (dia 0, antes da primeira mamada, em estado agamaglobulinêmico), 1 dia após o parto, 3 dias após o parto e ao desmame (20 dias de idade) (n=42).40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação entre quantidade de IgG presente no colostro com a porcentagem de Brix	27
Tabela 2. Parâmetros hematológicos estabelecidos para matrizes suínas clinicamente saudáveis, submetidas ao programa vacinal padrão.	36
Tabela 3. Parâmetros bioquímicos estabelecidos para matrizes suínas clinicamente saudáveis, submetidas ao programa vacinal padrão.	37
Tabela 4. Parâmetros colostrais estabelecidos para matrizes suínas clinicamente saudáveis, submetidas ao programa vacinal padrão.	38
Tabela 5. Correlação de Spearman entre os ensaios de avaliação da colostragem (ELISA, imunócrito e Brix) em suínos.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Porcentagem
ALB	Albumina
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AST	Aspartato aminotransferase
ALP	Fosfatase Alcalina
ALT	Alanina aminotransferase
CHCM	Concentração de Hemoglobina Corpuscular média
ELISA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
GGT	Gama-glutamilttransferase
GLU	Glicose
GLOB	Globulinas
HCM	Hemoglobina Corpuscular média
Ht	Hematócrito
Hb	Hemoglobina
IgA	Imunoglobulina A
IgG	Imunoglobulina G
IgM	Imunoglobulina M
L	Litro
mL	Mililitro
MCH	Hemoglobina Corpuscular média
MCHC	Concentração de Hemoglobina Corpuscular média
MVC	Volume Corpuscular médio
PDW	Largura de distribuição de plaquetas
pH	Potencial hidrogeniônico
PLT	Plaquetas
RBC	Hemácias (Red Blood Cells)
RDW	Largura de distribuição de eritrócitos
TP	Proteína Total
TPP	Proteína Plasmática Total
VCM	Volume corpuscular médio
WBC	Leucócitos (White Blood Cells)

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	16
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DA MATRIZ.....	19
2.2	GLÂNDULA MAMÁRIA DA PORCA	20
2.3	COLOSTROGENESE.....	21
2.4	COMPOSIÇÃO DO COLOSTRO E LEITE.....	21
2.5	IMUNOGLOBULINAS E IMUNIDADE PASSIVA.....	22
2.5.1	IgG	22
2.5.2	IgA.....	23
2.5.3	Outras imunoglobulinas.....	24
2.6	COLOSTRAGEM	24
2.7	ONTOGENIA DO SISTEMA IMUNE DO LEITÃO	25
2.8	MORTALIDADE DE LEITÕES NA FASE DE MATERNIDADE	26
2.9	MÉTODOS UTILIZADOS PARA A MENSURAÇÃO DE IMUNOGLOBULINAS EM AMOSTRAS DE SORO, LEITE E COLOSTRO.....	26
3	JUSTIFICATIVA	29
4	HIPÓTESE	30
5	OBJETIVO.....	30
5.1	OBJETIVO GERAL.....	30
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
6	MATERIAIS E MÉTODOS	31
6.1	ANIMAIS E AMOSTRAS.....	31
6.2	COLETA E ANÁLISE DE SANGUE	31
6.3	COLETA DO COLOSTRO E LEITE	32
6.4	IMUNÓCRITO.....	32
6.5	BRIX.....	32
6.6	ELISA.....	33
6.7	BROMATOLOGIA.....	33
7	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
8	RESULTADOS	35
9	DISCUSSÃO	42
10	CONCLUSÃO.....	50
11	REFERÊNCIAS.....	51

12	APENDICE A – ARTIGO A SER SUBMETIDO	55
-----------	--	-----------

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura é responsável por aproximadamente um quarto da proteína consumida mundialmente, com cerca de 1,5 bilhão de suínos produzidos anualmente (Paudyal *et al.*, 2022). Nos últimos 14 anos, a produção global de carne suína cresceu em 16,5 milhões de toneladas, sendo os principais produtores a China (46%), a União Europeia (17%), os Estados Unidos (10%) e o Brasil (4%). No cenário internacional, o Brasil se destaca com uma produção anual de 5,3 milhões de toneladas de carne suína. Desde 2010, o país registrou um aumento de 800 mil toneladas no volume exportado, sendo atualmente responsável por 15% das exportações globais do setor, ficando atrás apenas de Estados Unidos e União Europeia. Em nível nacional, o estado de Santa Catarina lidera como principal produtor e exportador de carne suína, respondendo por 55% da produção brasileira (EMBRAPA, 2025).

Diante da expressiva representatividade do setor, torna-se essencial garantir padrões elevados de produtividade e sanidade animal ao longo de todo o ciclo de produção. Entre as ferramentas disponíveis, a avaliação de parâmetros hematológicos, bioquímicos e imunológicos destaca-se por oferecer informações valiosas sobre o estado fisiológico dos animais, permitindo a identificação precoce de alterações metabólicas, inflamatórias ou infecciosas que podem comprometer o desempenho zootécnico e na eficiência reprodutiva das matrizes (Boulbria *et al.*, 2021). Além disso, a saúde da matriz está diretamente relacionada à qualidade do colostro e, conseqüentemente, à transferência eficiente de imunidade passiva aos leitões, fator determinante para a sobrevivência e o crescimento dos neonatos (Bhattarai; Framstad; Nielsen, 2019). Assim, compreender e interpretar corretamente esses parâmetros é essencial para promover melhorias nas estratégias de manejo, nutrição e sanidade animal.

Neste sentido, a mensuração dos parâmetros hematológicos em porcas constitui uma ferramenta eficaz para a identificação de condições fisiopatológicas, além de refletir distúrbios metabólicos decorrentes de alimentação inadequada ou deficiências nutricionais (Boulbria *et al.*, 2021). A avaliação conjunta de parâmetros hematológicos e bioquímicos destaca-se como um recurso valioso para o monitoramento da saúde dos animais e a detecção precoce de enfermidades, sendo fundamental para a correta interpretação clínica (Žvorc *et al.*, 2006).

Entre os aspectos que merecem atenção especial nesse processo está a qualidade do colostro e leite produzidos pelas matrizes. O colostro é rico em imunoglobulinas, especialmente IgG, além de nutrientes, células imunes e fatores de crescimento essenciais para a transferência de imunidade passiva aos neonatos (Le Dividich; Rooke; Herpin, 2005; Rooke; Bland, 2002). À medida que a lactação

avança e o colostro se torna leite, observa-se queda nas proteínas totais, acompanhada de aumento na gordura e na lactose (Klobasa; Werhahn; Butler, 1987).

Contudo, diversos fatores podem comprometer essa qualidade e afetar negativamente a taxa de sobrevivência dos neonatos. A concentração e a absorção eficiente dessas imunoglobulinas são diretamente influenciadas pela saúde da matriz, pela paridade, pelo manejo nutricional e pelas condições do parto (Devillers *et al.*, 2007). Dentre os principais fatores de risco associados a mortalidade durante a fase de maternidade é o consumo insuficiente de colostro e consequente baixa imunidade passiva (Quesnel, 2011) sendo que, nos principais países produtores de suínos as perdas pré-desmame podem chegar a 20% (Schoos *et al.*, 2021) com 80% das mortes ocorrendo nas primeiras 72 horas de vida (Krebs, 2021).

As duas funções principais do colostro são: fornecer ao leitão energia para a produção de calor/metabolismo e promover transferência de imunidade passiva humoral para ajudar a prevenir infecções (Farmer; Quesnel, 2009) através da ingestão e absorção primariamente de imunoglobulina G (IgG) (Cabrera *et al.*, 2012). Como a transferência de macromoléculas intactas do colostro através do trato gastrointestinal só é possível durante um curto período após o nascimento, esse período é particularmente importante para o leitão adquirir imunidade passiva (Rooke; Bland, 2002). Além disso, a ingestão do colostro após o nascimento é essencial para estimular o crescimento e a função intestinal (Cabrera *et al.*, 2012).

Vale ressaltar que essa dependência do colostro se deve à anatomia placentária da espécie suína. A placenta da porca é do tipo epiteliocorial, sendo a passagem transplacentar de imunoglobulinas bloqueada (Salmon *et al.*, 2009). Sendo assim, os leitões nascem agamaglobulinêmicos (Maciag *et al.*, 2022a), dependendo inteiramente do colostro para aquisição de imunidade passiva para sua sobrevivência e crescimento (Hasan *et al.*, 2016). O leitão recém-nascido depende de IgG absorvida a partir do colostro para proteção imunológica humoral até que seu próprio sistema imunológico esteja suficientemente maduro para responder a antígenos estranhos (Rooke; Bland, 2002). Portanto, a concentração de IgG materno no colostro afeta significativamente a taxa de mortalidade pré desmame (Hasan *et al.*, 2016).

Neste contexto, desenvolver estratégias para monitorar a produção, qualidade e transferência de imunoglobulinas colostrais é uma estratégia para garantir transferência de imunidade passiva e boas práticas de manejo de recém-nascido.

Diante dessa condição fisiológica, é fundamental maximizar a ingestão de colostro nas primeiras horas de vida dos leitões, uma vez que, 24 horas após o parto, a concentração de IgG apresenta uma redução de aproximadamente 27% (Quesnel, 2011). Para viabilizar essa maximização,

a quantificação das imunoglobulinas séricas pode ser considerada uma ferramenta importante na avaliação da eficácia da colostragem (Vallet; Miles; Rempel, 2013). Esse conhecimento é essencial para assegurar a ingestão precoce de colostro de boa qualidade, contribuindo para a redução da mortalidade pré-desmame e para a diminuição do risco de enfermidades ao longo da vida dos leitões (Balzani; Cordell; Edwards, 2016).

A aplicação dessas técnicas tem ganhado espaço como indicador confiável da qualidade do colostro e da eficiência da colostragem. Atualmente existem diferentes metodologias desenvolvidas para avaliar imunidade adaptativa humoral em amostras de soro, colostro ou leite. Dentre os métodos o teste de ELISA é o ensaio mais amplamente utilizado para quantificar imunoglobulinas em amostras de soro, leite e colostro, porém, é um teste caro, relativamente complexo e impraticável na rotina da granja. Entretanto, a refratometria de brix em amostras de colostro e análise de imunócrito em amostras de colostro e soro vem sendo cada vez mais utilizadas como forma de estimar a concentração de imunoglobulinas sendo considerados métodos práticos, baratos e aplicáveis e para avaliação da colostrogenese e colostragem (Balzani; Cordell; Edwards, 2016) .

Assim, a taxa de imunócrito do colostro da porca e soro do leitão por ser uma técnica economicamente viável e de fácil aplicação (Sagrera *et al.*, 2024), vem sendo utilizado como um indicador tanto de qualidade do colostro produzido pela porca e eficiência da colostragem do leitão nas primeiras horas de vida, respectivamente (Vallet *et al.*, 2015). Esta técnica permite avaliar a concentração de imunoglobulinas através da precipitação de proteínas após sua homogeneização seguida de centrifugação com uma substância com alto teor de sal (Doonan, 1996), portanto, pode ser utilizado como uma ferramenta para avaliar a eficiência dos protocolos e cuidados de amamentação e conseqüentemente a transferência de imunidade passiva. Além disso, permite avaliar de forma mais precisa a qualidade do colostro da porca quanto a concentração de imunoglobulinas representadas predominantemente por IgG na fase colostrada (~76%) e IgA no leite (~78%) (Klobasa; Werhahn; Butler, 1987).

Considerando todos esses aspectos, o presente estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros de saúde de matrizes comerciais, por meio de hemograma e análises bioquímicas, bem como investigar a colostrogenese e o processo de colostragem em suínos, utilizando as ferramentas de análise de Brix, imunócrito e teste de ELISA.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DA MATRIZ

A avaliação dos parâmetros hematológicos, bioquímicos e imunológicos em matrizes suínas é fundamental para o monitoramento da saúde animal e a detecção precoce de distúrbios que possam comprometer a produtividade e o bem-estar. Estudos recentes demonstram que variações nos níveis de leucócitos, proteínas plasmáticas, enzimas hepáticas e imunoglobulinas refletem alterações fisiológicas e patológicas decorrentes de estresses ambientais, nutricionais e infecciosos (Boulbria *et al.*, 2021a). Além disso, a mensuração desses indicadores possibilita a identificação de desequilíbrios metabólicos e imunológicos que influenciam diretamente a qualidade do colostro, elemento essencial para a transferência passiva de imunidade aos leitões (Bhattarai; Framstad; Nielsen, 2019). Dessa forma, a integração da análise hematológica e bioquímica configura-se como uma ferramenta indispensável para a condução de práticas de manejo mais eficazes, contribuindo para a melhoria da eficiência reprodutiva e do desempenho produtivo na suinocultura.

Apesar disto, a avaliação de parâmetros fisiológicos e colostrais das matrizes ainda é pouco explorada na rotina produtiva, principalmente devido à escassez de referências na literatura e à dificuldade de correlação dos resultados com o estado de saúde ou manejo dos animais (Boulbria *et al.*, 2021). Evidências científicas demonstram que os parâmetros hematológicos podem variar significativamente conforme o sistema de criação e o manejo adotado (Oven *et al.*, 2025), além de sofrerem influência da idade dos animais (Štukelj, 2018) e das condições climáticas da região em que são criados (Mayengbam; Tolengkomba, 2015). Essas variabilidades dificultam a padronização e a interpretação dos resultados, tornando desafiadora a aplicação de referências internacionais em contextos locais.

Entre os parâmetros hematológicos, destaca-se a importância da hemoglobina na identificação da anemia em animais. Porcas com níveis de hemoglobina inferiores a 10 g/dL apresentam maior risco de prolongamento do tempo de parto, aumento do estresse materno e maior suscetibilidade a complicações, como infecções secundárias decorrentes de intervenções obstétricas (Sheffield; McClellan; Levesque, 2024). Portanto, a avaliação rigorosa dos níveis de hemoglobina em fêmeas gestantes permite não apenas a detecção precoce de distúrbios hematológicos, mas também a antecipação de partos potencialmente complicados, viabilizando a implementação de medidas preventivas e corretivas mais eficazes.

Entre os parâmetros bioquímicos, destacam-se as frações proteicas, que possuem uma relação direta com a produção de IgG no colostro, e os hepáticos, especialmente aqueles relacionados ao

metabolismo energético e à síntese dos componentes do colostro e leite (Theil; Farmer; Feyera, 2022). Além disso, a avaliação da função renal é fundamental, pois durante a gestação o sistema renal sofre adaptações que promovem o aumento do fluxo sanguíneo uteroplacentário, atendendo às demandas metabólicas do feto (Conrad, 2004).

Durante a fase neonatal, o leitão passa por um período crítico de transição entre o ambiente intrauterino estéril e a colonização microbiana intestinal. A microbiota que se estabelece nas primeiras horas de vida condiciona o desenvolvimento do sistema imune de mucosa e a integridade da barreira intestinal (De Agüero *et al.*, 2016), nesta condição, a saúde da mãe tem papel fundamental na preparação do sistema imune do leitão contra os desafios infecciosos. Nesse contexto, compreender a fisiologia da glândula mamária da porca torna-se essencial, uma vez que é nesse tecido que ocorre a síntese e secreção do colostro, cuja composição imunológica é diretamente influenciada pelo estado fisiológico da matriz.

2.2 GLÂNDULA MAMÁRIA DA PORCA

O sistema mamário dos suínos é composto por 12 a 14 glândulas mamárias, sendo que histologicamente os alvéolos são revestidos por um epitélio que se conectam através de um ducto comum para formar lóbulos que são unidos por tecido conjuntivo onde células mioepiteliais ficam entre a membrana basal e as células alveolares que, quando estimuladas por ocitocina, se contraem para ejetar o leite (Wagstrom; Yoon; Zimmerman, 2000). O crescimento da glândula mamária é limitado durante os primeiros dois terços da gestação (Hurley, 2019), já no último terço ocorre o aumento do parênquima e a diminuição do teor de gordura devido a formação de alvéolos (Grafofer; Plush, 2023). Esse desenvolvimento estrutural progressivo prepara a glândula para a sua função secretora, que se intensifica nas últimas semanas de gestação, marcando o início dos processos de lactogênese e colostrogenese.

Entre os dias 90 e 105 de gestação há um aumento nas organelas celulares associadas à diferenciação funcional do epitélio e abundante acúmulo de secreção nos alvéolos, indicando o início da lactogênese/colostrogênese (Farmer; Quesnel, 2020) decorrente de uma resposta a hormônios como progesterona, estrógeno, prolactina e relaxina (Hurley, 2019). Neste período ocorre a diminuição da progesterona e o aumento de estrógeno, regulando os receptores de prolactina que levam a proliferação e diferenciação de células secretoras. Além disso, o aumento das concentrações de relaxina auxiliam no crescimento do parênquima mamário (Wagstrom; Yoon; Zimmerman, 2000). Com a proximidade do parto, essas alterações hormonais tornam-se ainda mais acentuadas, desencadeando o processo de

colostrogenese — etapa crucial para a produção e liberação do colostro, essencial à sobrevivência e imunidade dos leitões recém-nascidos.

2.3 COLOSTROGENESE

O pico pré-parto de prolactina é essencial para o início da lactação em suínos (Farmer; Quesnel, 2009a) e é provocado pela diminuição repentina nas concentrações de progesterona (Quesnel; Farmer, 2019). Essas alterações hormonais levam à indução de intensa secreção láctea, sendo que a ocitocina estimula a contração das células mioepiteliais que circundam os alvéolos, permitindo assim que as secreções alcancem o sistema de ductos e as papilas mamárias (Farmer; Quesnel, 2009).

O processo de colostrogênese envolve a síntese de constituintes específicos do colostro e a transferência de IgG para as secreções lácteas (Farmer; Quesnel, 2020). A transferência de IgG do plasma para o colostro ainda não é bem elucidada (Le Dividich; Rooke; Herpin, 2005) entretanto, alguns autores citam o envolvimento de receptores tipo FcRn (Šinkora; Butler, 2009) apesar de haver estudos recentes que indicam que não seria este o mecanismo responsável (Ke *et al.*, 2021). Dessa forma, compreender a composição e as funções do colostro torna-se essencial para avaliar sua importância na imunidade passiva e no desenvolvimento inicial dos leitões.

O colostro é a primeira secreção da glândula mamária e é produzido em torno de 24 horas antes do parto (Le Dividich; Rooke; Herpin, 2005). É composto por proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais, células somáticas (Inoue; Tsukahara, 2021), além de uma grande quantidade de leucócitos, macrófagos e especialmente neutrófilos, os quais são influenciados por fatores como estação, paridade, genótipo e vacinação (Forner *et al.*, 2021). Entre as proteínas presentes no colostro inicial os constituintes mais importantes são as imunoglobulinas (Ig) que afetam diretamente a competência imunológica, fornecendo proteção imunológica passiva, tanto após a absorção da imunoglobulina intacta antes da maturação intestinal ou no nível da mucosa intestinal durante a lactação (Le Dividich; Rooke; Herpin, 2005).

2.4 COMPOSIÇÃO DO COLOSTRO E LEITE

O colostro e o leite suínos apresentam diferenças significativas em sua composição química, as quais refletem as funções específicas que cada um desempenha no desenvolvimento neonatal. O colostro é caracterizado por um predomínio de matéria seca e proteínas em comparação ao leite, que, por sua vez, contém maiores concentrações de gordura e lactose (Jiang *et al.*, 2020). Essa diferenciação composicional está diretamente relacionada às suas funções biológicas: o colostro exerce um papel essencial na transferência de imunidade passiva, atuando como primeira defesa imunológica dos leitões

(Hasan *et al.*, 2016), enquanto o leite desempenha papel fundamental na termorregulação e no fornecimento energético aos animais (Theil; Farmer; Feyera, 2022).

2.5 IMUNOGLOBULINAS E IMUNIDADE PASSIVA

Imunoglobulina é a nomenclatura de proteínas para todos os anticorpos que são produtos de linfócitos B (Butler; Wertz; Sinkora, 2017), a sua transferência da porca para o leitão através da ingestão do colostro, que é a forma primária de transferência de imunidade passiva (Mukaiyama, 1973) devido à natureza epiteliocorial da placenta da porca, que impede a transferência de imunoglobulinas através da placenta durante a gestação (Rooke; Bland, 2002). A absorção destas imunoglobulinas se dá por sua vez através da endocitose das macromoléculas de imunoglobulina (Maciag *et al.*, 2022). Os mamíferos possuem as imunoglobulinas M, D, G, E e A (Butler; Wertz; Sinkora, 2017) sendo que entre as imunoglobulinas presentes no colostro dos suínos, a Imunoglobulina G (IgG) é a proteína mais abundante seguida de Imunoglobulina A (IgA) (Inoue; Tsukahara, 2021). No início da lactação a proporção IgG:IgM:IgA é 76:7:17, passando a ser 7:15:78 ao desmame (Klobasa; Werhahn; Butler, 1987).

A ingestão inadequada de colostro nas primeiras horas de vida é uma das principais causas de mortalidade neonatal em leitões, sendo frequentemente associada a casos de fome, hipotermia e maior susceptibilidade a infecções (Rooke; Bland, 2002). A falha na transferência de imunidade passiva pode comprometer não apenas a sobrevivência imediata, mas também o desenvolvimento imunológico dos leitões ao longo do tempo, aumentando o risco de doenças em fases posteriores (Le Dividich; Charneca; Thomas, 2017). Para que essa transferência seja eficiente, é necessário que o colostro contenha uma concentração adequada de imunoglobulinas, que essas estejam íntegras e funcionais ao chegarem ao local de absorção intestinal, e que sejam efetivamente absorvidas pelo organismo do neonato (Rooke; Bland, 2002). Nesse sentido, a avaliação da transferência de imunidade passiva por meio de ensaios e técnicas laboratoriais constitui uma ferramenta importante para monitorar e assegurar a qualidade da colostragem, contribuindo diretamente para a redução da mortalidade pré-desmame e para o fortalecimento da imunidade dos leitões.

2.5.1 IgG

Representando mais de 80% do total das imunoglobulinas (Bourne; Curtis, 1973), a IgG é a classe encontrada em maiores concentrações no colostro (Rooke; Bland, 2002) e tem função sistêmica (Butler; Wertz; Sinkora, 2017). A imunoglobulina G (IgG) pode ser subdividida em duas subclasses, IgG1 e IgG2. Embora essa classificação seja mais amplamente descrita em bovinos, evidencia-se que

a IgG1 tende a ser a subclasse predominante no colostro de diferentes espécies de mamíferos, incluindo suínos, enquanto a IgG2 está presente em menor proporção (Geiger, 2020). Uma das principais diferenças entre essas subclasses está na capacidade de serem reabsorvidas e secretadas novamente. A IgG1 apresenta potencial para ser retransportada para o lúmen do trato gastrointestinal, contribuindo para a imunidade local, enquanto a IgG2 não possui essa característica de maneira significativa (Godden; Haines; Hagman, 2009). Por ser a imunoglobulina mais importante durante a primeira semana de vida do leitão, a sua concentração é proporcional a sua sobrevivência (Souza *et al.*, 2021). As concentrações de IgG do colostro caem rapidamente, em aproximadamente 4 horas após o parto há uma redução de 20% de IgG no colostro (Souza *et al.*, 2021), podendo imediatamente após o parto ter em média 95,6mg/mL de IgG chegando a 0,9mg/mL ao desmame (Klobasa; Werhahn; Butler, 1987). Entretanto, concentração de IgG no colostro entre 45,76 à 123,4mg/mL (Souza *et al.*, 2021), 48 à 95,6mg/mL (Quesnel, 2011) e 12,8 à 130,3mg/mL (Hasan *et al.*, 2016) são descritas por diferentes autores. Como ponto de corte, pode se considerar a concentração de 50mg/mL para classificar um colostro de boa e má qualidade (Souza *et al.*, 2021). Já no leitão os níveis esperados de IgG no soro podem variar de 26 à 29mg/mL (Maciag *et al.*, 2022).

A IgG transferida para o leitão é altamente específica ao repertório de antígenos frente aos quais a porca teve contato, pois reflete a experiência e competência imunológica da mãe (Butler; Wertz; Sinkora, 2017). A quantidade de IgG no colostro pode chegar a ser três vezes maior do que no plasma da porca e fornece proteção ao leitão recém-nascido até que este se torne imunocompetente (Poonsuk; Zimmerman, 2018). A concentração de IgG no colostro afeta significativamente a imunidade adquirida, sendo crucial a quantificação e monitoramento de transferência de IgG para garantia da transferência de imunidade passiva, a fim de reduzir a mortalidade dos leitões antes do desmame (Souza *et al.*, 2021).

2.5.2 IgA

A IgA é a proteína predominante quando o colostro passa a ser leite (Rooke; Bland, 2002) em que cerca de 40% é proveniente da corrente sanguínea materna (Cabrera *et al.*, 2012) e o restante é produzido na glândula mamária, sendo a sua concentração até quatro vezes maior do que no plasma (Bourne; Curtis, 1973). No caso da IgA há uma resposta imune baseada no histórico imunológico do trato gastrointestinal da porca (Butler; Wertz; Sinkora, 2017) e sua função está relacionada com a proteção do hospedeiro através da exclusão de antígenos e organismos comensais (Salmon *et al.*, 2009) da mucosa intestinal (Butler; Wertz; Sinkora, 2017). Segundo a literatura a quantidade de IgA no leite é em média de 20,2mg/mL variando entre 10,95mg/mL à 31,97mg/mL (Souza *et al.*, 2021) podendo

chegar até 5,3mg/mL ao desmame (Klobasa; Werhahn; Butler, 1987). No soro dos leitões os valores de IgA podem variar de 2,5 à 4mg/mL (Maciag *et al.*, 2022).

2.5.3 Outras imunoglobulinas

Além da IgG e IgA, o colostro suíno contém pequenas quantidades de outras imunoglobulinas, como IgM, IgD e IgE. A IgM é a primeira a ser produzida durante a resposta imune primária, mas devido ao seu alto peso molecular, tem baixa concentração em secreções como o colostro (Tizard; Hons; Hons, [S.d.]), tendo seus valores variando de 9,1mg/mL ao nascer à 1,4mg/mL ao desmame (Klobasa; Werhahn; Butler, 1987). A IgD e IgE, por sua vez, estão presentes em níveis reduzidos e sua função no colostro ainda não é totalmente elucidada, embora se saiba que participam da resposta a antígenos e de processos alérgicos, respectivamente (Tizard; Hons; Hons, [S.d.]).

2.6 COLOSTRAGEM

Colostragem é denominada como a ingestão de colostro pelo leitão durante o período pós-natal imediato. A lactação na fêmea suína pode ser dividida em duas partes: colostrar e láctea. A fase colostrar dura por 18-24 horas após o parto e a transição do colostro para o leite é caracterizada pela diminuição de sólidos totais e proteínas devido à queda na concentração de imunoglobulinas (Bortolozzo *et al.*, 2010), sendo o colostro rico em IgG a principal responsável pela imunidade passiva sistêmica nas primeiras horas de vida, enquanto o leite, rico em IgA, atua na proteção das mucosas intestinais (Wagstrom; Yoon; Zimmerman, 2000).

No leitão recém-nascido, o intestino delgado é bem vacuolizado, imaturo e altamente capaz de absorver macromoléculas como as imunoglobulinas (Wagstrom; Yoon; Zimmerman, 2000) pelo processo de endocitose e pinocitose (Sangild *et al.*, 1997). As imunoglobulinas do colostro são rapidamente absorvidas por pinocitose inespecífica nos enterócitos localizando-se em vacúolos no interior de enterócitos (Rooke; Bland, 2002). O intervalo entre o nascimento e a perda de transferência de imunoglobulinas através do intestino é, portanto, a janela para a transferência de imunidade passiva (Le Dividich; Rooke; Herpin, 2005).

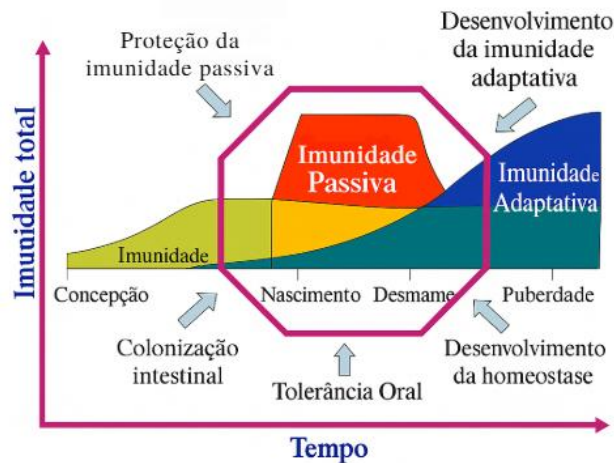
A concentração de IgG no colostro é várias vezes maior que no plasma da porca e diminui rapidamente durante as primeiras 24 horas de secreção (Rooke; Bland, 2002) à medida que após o parto a progesterona diminui e os corticoides séricos aumentam levando ao estímulo da secreção do leite e supressão da produção de colostro pela prolactina (Wagstrom; Yoon; Zimmerman, 2000). Sendo que 50% dessa queda acontece 4 a 6 horas após o nascimento dos leitões (Bourne, 1969). Dado essa queda, a mudança de imunoglobulina dominante de IgG para IgA durante o mesmo período está de acordo

com a necessidade de o leitão adquirir IgG para proteção imunológica humoral passiva nas primeiras 24 horas de vida e depois proteção contínua dependente de IgA a partir do leite, que vai exercer ação nas superfícies mucosas (Rooke; Bland, 2002). Essa mudança no perfil de imunoglobulinas, com a redução acentuada de IgG e o predomínio progressivo de IgA, estabelece a ponte entre a imunidade passiva conferida pelo colostro e a necessidade de maturação do sistema imune próprio do leitão.

2.7 ONTOGENIA DO SISTEMA IMUNE DO LEITÃO

O início da atividade do sistema imune pode ser desencadeado por estímulos associados ao trabalho de parto, pela ingestão do colostro e pelo ambiente que o leitão vive (Quesnel; Farmer, 2019) começando o desenvolvimento da imunidade adaptativa (figura 1). sendo que as primeiras quatro semanas de vidas destes animais representam o período onde estão mais susceptíveis a doenças (Maciag *et al.*, 2022), visto que, as imunoglobulinas que os leitões produzem ao nascer são em pequena quantidade e decorrentes de um processo mais demorado, pois a habilidade dos linfócitos T intestinais frente a resposta à patógenos é baixa assim como a quantidade de células apresentadoras de antígenos (Rooke; Bland, 2002). O sistema imune leva em torno de 7 a 10 dias para se tornar maduro ou adquirir imunocompetência (Heuß *et al.*, 2019), sendo esse período de susceptibilidade chamado de “janela imunológica” (Butler; Wertz, 2012).

Figura 1. Ontogenia do sistema imune em suínos, da concepção à puberdade. A imunidade passiva, adquirida via colostro e leite, predomina do nascimento ao desmame, enquanto a imunidade adaptativa se desenvolve gradualmente.



Fonte: adaptado de Butler; Šinkora (2007).

A aquisição de imunidade passiva através da colostragem influencia diretamente no desenvolvimento da imunidade adaptativa (Le Dividich; Rooke; Herpin, 2005) já que o colostro contém agentes imunomoduladores, tais como prolactina, anticorpos anti-idiotípicos e nucleotídeos que aumentam a atividade das células natural killers (NK), macrófagos, células T auxiliares e citocinas

(Salmon *et al.*, 2009). O desempenho dos leitões e a sobrevivência imediata e a longo prazo dependem da ingestão precoce de colostro de boa qualidade (Balzani; Cordell; Edwards, 2016).

2.8 MORTALIDADE DE LEITÕES NA FASE DE MATERNIDADE

A aquisição de imunidade passiva é de extrema importância para o leitão durante as primeiras quatro horas à seis semanas de vida (Peters *et al.*, 2016). Embora a ingestão inadequada do colostro esteja principalmente implicada em mortes devido à fome e a hipotermia, a transferência inadequada de imunoglobulinas maternas para o leitão recém-nascido pode gerar aumento da susceptibilidade a infecções não apenas no período pós-natal imediato, mas também após o desmame (Rooke; Bland, 2002) além de uma baixa imunidade e desnutrição (Krolikowski *et al.*, 2021).

Leitões necessitam ingerir no mínimo 200g de colostro nas primeiras 24 horas de vida (Devillers; Le Dividich; Prunier, 2011). A ingestão de colostro é, talvez, o evento neonatal mais crítico para leitões recém-nascidos devido aos seus efeitos na sua sobrevivência imediata e no desenvolvimento subsequente. Em um estudo realizado por Krolikowski *et al.* em 2021 mostrou que leitões que levaram mais de 200 minutos para ingerir colostro devido a fatores como a demora ao acesso ao úbere mostraram taxas menores de imunócrito, mostrando que partos prolongados ou nascimentos múltiplos podem interferir na transferência de imunidade passiva para estes animais. Dessa forma, torna-se essencial o desenvolvimento de ferramentas eficazes para a avaliação do colostro e a quantificação das imunoglobulinas.

2.9 MÉTODOS UTILIZADOS PARA A MENSURAÇÃO DE IMUNOGLOBULINAS EM AMOSTRAS DE SORO, LEITE E COLOSTRO

O monitoramento de Ig sérica dos leitões pode ser utilizada como um indicador tanto da produção de colostro da porca como do manejo de amamentação dos leitões (Vallet; Miles; Rempel, 2013). Os métodos que são comumente utilizados para a determinação da concentração de IgG no colostro suíno são os testes de ELISA e o método de imunodifusão radial (RID) (Balzani; Cordell; Edwards, 2016). No entanto, estas técnicas para medir Ig sérica são relativamente complexas, demoradas, caras e normalmente requerem equipamentos e/ou operadores especializados, tornando assim a sua utilização rotineira limitada (Vallet; Miles; Rempel, 2013). Entretanto, outras técnicas podem ser implementadas para realizar esta mensuração de maneira mais rápida, prática e barata como a refratometria de brix (Hasan *et al.*, 2016) e o imunócrito (Vallet; Miles, 2017).

A mensuração de IgG pelo método de ELISA mede diretamente a concentração de IgG na amostra, podendo ter vantagem sobre o método padrão ouro (imunodifusão) em termos de custo, tempo

de processamento e escalabilidade. Sendo o ELISA atualmente o método mais comumente usados para medir IgG em colostro (Souza *et al.*, 2021). Os ensaios empregados são geralmente baseados no ELISA sanduíche, onde o IgG presente na amostra teste é ligado a um IgG anti-suíno impregnado na placa, posteriormente é adicionado um anticorpo de detecção e um catalisador para gerar uma reação colorimétrica sendo a quantidade de IgG na amostra calculada a partir da leitura de absorbância da amostra.

O Brix é um método rápido, preciso e barato, baseado na capacidade da proteína de refratar a luz como medidor da proteína total no colostro (Balzani; Cordell; Edwards, 2016) sendo empregada em espécies como vaca, ovelha, éguas, cabras e porcas (Souza *et al.*, 2021). É considerado um método aplicável na rotina das granjas já que além de baixo custo possui resultados satisfatórios como método de estimativa de concentrações de IgG sendo um bom indicativo para diferenciar colostro com alta e baixa concentração da imunoglobulina (Hasan *et al.*, 2016) tendo sua melhor sensibilidade durante as primeiras horas após o parto, quando os níveis de IgG estão no pico (Souza *et al.*, 2021).

A refratometria mede a concentração de qualquer solução de sólidos dissolvidos, com base no grau em que os raios de luz são desviados. O refratômetro Brix apresenta um grau de refração que pode ser correlacionada com a concentração de IgG no colostro (Balzani; Cordell; Edwards, 2016) (Tabela 1).

Tabela 1. Relação entre quantidade de IgG presente no colostro com a porcentagem de Brix

Interpretação	IgG ELISA	Brix (%)
Pobre	14,5 ± 1,8mg/mL	<20%
Limítrofe	43,8 ± 2,3mg/mL	20 à 24%
Bom	50,7 ± 2,1mg/mL	25 à 29%
Muito bom	78,6 ± 8,4mg/mL	>30%

Fonte: adaptado de (Hasan *et al.*, 2016).

Como os leitões nascem agamaglobulinêmicos, a mensuração de imunoglobulinas séricas pode ser um indicativo da quantidade de colostro ingerida pelos leitões (Vallet *et al.*, 2015) e indiretamente um parâmetro da produção de colostro (Vallet; Miles, 2017).

A técnica do imunócrito é baseada na precipitação de proteínas onde a adição de altas concentrações de sal a uma solução proteica causa precipitação. O sulfato de amônia é a substância mais utilizada atualmente devido à alta solubilidade em água, baixo calor de solução e que a densidade das soluções saturadas é menor que a das proteínas, permitindo assim sua coleta por centrifugação, e a natureza essencialmente inócua às proteínas dos seus íons constituintes (Doonan, 1996).

Em altas concentrações de sais, a solubilidade das proteínas diminui pois estes removem a água das proteínas causando a precipitação (Avelino, 1997). Com estes procedimentos, as quantidades

das diversas globulinas são determinadas por métodos subtrativos após precipitação de porções da globulina total (Jager; Nickerson, 1948).

O mesmo autor descreveu um método que implica a estimativa direta do teor proteico do precipitado obtido pela adição de um pequeno volume de sulfato de amônio saturado ao soro não diluído em que se verificou uma correlação com os valores estimados por eletroforese para γ -globulina na mesma amostra. A correlação significativa foi encontrada entre os níveis séricos de globulina e as unidades RSA (reação sulfato amônia). Isso indica que a relação é útil para a estimativa dos níveis séricos de gamaglobulinas (Yaguchi *et al.*, 1980).

Em um estudo realizado por Vallet (2015) constatou-se que imunócrito e os ensaios baseados na absorvância foram métodos igualmente precisos para medir a IgG sérica de leitões tendo o benefício de ser mais prático, rápido e barato. A metodologia em amostras de soro é indicada para ser realizada no dia 1 de vida após o nascimento, sendo que para amostras de colostro a indicação é realizar o imunócrito nas primeiras 24 horas após o parto, visto que, após esse período a concentração de IgG diminui. A idade do leitão recém-nascido até a puberdade foi inversamente associada ao imunócrito, com uma diferença de 20 dias observada entre aqueles com níveis mais altos e mais baixos (Flowers, 2023).

3 JUSTIFICATIVA

A análise de parâmetros hematobioquímicos nas matrizes tem ganhado relevância como abordagem indireta, mas eficaz, para monitorar o estado fisiológico e metabólico das fêmeas, permitindo a detecção precoce de alterações ou evidenciar distúrbios subclínicos que possam comprometer tanto o desempenho reprodutivo quanto a qualidade do colostro produzido. Entre os fatores críticos para a sobrevivência neonatal e o adequado desenvolvimento imunológico dos leitões, destaca-se a ingestão de colostro de qualidade, especialmente pela sua elevada concentração de imunoglobulinas. Contudo, a avaliação da qualidade colostrada e da eficiência da colostragem ainda enfrenta limitações significativas na rotina das granjas, principalmente devido à necessidade de métodos laboratoriais específicos, como o ELISA, que, apesar da precisão, apresentam alto custo e baixa viabilidade operacional no campo. Nesse cenário, técnicas alternativas como o imunócrito e a refratometria de Brix têm emergido como ferramentas promissoras, por aliarem simplicidade, baixo custo e aplicabilidade prática. Paralelamente, a validação e a comparação desses métodos com o ELISA são fundamentais para fortalecer sua adoção como ferramentas confiáveis na avaliação da transferência de imunidade passiva. Assim, este estudo se justifica pela necessidade de desenvolver estratégias acessíveis, integradas e cientificamente embasadas para o monitoramento da colostrogenese, da colostragem e da saúde materna em suínos, visando a redução da mortalidade neonatal e a melhoria das práticas de manejo nas granjas.

Este estudo contribui diretamente para o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), especificamente no que se refere à meta 2.4, que propõe garantir sistemas de produção de alimentos sustentáveis e aumentar a produtividade agrícola. A validação de métodos práticos e acessíveis para a avaliação da qualidade do colostro em suínos busca melhorar a sobrevivência neonatal, reduzir perdas produtivas e promover maior eficiência na suinocultura, alinhando-se às estratégias globais para a segurança alimentar e produção sustentável.

4 HIPÓTESE

Os intervalos de referência para parâmetros hematológicos, bioquímicos e de colostrogênese em matrizes suínas saudáveis diferem significativamente daqueles disponíveis na literatura, determinados em outros países ou mesmo em outras regiões do Brasil, sob condições específicas, impactando a avaliação da saúde das fêmeas e a estimativa da capacidade de transferência de imunidade passiva e nutrientes para os leitões.

5 OBJETIVO

5.1 OBJETIVO GERAL

Determinar os intervalos de referência para parâmetros hematológicos, bioquímicos e colostrais de matrizes suínas clinicamente saudáveis, provenientes de granjas comerciais brasileiras submetidas a programas de vacinação padrão. Além disso, avaliar aspectos imunológicos e bromatológicos da colostrogênese e galactogênese, bem como o processo de colostragem dos leitões por meio da análise da transferência de imunidade passiva.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar os intervalos de referência para parâmetros hematológicos e bioquímicos em matrizes suínas clinicamente saudáveis, oriundas de granjas comerciais brasileiras sob programas de vacinação padrão.
2. Estabelecer valores de referência para parâmetros colostrais, incluindo a composição nutricional e as concentrações de imunoglobulinas no colostro.
3. Utilizar o imunócrito do colostro e do soro como ferramenta para monitorar o processo de colostrogenese nas matrizes e a colostragem nos leitões.
4. Avaliar a transição do colostro para leite quando a sua bromatologia
5. Avaliar a eficiência da transferência de imunidade passiva aos leitões, por meio da análise da concentração de imunoglobulinas séricas nos neonatos.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 ANIMAIS E AMOSTRAS

Um total de 478 porcas gestantes clinicamente saudáveis, com paridade de 1 a 5, entre 90 e 100 dias de gestação, foram incluídas neste estudo. Os animais foram provenientes de 22 granjas comerciais de matrizes suínas (com tamanhos variando entre 500 e 5000 matrizes), de linhagem comercial. Todas as porcas apresentavam escore corporal semelhante, sem alteração de temperatura e com o mesmo regime nutricional. As porcas eram rotineiramente vacinadas contra doenças reprodutivas (*Erysipelothrix rhusiopathiae*, Parvovírus Suíno (PPV), *Leptospira interrogans*, Circovírus Suíno tipo 2 (PCV2)), doenças endêmicas (*Mycoplasma hyopneumoniae*, vírus da gripe suína (H1N1)) e doenças neonatais (*Clostridium perfringens* tipos A/C, Rotavírus e *Escherichia coli* enterotoxigênica (ETEC)). Concomitantemente foram coletadas amostras de colostro/leite destes animais e sangue dos leitões.

A pesquisa foi aprovada de acordo com os critérios de bem-estar animal pela **Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Santa Catarina (protocolo nº 5370220221)**. As amostras utilizadas neste experimento foram gentilmente cedidas pelo VERTÀ Laboratórios, oriundas da rotina diagnóstica destinadas a estabelecer critérios para valores de referência hematológicos e bioquímicos para fêmeas em fase final de gestação.

6.2 COLETA DE SANGUE E ANÁLISE HEMATOBIQUÍMICA

Amostras de sangue das fêmeas gestantes foram coletadas por punção da veia jugular. Um volume de 9 mL foi colhido em tubos de vacutainer contendo EDTA (ácido etilendiamino tetraacético) para análises hematológicas e plasmáticas. As amostras para hemograma foram coletadas e processadas em até 24 horas após a coleta e submetidas a análise crítica prévia onde foram excluídas do experimento amostras que apresentavam coágulos ou qualquer outra alteração pré-analítica.

Amostras adicionais foram colhidas em tubos com ativador de coágulo para análises bioquímicas do soro. O hemograma foi realizado utilizando um analisador hematológico veterinário automatizado (PocH-100iV, Sysmex, Japão), simultaneamente, foi realizada a contagem diferencial de leucócitos em esfregaços sanguíneos, incluindo contagens absolutas e relativas de neutrófilos em bastonete, neutrófilos segmentados, linfócitos, eosinófilos, monócitos e basófilos. Foi realizada ainda a avaliação morfológica dos esfregaços, com o objetivo de identificar possíveis alterações em eritrócitos, leucócitos e plaquetárias. Após a realização do hemograma as amostras foram submetidas a determinação de proteínas plasmáticas totais (PPT) através de um refratômetro manual (RTP-20ATC, Instrutherm, Brasil). As amostras de soro foram obtidas por centrifugação dos tubos com ativador de

coágulo a 4.000 RPM por 15 minutos. Foram mensuradas as concentrações de: Alanina aminotransferase (ALT), Fosfatase alcalina (ALP), Creatinina, Gama-glutamilttransferase (GGT), Creatina quinase (CK), Proteína total (TP), Albumina, Globulinas, Relação albumina/globulina e Acetilcolinesterase. Essas análises foram realizadas com analisador colorimétrico automatizado (Labmax Evolution, Labtest, EUA), utilizando kits comerciais (Labtest, EUA).

As amostras de sangue coletadas dos leitões foram realizadas para avaliação de transferência e imunidade passiva.

6.3 COLETA DO COLOSTRO E LEITE

O colostro foi coletado entre 1 e 2 horas após o nascimento do primeiro leitão, antes da primeira mamada dos leitões, enquanto amostras de leite foram colhidas nos dias 10 e 21 de lactação. Para a coleta de leite, os leitões foram separados da porca por 45 minutos antes da amostragem. Aproximadamente 30 a 70 mL de colostro ou leite foram colhidos manualmente de tetas cranial, média e caudal, pareadas. As amostras foram imediatamente filtradas em gaze e armazenadas a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ até a análise.

6.4 IMUNÓCRITO

A análise de imunócrito em soro e colostro foi realizada conforme Vallet (2013). As amostras de colostro foram previamente diluídas em albumina sérica bovina a 10% para evitar precipitação durante a centrifugação (Vallet & Miles, 2017). Em seguida, 50 μL da amostra foram misturados a igual volume de sulfato de amônia 40%, transferidos para capilares e centrifugados a 12.000 rpm por 10 minutos. O imunócrito foi calculado pela proporção entre o comprimento do precipitado e o total da coluna líquida, sendo os valores do colostro corrigidos pelo fator de diluição (1:2).

6.5 BRIX

As medições de Brix no colostro e no leite foram realizadas com um refratômetro digital Brix (modelo MA871, Milwaukee Instruments, Rocky Mount, NC, EUA), com faixa de medição de 0 a 52% Brix. Conforme recomendação do fabricante, o procedimento foi realizado com as luzes apagadas a fim de diminuir a luminosidade do ambiente para reduzir o risco de interferência na leitura. Antes do procedimento foi realizado a calibração do equipamento com água destilada. Após a calibração foi adicionado 300 μL de colostro no prisma de amostra e a porcentagem de brix foi determinada. Ao fim, a superfície foi limpa, calibrada e o procedimento foi repetido.

6.6 ELISA

As concentrações de imunoglobulina G (IgG) no colostro foram mensuradas por ensaio imunoenzimático (ELISA) utilizando kits comerciais específicos para suínos “Pig IgG ELISA kit (número de catálogo A100-104 para IgG; Bethyl Laboratories, Montgomery, TX, EUA). Resumidamente, as amostras foram previamente preparadas através de uma centrifugação a 10000g em que 100µL de amostra e padrões previamente diluídos foram adicionadas aos poços da placa. A placa foi incubada em temperatura ambiente (20-25°C) por 1 hora. Após esse período, a placa foi lavada com solução de lavagem previamente preparada em uma diluição de 950mL de água destilada e 50mL de solução de lavagem (20x) por 4 vezes e 100µL de anticorpo de detecção anti-IgG foi adicionado em cada poço. Foi realizado uma incubação em temperatura ambiente novamente por 1 hora. Após, foi realizado novamente 4 lavagens e 100µL de solução HRP foi adicionada a cada poço. A placa foi levada a incubação em temperatura ambiente por mais 30 minutos, lavada 4 vezes e adicionado 100µL de solução de substrato TMB em cada poço. Por fim, a placa foi incubada por mais 30 minutos em temperatura ambiente e adicionado 100µl de solução de parada a cada poço. A absorbância do produto foi lida a 450nm em uma leitora de ELISA, sendo a coloração proporcional a quantidade de IgG presente na amostra. O valor de IgG foi determinado através de uma curva padrão.

6.7 BROMATOLOGIA

A composição bromatológica foi determinada a partir de amostras de colostro e leite coletadas nos dias 0, 10 e 21 pós-parto, submetidas à análise de matéria seca, proteína bruta, gordura, lactose e pH conforme descrito por Loisel *et al.* (2013) e de acordo com os métodos oficiais da AOAC (Association of Official Analytical Chemists). A matéria seca (MS) foi determinada por secagem em estufa a 105 °C até peso constante; a proteína bruta (PB), pelo método de Kjeldahl; a gordura total, por extração com éter etílico em aparelho tipo Soxhlet; a lactose, por método enzimático colorimétrico; e o pH, por potenciômetro direta com uso de pHmetro devidamente calibrado.

7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os intervalos de referência para os perfis hematológicos e bioquímicos foram calculados de acordo com as diretrizes da American Society for Veterinary Clinical Pathology (ASVCP) (Friedrichs et al., 2012). Cada variável foi examinada quanto à presença de valores discrepantes (outliers), os quais foram removidos da análise quando identificados. Em seguida, os dados foram submetidos à avaliação dos limites de referência. O método de intervalo de referência baseado no percentil 95% (percentis 2,5 e 97,5) foi aplicado para determinar os intervalos de referência. Todas as análises estatísticas foram

realizadas utilizando o pacote `referenceIntervals` na versão 1.3.1 (Finnegan, 2024) com a linguagem R na versão 4.3 (R Core Team, 2025) com as opções para o ajuste do intervalo de referência por método não paramétrico, com estimativa do intervalo de confiança por meio de *bootstrap*, e o método `cook` para detecção de outliers. As variáveis que foram avaliadas possuem mais de 120 valores amostrais, como sugerido por (Friedrichs et al., 2012) e para a estimativa dos valores de referência foram utilizados apenas os valores positivos (maiores que zero), fato esse justificado pela coerência biológica e requisito dos métodos computacionais de estimação. Análises estatísticas adicionais como a correlação entre os parâmetros colostrais através do teste de Spearman foram conduzidas no GraphPad Prism versão 5 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA). As diferenças nos teores de matéria seca, proteína, gordura, lactose e pH entre o colostro e o leite nos dias 10 e 21 de lactação foram avaliadas utilizando o teste de Mann–Whitney U, sendo considerado estatisticamente significativo $p < 0,05$.

8 RESULTADOS

A análise das 478 amostras de sangue de matrizes suínas, clinicamente saudáveis e com idade gestacional entre 90 e 100 dias, provenientes de granjas comerciais brasileiras sob programas de vacinação padrão, permitiu estabelecer de forma robusta intervalos de referência para os parâmetros hematológicos (Tabela 2) e bioquímicos (Tabela 3). São apresentados média \pm SD. Esses valores podem ser utilizados como base para a interpretação de análises hematobioquímicas em rebanhos suínos no contexto nacional.

A análise da série vermelha (Eritrograma), mostrou uma contagem absoluta de hemácias (RBC) de $6,08 \pm 0,93 \times 10^6/\mu\text{L}$, concentração de hemoglobina (Hb) de $11,14 \pm 1,44 \text{ g/dL}$ e hematócrito (HCT) de $40,72 \pm 5,69\%$. O volume corpuscular médio (VCM ou MCV) foi de $67,43 \pm 7,46 \text{ fL}$, enquanto a hemoglobina corpuscular média (HCM ou MCH) foi de $18,49 \pm 2,72 \text{ pg}$.

A concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM ou MCHC) apresentou média de $27,46 \pm 2,46 \text{ g/dL}$, valor inferior ao limite inferior do intervalo de referência descrito na literatura ($29,1\text{--}31,8 \text{ g/dL}$), sugerindo uma possível hipocromia, ainda sem impacto clínico evidente. O índice de anisocitose (RDW – Red Cell Distribution Width) foi de $18,57 \pm 3,40\%$, indicando uniformidade moderada no tamanho das hemácias.

A série branca (Leucograma) revelou uma média de leucócitos totais (WBC) de $16.416 \pm 4.928/\mu\text{L}$. A contagem de bastonetes foi de $245 \pm 94/\mu\text{L}$. A contagem absoluta de neutrófilos foi de $9.028 \pm 4.405/\mu\text{L}$. A contagem de linfócitos foi de $6.415 \pm 2.750/\mu\text{L}$. Para monócitos, a média foi de $446 \pm 339/\mu\text{L}$. Eosinófilos apresentaram média de $759 \pm 666/\mu\text{L}$, enquanto basófilos tiveram média de $269 \pm 160/\mu\text{L}$, ambas com grande amplitude de variação entre os indivíduos. A maioria das amostras, no entanto, apresentou valores reduzidos ou ausentes para essas duas últimas populações celulares.

A análise da série plaquetária mostrou contagem de plaquetas (PLT) de $436 \pm 307 \times 10^3/\mu\text{L}$. A análise da largura de distribuição plaquetária (PDW – Platelet Distribution Width) observada foi de $29,97 \pm 9,16\%$.

Tabela 2. Parâmetros hematológicos estabelecidos para matrizes suínas clinicamente saudáveis, submetidas ao programa vacinal padrão.

Variável	UI	N	OL	Média	Sd	Med	Intervalo (min-max)	IR com 90% de intervalo de confiança (CI)		Valor Médio	Ref	
								Limite inferior de CI ^a	Limite superior de CI ^a			
RBC	x10 ⁶ /μL	478	17	6,08	0,93	6,04	3,68	8,89	4,56 (4,44-4,66)	7,66 (7,53-7,73)	5,80	(1)
Hb	g/dL	478	23	11,14	1,44	11,10	5,60	16,60	8,90 (8,70-9,10)	13,60 (13,40-13,80)	12,10	(1)
HCT	%	478	18	40,72	5,69	40,50	22,70	58,00	31,40 (30,60-32,10)	50,90 (50,10-51,20)	39,70	(1)
MCV	fL	478	28	67,43	7,46	67,80	30,10	91,4	57,07 (56,70-57,54)	79,73 (78,58-80,01)	68,60	(1)
MCH	pg	478	14	18,60	2,72	18,50	9,5	59,30	15,50 (14,81-15,80)	22,30 (21,50-22,79)	21,00	(1)
MCHC	g/dL	478	44	27,46	2,46	27,60	13,30	33,90	22,90 (22,80-23,13)	30,00 (29,90-30,20)	30,50	(1)
WBC	/μL	478	22	16416	4928	15800	3800	45700	9186 (8400-9800)	24182 (23755-24700)	12100	(1)
Bast	/μL	478	0	245	94	246	0	348	22 (0-134)	348 (348-450)	***	(AR)
	%	478	0	1	1	1	0	2	1 (0-1)	2 (2-3)	***	(AR)
Neut	/μL	478	22	9028	4405	8344	410	41587	2630 (1938-3110)	15672 (15100-16353)	7200	(1)
	%	478	26	53	15	55	5	91	28 (26-30)	78 (77-79)	59,30	(1)
Linf	/μL	478	20	6415	2750	5994	1700	22176	2589 (2370-2823)	10513 (10070-10783)	3300	(1)
	%	478	22	40	14	39	9	87	17 (15-18)	64 (62-66)	28,20	(1)
Eos	/μL	478	21	759	666	534	0	4760	119 (0-132)	1904 (1755-1953)	1000	(1)
	%	478	18	5	4	4	0	34	1 (0-2)	11 (11-11)	7,70	(1)
Mono	/μL	478	22	446	339	348	0	2052	117 (0-130)	947 (902-1001)	600	(1)
	%	478	19	3	2	2	0	13	1 (0-1)	6 (5-6)	4,80	(1)
Baso	/μL	478	5	269	160	198	0	744	92 (0-119)	566 (473-582)	130	(2)
	%	478	4	2	1	1	0	6	1 (0-1)	3 (3-3)	0,80	(2)
PLT	x10 ³ /μL	478	34	436	307	331	280	1444	164 (64-264)	1052 (952-1152)	225,8	(1)
RDW	%	478	3	18,57	3,40	18,15	7,00	35,50	14,25 (12,90-14,90)	24,10 (23,40-24,20)	20,10	(2)
PDW	%	478	1	29,97	9,16	30,00	4	42	20 (20-20)	42 (40-42)	***	(AR)

RBC - contagem de células vermelhas; Hb - hemoglobina; HCT - hematócrito; MCV - volume corpuscular médio; MCH - hemoglobina corpuscular média; MCHC - concentração de hemoglobina corpuscular média; PLT - contagem de plaquetas; RDW - amplitude de Distribuição dos Glóbulos Vermelhos; PDW - amplitude de Distribuição de plaquetas; WBC - contagem de leucócitos; OL - outliers; Med - Mediana; UI Unidade internacional; Bast – Bastonetes; Neut – Neutrófilos; Linf – Linfócitos; Eos – Eosinófilos; Mono – Monócitos; Baso - Basófilos (1) Boulbria et al. (2021); (2) Bhattarai et al. (2019); AR – ausência de referência na literatura consultada. Ref- Referência

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 3. Parâmetros bioquímicos estabelecidos para matrizes suínas clinicamente saudáveis, submetidas ao programa vacinal padrão.

Variável	UI	N	OL	Média	Sd	Med	Intervalo (min-max)	IR com 90% de intervalo de confiança (CI)		Valor médio	Ref	
								Limite inferior de CI ^a	Limite superior de CI ^a			
ALT	UI/L	478	16	42,98	10,92	41,90	18,40	77,30	24,94 (23,20-27,24)	60,31 (58,53-63,18)	44,11	(3)
AST	U/L	478	1	40,35	33,77	35,60	17,20	314,60	18,76 (17,20-20,17)	74,94 (60,83-76,50)	30,40	(3)
TP	g/dL	478	3	7,03	0,61	7,00	5,60	8,80	5,95 (5,90-6,10)	8,20 (7,96-8,20)	7,79	(3)
ALB	g/dL	478	4	2,84	0,28	2,84	2,16	3,76	2,31 (2,29-2,40)	3,31 (3,29-3,32)	3,75	(3)
GLOB	g/dL	478	4	4,17	0,64	4,21	2,61	5,97	3,05 (2,91-3,25)	5,19 (5,09-5,37)	3,66	(3)
ALP	U/L	478	2	98	49,39	47,00	17	483	18,95 (17,00-22,43)	99,58 (90,53-107,00)	38,20	(3)
GGT	U/L	478	10	66,02	43,33	58,10	5	269	12,68 (11,00-17,00)	135,42 (125,68-146,26)	59,50	(4)
CREA	mg/dL	478	12	1,90	0,48	1,82	0,91	4,68	1,23 (1,18-1,25)	2,60 (2,49-2,69)	2,51	(4)
CK	U/L	478	5	870,99	1250,45	508,00	60	8339	130,60 (60,00-142,40)	2122,60 (1651,40-2521,00)	1399,40	(3)
PPT	g/dL	478	2	7,28	0,56	7,20	6,20	8,80	6,20 (6,20-6,39)	8,20 (8,00-8,20)	***	(AR)
Relação alb:glob	-	478	1	0,70	0,14	0,69	0,46	1,15	0,47 (0,46-0,48)	0,96 (0,91-0,97)	1,33	(4)
AChE	U/L	478	9	1325,28	573,97	1281,50	108,9	4425,60	596,50 (441,20-687,40)	1792,63 (1710,46-1920,50)	***	(AR)

ALT - alanino aminotransferase; AST - aspartato aminotransferase; TP - proteína total; ALB – albumina; ALP - fosfatase alcalina; CREA – creatinina; ALB – Albumina; GLOB – Globulina; GGT - gama glutamiltransferase; CK – creatinoquinase; alb:glob - albumina:globulina; AChE - acetilcolinesterase; OL – outliers; med – Mediana; UI - Unidade internacional; (3) Zhang et al (2022); (4) Verheyen et al (2007); AR – Ausente na literatura; Ref - Referência

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise dos parâmetros bioquímicos relacionados à função hepática revelou valores médios de alanina aminotransferase (ALT) de $42,98 \pm 10,92$ U/L e de aspartato aminotransferase (AST) de $40,35 \pm 33,77$ U/L. A gama-glutamil transferase (GGT) apresentou média de $66,02 \pm 43,33$ U/L, enquanto a fosfatase alcalina (ALP) teve média de $98,00 \pm 49,39$ U/L, com ampla variação entre os indivíduos.

No que se refere à função renal, a creatinina sérica (CREA) apresentou média de $1,90 \pm 0,48$ mg/dL, com valores variando de 0,91 a 4,68 mg/dL. A avaliação do perfil proteico sérico demonstrou valores médios de proteína total (TP) de $7,03 \pm 0,61$ g/dL, albumina (ALB) de $2,84 \pm 0,28$ g/dL e globulinas de $4,17 \pm 0,64$ g/dL. A relação albumina:globulina foi de $0,70 \pm 0,14$, sugerindo uma proporção fisiológica adequada entre as frações. A proteína plasmática total (PPT) apresentou média de $7,28 \pm 0,56$ g/dL, compatível com os valores observados nas proteínas séricas, o que reforça a

consistência interna dos dados. Com relação à integridade muscular, os níveis de creatina quinase (CK) mostraram média elevada de $870,99 \pm 1250,45$ U/L, com ampla dispersão entre os indivíduos (60 a 8.339 U/L). Por fim, a acetilcolinesterase, considerada um biomarcador da função neuromuscular e exposição a neurotoxinas, apresentou média de $1.325,28 \pm 573,97$ U/L.

A avaliação da colostrogenese foi realizada por meio de três métodos complementares: imunócrito, refratometria de Brix e dosagem de IgG por ELISA (tabela 4). Esses ensaios permitiram caracterizar a qualidade imunológica do colostro das matrizes avaliadas e estimar sua capacidade de transferência de imunidade passiva aos neonatos.

Tabela 4. Parâmetros colostrais estabelecidos para matrizes suínas clinicamente saudáveis, submetidas ao programa vacinal padrão.

Variável	UI	N	OL	Média	Sd	Med	Intervalo (min-max)	IR com 90% de intervalo de confiança (CI)		Valor médio	Ref	
								Limite inferior de CI ^a	Limite superior de CI ^a			
Imunócrito coloastro	-	478	2	0,20	0,13	0,18	0,02	1,04	0,04 (0,02-0,06)	0,40 (0,34-0,42)	>0,14	(5)
Brix	%	478	3	25,86	3,42	26,0	16,2	32,6	19,66 (19,56-20,05)	32,20 (32,00-32,41)	25-29 (Bom) >30 (Muito Bom)	(6)
ELISA IgG	mg/mL	478	2	73,86	35,29	79,26	21,72	158,9	21,92 (21,72-23,32)	134,49 (124,70-135,41)	48,6-52,2 (Bom) 70,2-87 (Muito Bom)	(6)

UI - Unidade internacional; OL – outliers; Med – Mediana; (5) Vallet, Miles (2017); (6) Hasan *et al.* (2016); Ref - Referência

Fonte: elaborado pelo autor.

O imunócrito colostrado apresentou média de $0,20 \pm 0,13$, com valores variando de 0,02 a 1,04. A análise por refratometria de Brix revelou uma média de $25,86 \pm 3,42\%$, com valores entre 16,2% e 32,6%. A quantificação direta de IgG por ELISA em amostras de colostro apresentou média de $73,86 \pm 35,29$ mg/mL, com variação de 21,72 a 158,9 mg/mL.

De forma integrada, os três métodos mostraram consistência nos resultados, e a correlação entre eles (conforme apresentado na Tabela 5) reforça a confiabilidade do imunócrito e da refratometria como alternativas viáveis e acessíveis para estimar indiretamente a concentração de IgG colostrado na rotina de granjas.

Tabela 5. Correlação de Spearman entre os ensaios de avaliação da colostragem (ELISA, imunócrito e Brix) em suínos.

ENSAIO	N	Spearman r factor	P valor
ELISA x Brix	53	0,6067	<0,0001
ELISA x Imunócrito	53	0,7431	<0,0001
Imunócrito x Brix	53	0,6988	<0,0001

Fonte: elaborado pelo autor.

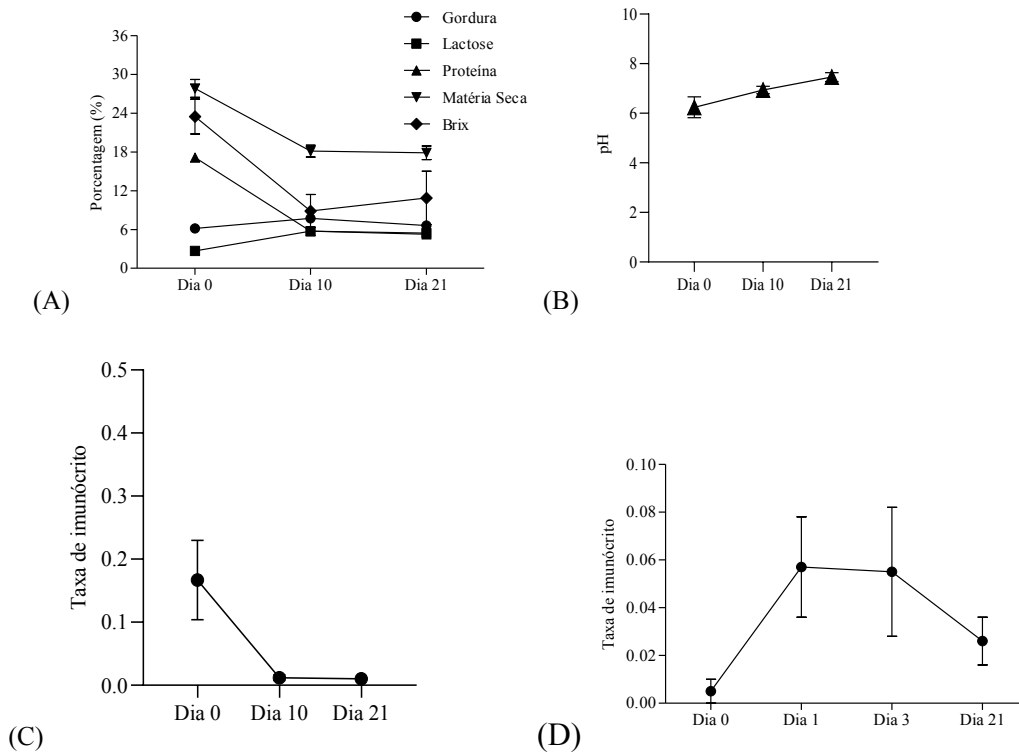
Nossos dados indicam correlação moderada entre os métodos analisados, sendo a mais elevada entre ELISA e imunócrito ($r = 0,7431$), sugerindo que o imunócrito pode ser uma ferramenta promissora e prática na estimativa indireta da concentração de IgG no colostro. A correlação entre Brix e imunócrito ($r = 0,6988$) também reforça a utilidade desses métodos rápidos na triagem da qualidade colostrada em campo.

A Figura 2 demonstra as mudanças na composição do colostro (dia 0) e do leite (dias 10 e 21 de lactação), evidenciando a transição fisiológica da secreção mamária ao longo da lactação em matrizes suínas.

A análise da colostrogênese no dia 0 (colostro), observa-se que os teores de matéria seca ($27,83 \pm 1,38\%$) e proteína bruta ($17,15 \pm 0,64\%$) foram máximos, refletindo a elevada concentração de imunoglobulinas e outros compostos bioativos essenciais para a transferência de imunidade passiva. Os níveis de gordura ($6,17 \pm 0,35\%$) e lactose ($2,67 \pm 0,23\%$) são relativamente baixos nesta fase inicial.

A análise da galactogênese aos 10 dias de lactação, verificou-se uma queda expressiva na proteína ($5,75 \pm 0,41\%$) e matéria seca ($18,12 \pm 0,91\%$), acompanhada de aumento acentuado nos teores de lactose ($5,73 \pm 0,41\%$) e gordura ($7,74 \pm 0,25\%$), indicando o início da transição para o leite maduro. No 21º dia, o leite apresentou composição estabilizada: proteína manteve-se baixa ($5,27 \pm 0,41\%$), lactose estabilizou em $5,45 \pm 0,44\%$, e a gordura apresentou leve redução ($6,62 \pm 0,57\%$). A matéria seca manteve-se estável ($17,86 \pm 1,04\%$), representando a maturação funcional do leite como fonte primária de energia e crescimento. A refratometria Brix acompanhou as variações nos sólidos totais: apresentou média de $23,3 \pm 2,71\%$ no colostro, caindo para $7,7 \pm 2,55\%$ no dia 10 e para $13,2 \pm 4,13\%$ no dia 21, indicando a diluição progressiva dos sólidos imunológicos em favor dos componentes nutricionais.

Figura 2. Evolução da composição bromatológica do colostro no dia 0 (colostrogênese) e do leite nos dias 10 e 21 de lactação (galactogênese) durante a lactação em matrizes suínas. (A) Variação nos teores de matéria seca, proteína bruta, gordura e lactose no colostro (n=125). (B) Valores médios de pH (n=125). (C) valores de imunócrito no colostro (n=125). (D) Evolução do imunócrito sérico em leitões avaliados imediatamente após o parto (dia 0, antes da primeira mamada, em estado agamaglobulinêmico), 1 dia após o parto, 3 dias após o parto e ao desmame (20 dias de idade) (n=42).



Fonte: elaborado pelo autor.

Assim como o Brix, os valores de imunócrito apresentaram uma queda significativa ao longo da lactação: $0,16 \pm 0,06$ no colostro e $0,0$ nos dias 10 e 21. O pH aumentou progressivamente ao longo da lactação: $6,4 \pm 0,42$ no colostro, $6,9 \pm 0,15$ no dia 10 e $7,4 \pm 0,18$ no dia 21. Este aumento reflete a redução da atividade imunológica e a estabilização bioquímica da secreção, caracterizando o leite maduro.

A análise comparativa dos componentes nutricionais e físico-químicos do colostro e do leite ao longo da lactação revelou variações significativas entre os diferentes dias avaliados. Observou-se que a lactose, a proteína, o pH e a matéria seca apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os dias 0 e 10 ($p=0,007$), bem como entre os dias 0 e 21 ($p=0,007$), sugerindo uma nítida transição entre o colostro e o leite maduro. Para a lactose e a proteína, não houve diferença entre os dias 10 ($p=0,547$) e 21 ($p=0,309$), indicando estabilização desses componentes após a primeira semana de lactação. O pH, por outro lado, apresentou alterações significativas em todas as comparações, demonstrando uma mudança contínua ao longo do tempo ($p=0,007$). A gordura mostrou um

comportamento oscilatório: variou significativamente entre os dias 0 e 10 ($p=0,007$) e entre 10 e 21 ($p=0,03$), mas não apresentou diferença significativa entre os dias 0 e 21 ($p=0,15$), sugerindo flutuações intermediárias.

Esses resultados demonstram de forma clara a transição funcional do colostro, com propriedades predominantemente imunológicas, para o leite maduro, com propriedades predominantemente nutricionais, acompanhando o desenvolvimento fisiológico dos leitões.

A Figura 2 também apresenta a evolução do imunócrito sérico em leitões avaliados em quatro momentos distintos do período neonatal: imediatamente após o parto (dia 0, antes da primeira mamada), 24 horas após o nascimento (1º dia), 3º dia e 20º dia de vida (desmame).

No dia 0, os leitões apresentaram valores médios de imunócrito extremamente baixos ($0,005 \pm 0,007$), refletindo o estado de agamaglobulinemia fisiológica característico dos neonatos suínos, em razão da ausência de transferência transplacentária de imunoglobulinas.

Após 24 horas de vida (1º dia), observou-se um aumento significativo no valor médio do imunócrito, atingindo $0,057 \pm 0,021$, indicando uma eficiente absorção colostrar de imunoglobulinas, especialmente IgG, durante a janela de permeabilidade intestinal.

No 3º dia, os níveis de imunócrito mantiveram-se relativamente estáveis ($0,055 \pm 0,027$), demonstrando uma conservação transitória das imunoglobulinas circulantes obtidas via colostro, ainda compatível com proteção passiva efetiva.

Já no 20º dia de vida, momento que coincide com o desmame, houve redução nos valores médios de imunócrito para $0,026 \pm 0,010$, evidenciando o declínio fisiológico da imunidade passiva. Este padrão é esperado devido à catabolização natural das imunoglobulinas maternas e à progressiva ativação do sistema imune adaptativo endógeno dos leitões.

Os dados obtidos reforçam a utilidade do imunócrito sérico como ferramenta prática, rápida e acessível para o monitoramento da transferência de imunidade passiva e da eficiência da colostragem em granjas comerciais, além de permitir a identificação de falhas precoces de imunidade em leitões neonatos.

Os resultados obtidos subsidiaram a elaboração de um artigo científico que está apresentado no **Apêndice A** que será submetido à revista científica especializada.

9 DISCUSSÃO

O hemograma é um exame rápido, de baixo custo e desempenha um papel essencial na avaliação do estado de saúde dos animais. Por sua capacidade de detectar alterações fisiológicas e clínicas de forma ágil, é amplamente utilizado na rotina diagnóstica veterinária. No entanto, para que sua interpretação seja adequada e clinicamente útil, é imprescindível a existência de intervalos de referência que sejam específicos para a espécie, idade e condição fisiológica dos animais avaliados.

No Brasil, apesar da expressiva produção suinícola, ainda não existem intervalos de referência amplamente estabelecidos para fêmeas suínas em final de gestação. Quando disponíveis, esses dados geralmente não especificam o período gestacional considerado, o que limita a precisão na interpretação dos parâmetros fisiológicos e hematobioquímicos dessa fase. Além disso, a coleta de sangue em suínos adultos apresenta desafios práticos, especialmente devido ao risco de estresse durante a gestação, o que limita a realização de estudos com amostragens representativas nessa população.

A análise hematológica, bioquímica e colostrar realizada em 478 porcas permitiu a obtenção de valores de referência consistentes para diferentes parâmetros, essenciais para a avaliação do estado de saúde das matrizes suínas.

A avaliação hematológica de matrizes suínas clinicamente saudáveis entre 90 e 100 dias de gestação, submetidas a programa vacinal padrão, forneceu dados relevantes sobre os padrões fisiológicos de hemocomponentes nesta fase produtiva. A série vermelha revelou valores médios de eritrócitos ($6,08 \times 10^6/\mu\text{L}$), hemoglobina (11,14 g/dL) e hematócrito (40,72%) compatíveis com os descritos para fêmeas gestantes em literatura especializada, como observado por Boulbria *et al.* (2021). Esses achados sugerem adequada eritropoiese e capacidade de transporte de oxigênio, essenciais para atender à crescente demanda metabólica durante o terço final da gestação (Okafor *et al.*, 2022). A identificação de anemia, principalmente em porcas com hemoglobina inferior a 10 g/dL, é fundamental, visto que a condição pode prolongar o tempo de parto, aumentar o estresse materno e favorecer complicações, como infecções decorrentes de manipulações obstétricas (Sheffield; McClellan; Levesque, 2024). Assim, a avaliação criteriosa da hemoglobina permite identificar animais com maior risco de partos prolongados e a necessidade de intervenções específicas.

Os índices eritrocitários complementares, como o volume corpuscular médio (67,43 fL) e a hemoglobina corpuscular média (18,60 pg), reforçam a integridade morfológica das hemácias, com discreta anisocitose (RDW: 18,57%) dentro da variação fisiológica (Zhang *et al.*, 2022). Contudo, destaca-se a redução da concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM: 27,46 g/dL) abaixo do intervalo de referência proposto por Boulbria *et al.* (2021) (29,1-31,8g/dL), o que pode indicar um quadro de hipocromia discreta, possivelmente associado à diluição plasmática fisiológica característica

da gestação ou a um aporte marginal de ferro, conforme discutido por Okafor *et al.* (2022). Apesar disso, a ausência de anemia e de alterações significativas no volume ou número de hemácias sugere que esse achado é subclínico e compensado. Apesar disso, esses índices se mantiveram estáveis, reforçando a ausência de anemias nutricionais ou diseritropoiese. O hemograma geral indicou condições hematológicas adequadas para a manutenção da saúde das fêmeas, especialmente no que diz respeito à prevenção de quadros anêmicos.

A série branca apresentou uma média de leucócitos totais de $16.416/\mu\text{L}$, com predomínio de neutrófilos ($9.028/\mu\text{L}$) e linfócitos ($6.415/\mu\text{L}$), configurando um perfil leucocitário típico de fêmeas suínas em final de gestação, com ativação imunológica basal (Farmer; Quesnel, 2009). Durante a lactação, a contagem leucocitária tende a permanecer estável (Žvorc *et al.*, 2006), sendo a predominância de neutrófilos um indicativo de ativação da imunidade inata e prontidão imunológica frente a desafios infecciosos (Mair *et al.*, 2020). Tal padrão é compatível com o aumento fisiológico da vigilância imunológica materna, sem indicar processo inflamatório agudo ou infecção. As variações individuais elevadas nos eosinófilos ($759/\mu\text{L}$) e basófilos ($269/\mu\text{L}$), embora amplas, foram discretas na maioria das fêmeas, podendo refletir reações ambientais, parasitismo subclínico ou estímulo imunológico pontual (Zhang *et al.*, 2022). A baixa média de monócitos ($446/\mu\text{L}$) não sugere prejuízo funcional, especialmente na ausência de processos infecciosos. Apesar de ampla variação, tais resultados apresentaram medianas próximas de zero, como esperado em condições fisiológicas normais (Boulbria *et al.*, 2021).

No que se refere à série plaquetária, nossos dados demonstram pela primeira vez o valor do parâmetro largura de distribuição plaquetária (PDW: 29,97%) em porcas gestantes. Embora ainda não existam referências consolidadas publicadas para esse parâmetro em suínos, a análise conjunta da contagem plaquetária e do estado clínico das matrizes indica que os valores obtidos são compatíveis com a manutenção da produção plaquetária fisiológica, sem evidências de alterações reativas ou destrutivas (Zhang *et al.*, 2022). Esse achado é corroborado pela contagem média de plaquetas ($436 \times 10^3/\mu\text{L}$), que se encontra dentro dos limites estabelecidos para a espécie em estudos prévios (Boulbria *et al.*, 2021), sustentando a adequada função hemostática primária.

Esses resultados indicam que, no contexto estudado, os parâmetros hematológicos são consistentes com a fisiologia da gestação suína, fornecendo valores de referência robustos e aplicáveis à realidade de granjas comerciais. A identificação de pequenas variações, como a redução da CHCM, reforça a importância de interpretação integrada dos índices hematimétricos, especialmente em fêmeas gestantes, cuja fisiologia é dinamicamente adaptativa (Boulbria *et al.*, 2021).

Além disso, a coleta padronizada, em grande número de matrizes, fortalece a representatividade estatística dos intervalos observados e contribui para o preenchimento de uma lacuna relevante na medicina veterinária suína, considerando a escassez de dados específicos para esta categoria produtiva.

A avaliação bioquímica das matrizes suínas revelou um perfil compatível com a fisiologia esperada durante o terço final da gestação. Os valores médios das enzimas hepáticas ALT ($42,98 \pm 10,92$ U/L) e AST ($40,35 \pm 33,77$ U/L) estiveram dentro dos intervalos de referência para a espécie, conforme estabelecido por Zhang *et al.* (2022), refletindo integridade funcional do parênquima hepático. Embora a literatura mencione possíveis elevações de AST no pós-parto devido a aumento do metabolismo ou episódios de hipóxia celular (Žvorc *et al.*, 2006), os resultados não indicaram alterações preocupantes. A GGT ($66,02 \pm 43,33$ U/L) e a ALP ($98,00 \pm 49,39$ U/L) apresentaram maior variação individual, o que pode ser atribuído a estímulos hormonais da gestação ou a variações fisiológicas associadas ao metabolismo ósseo e hepático (Perri *et al.*, 2017).

A avaliação de parâmetros hepáticos reforça a importância da integridade funcional do fígado nos períodos de gestação, parto e lactação. O fígado é responsável pela gliconeogênese, fundamental para suprir o elevado metabolismo energético exigido durante o parto, as contrações uterinas, a síntese de lactose e a produção de gordura colostrar. Além disso, a síntese de proteínas colostrais, incluindo a IgG, depende da disponibilidade de aminoácidos e da atividade secretora da glândula mamária, com participação ativa das células do sistema imune local (Theil; Farmer; Feyera, 2022).

A função renal esteve preservada, com valores médios de creatinina sérica ($1,90 \pm 0,48$ mg/dL) dentro da faixa esperada para fêmeas adultas, indicando taxa de filtração glomerular adequada (Zhang *et al.*, 2022). Durante a gestação, a vasodilatação renal, juntamente com a de outros órgãos de alta condutância vascular, funciona como uma via de desvio arteriovenoso, contribuindo para o aumento do débito cardíaco e expansão do volume plasmático materno. Essas adaptações visam garantir o aumento do fluxo sanguíneo uteroplacentário, atendendo a demanda metabólica fetal (Conrad, 2004). Importante destacar que os níveis de creatinina podem variar em função da massa muscular, idade e nível de hidratação, o que justifica a amplitude observada entre os indivíduos.

O perfil proteico sérico apresentou-se equilibrado: proteína total ($7,03 \pm 0,61$ g/dL), albumina ($2,84 \pm 0,28$ g/dL) e globulinas ($4,17 \pm 0,64$ g/dL), com uma relação albumina:globulina de $0,70 \pm 0,14$, sugerindo ativação imunológica fisiológica compatível com a fase gestacional. Este achado é coerente com o aumento esperado das globulinas, relacionadas à produção de imunoglobulinas e proteínas de fase aguda (Theil; Farmer; Feyera, 2022). A proteína plasmática total ($7,28 \pm 0,56$ g/dL), compatível com os dados séricos, reforça a robustez dos resultados obtidos.

Em relação à integridade muscular, os níveis de creatina quinase (CK: $870,99 \pm 1250,45$ U/L) apresentaram ampla variação, com alguns valores bastante elevados (até 8339 U/L). Embora níveis aumentados de CK possam refletir lesões musculares, em suínos esses valores frequentemente se elevam após contenção, manejo físico ou coleta invasiva (Klem *et al.*, 2010). A ausência de sinais clínicos de miopatias nas fêmeas avaliadas reforça a hipótese de elevação transitória induzida por estresse físico.

Para o parâmetro acetilcolinesterase (AChE), nossos resultados apresentam pela primeira vez os valores médios de $1.325,28 \pm 573,97$ U/L para porcas gestantes clinicamente saudáveis. A AChE é reconhecida como um biomarcador sensível da função neuromuscular e da exposição a agentes anticolinesterásicos, como os organofosforados. A atividade observada é compatível com a ausência de exposição tóxica e com a preservação da integridade neuromuscular. Esses compostos atuam inibindo a atividade da colinesterase, o que leva ao acúmulo de acetilcolina no sistema nervoso central e periférico, resultando em superestimulação colinérgica, com manifestações clínicas como espasmos musculares, convulsões e insuficiência respiratória (Kuca & Jun, 2006; Reddy, 2019). Embora valores de referência específicos para suínos ainda sejam limitados, o estado clínico hígido dos animais avaliados sugere que a faixa encontrada pode ser considerada fisiologicamente normal. Em conjunto, os resultados bioquímicos reforçam a estabilidade metabólica e imunológica das fêmeas avaliadas, fornecendo dados de referência relevantes para o monitoramento da saúde de matrizes suínas em sistemas comerciais brasileiros.

A caracterização da colostrogenese por meio de três métodos complementares — imunócrito, refratometria de Brix e ELISA para IgG — permitiu uma análise abrangente da qualidade imunológica do colostro de matrizes suínas. Os resultados observados demonstram consistência entre os métodos e fornecem evidências robustas para sua aplicabilidade na rotina de monitoramento da colostragem em granjas comerciais.

O imunócrito colostrado apresentou média de $0,20 \pm 0,13$, com amplitude entre 0,02 e 1,04, indicando que a maioria das amostras ultrapassou o ponto de corte de 0,14 proposto por Vallet e Miles (2017) como indicativo de colostro com concentração adequada de imunoglobulinas. Esse método, além de ser rápido e de baixo custo, tem se mostrado promissor para a triagem da qualidade colostrado em campo, especialmente em rebanhos de grande escala.

A refratometria revelou dados de Brix, com média de $25,86 \pm 3,42\%$, demonstrando uma colostrogênese de boa qualidade para a maioria das fêmeas. Segundo Hasan *et al.* (2016), valores de Brix entre 25% e 29% indicam colostrogênese de boa qualidade, e valores acima de 30% refletem excelente qualidade. Os dados apresentados sugerem que a maioria das amostras avaliadas apresentava

colostro com alta concentração de sólidos, que possuem forte correlação com a concentração de imunoglobulinas. No entanto, o valor mínimo de 16,2% levanta atenção para possíveis casos de colostrogênese de baixa qualidade. A facilidade operacional e a não exigência de reagentes tornam o Brix uma ferramenta útil para monitoramento em tempo real, embora possa sofrer influência de outros sólidos, como gordura e lactose (Hasan *et al.*, 2016).

A dosagem direta de IgG por ELISA apresentou média de $73,86 \pm 35,29$ mg/mL, com variação expressiva entre 21,72 e 158,9 mg/mL, confirmando a adequação imunológica do colostro produzido pelas fêmeas avaliadas. Valores superiores a 50 mg/mL são considerados satisfatórios para garantir proteção passiva aos neonatos (Souza *et al.*, 2021).

A análise de correlação entre os métodos (Tabela 5) demonstrou coeficiente de Spearman de $r = 0,7431$ entre ELISA e imunócrito, evidenciando forte associação entre essas técnicas e confirmando a capacidade do imunócrito em estimar indiretamente a concentração de IgG colostrar. A correlação entre Brix e imunócrito ($r = 0,6988$) também foi positiva e significativa, indicando que ambos os métodos podem ser utilizados de forma complementar na triagem da qualidade colostrar em campo. Por fim, a correlação entre ELISA e Brix ($r = 0,6067$), embora menor, ainda foi robusta, o que corrobora com estudos prévios que validam o Brix como um método prático e eficaz para avaliação rápida da qualidade colostrar (Hasan *et al.*, 2016). Esses achados corroboram estudos prévios que sugerem a substituição parcial de métodos laboratoriais mais complexos por alternativas práticas em ambientes de produção (Vallet *et al.*, 2013; Farmer *et al.*, 2004).

Em conjunto, os resultados obtidos reforçam a importância da monitoria sistemática da colostrogênese, não apenas para garantir a imunidade passiva dos neonatos, mas também como indicador indireto da sanidade, nutrição e manejo das matrizes. A adoção de ferramentas rápidas como o imunócrito e o Brix pode contribuir significativamente para a tomada de decisão em tempo real nas maternidades suínas, reduzindo a ocorrência de falhas na transferência de imunidade passiva e, conseqüentemente, a morbimortalidade neonatal.

A Figura 2 ilustra a evolução da composição bromatológica do colostro e do leite ao longo da lactação em matrizes suínas, refletindo a transição fisiológica da glândula mamária para atender às demandas imunológicas iniciais e, posteriormente, às necessidades nutricionais dos leitões. No dia do parto (dia 0), a análise da colostrogênese mostrou elevado teor de matéria seca ($27,83 \pm 1,38\%$), proteína bruta ($17,15 \pm 0,64\%$) e imunócrito ($0,16 \pm 0,06$). Esses resultados são consistentes com a concentração elevada de imunoglobulinas (especialmente IgG), citocinas, leucócitos e fatores tróficos presentes no colostro, cuja principal função é assegurar a transferência de imunidade passiva e promover a ativação do sistema imune inato dos neonatos (Rooke & Bland, 2002; Farmer *et al.*, 2004).

Nessa fase, os teores de gordura ($6,17 \pm 0,35\%$) e lactose ($2,67 \pm 0,23\%$) permanecem baixos, o que é fisiologicamente coerente com o foco imunológico da secreção colostrar.

Aos 10 dias de lactação, observou-se uma queda expressiva nos teores de proteína ($5,75 \pm 0,53\%$) e matéria seca ($18,12 \pm 0,91\%$), acompanhada por um aumento marcante nos níveis de lactose ($5,73 \pm 0,41\%$) e gordura ($7,74 \pm 0,25\%$). Essas mudanças refletem a transição da glândula mamária para a produção de leite de transição, caracterizado por uma redução das propriedades imunológicas e um aumento do valor energético e da digestibilidade, fundamentais para o crescimento dos leitões (Devillers *et al.*, 2007; Theil *et al.*, 2014).

No 21º dia, o leite apresentou composição estabilizada, com proteína bruta ($5,27 \pm 0,41\%$), lactose ($5,45 \pm 0,44\%$) e matéria seca ($17,86 \pm 1,04\%$) em patamares consistentes com o leite maduro, enquanto a gordura apresentou leve redução ($6,62 \pm 0,57\%$). Essa estabilização caracteriza a plena maturação funcional do leite, com foco em fornecer energia e nutrientes para o rápido desenvolvimento dos leitões, cujo consumo e taxa de crescimento aumentam exponencialmente nas últimas semanas de lactação (Quesnel *et al.*, 2012).

A refratometria Brix, utilizada como método indireto para estimar a concentração de sólidos totais, também acompanhou essas mudanças: com média de $23,3 \pm 2,71\%$ no colostro, seguiu-se uma queda acentuada para $7,7 \pm 2,55\%$ no dia 10, com aumento posterior para $13,2 \pm 4,13\%$ no dia 21. Essa variação sugere a diluição dos sólidos imunológicos colostrais, seguida pela progressiva incorporação de componentes nutricionais como lactose e lipídios, alterando a densidade do fluido (Araújo *et al.*, 2022).

O pH do leite também aumentou progressivamente: de $6,4 \pm 0,42$ no colostro para $6,9 \pm 0,15$ no 10º dia e $7,4 \pm 0,18$ no 21º dia, o que está em consonância com a redução da acidez associada à atividade imunológica inicial e com a estabilização da composição microbiológica e bioquímica do leite maduro (Theil; Hurley, 2016).

Em conjunto, a análise comparativa evidenciou a transição funcional do colostro, com propriedades predominantemente imunológicas, para o leite maduro, com predominância nutricional, em sincronia com o desenvolvimento fisiológico dos leitões (Theil; Hurley, 2016). A manutenção de elevados teores de lactose e gordura no leite maduro assegura o fornecimento energético necessário para o crescimento pós-natal, enquanto a concentração inicial de proteínas e imunoglobulinas no colostro é determinante para a sobrevivência nas primeiras horas de vida.

Compreender essa dinâmica é fundamental para estratégias de manejo que visem maximizar a eficiência da colostragem, sobrevivência neonatal e desempenho pós-desmame. Assim, a caracterização bromatológica apresentada neste estudo reforça o papel essencial da fase colostrar na

transferência de imunidade e evidencia a relevância da transição adequada para o leite maduro como suporte nutricional contínuo ao desenvolvimento neonatal.

A Figura 3 descreve a evolução do imunócrito sérico em leitões avaliados em diferentes momentos do período neonatal: ao nascimento (dia 0, antes da primeira mamada), 24 horas após o parto, 3º dia e 20º dia de vida (desmame). Os resultados obtidos refletem de forma clara a dinâmica da transferência de imunidade passiva via colostro e a subsequente modulação da imunidade humoral nos primeiros dias de vida.

No dia 0, os leitões apresentaram valores médios de imunócrito extremamente baixos ($0,005 \pm 0,007$), consistentes com o estado de agamaglobulinemia fisiológica observado em neonatos suínos devido à placentação epiteliocorial, que impede a transferência transplacentária de imunoglobulinas (Maciag *et al.*, 2022). Essa condição torna a absorção colostrar imediata essencial para a sobrevivência e proteção imunológica inicial dos leitões.

Após 24 horas de vida (1º dia), observou-se um aumento expressivo no valor médio do imunócrito, atingindo $0,057 \pm 0,021$, evidenciando uma eficiente absorção intestinal de imunoglobulinas, principalmente IgG, durante a chamada janela de permeabilidade intestinal, que permanece aberta apenas nas primeiras 24–36 horas pós-nascimento (Klobasa *et al.*, 1987). Esse período é crítico para a aquisição da imunidade passiva e está diretamente associado à taxa de sobrevivência neonatal (Le Dividich; Rooke; Herpin, 2005).

No 3º dia, os níveis de imunócrito mantiveram-se estáveis ($0,055 \pm 0,027$), o que reflete uma conservação transitória das imunoglobulinas séricas, enquanto o sistema imune endógeno ainda é imaturo. Esse platô sugere que os leitões mantêm níveis protetores de IgG oriunda do colostro, fator fundamental para a proteção contra patógenos entéricos e respiratórios nos primeiros dias de vida (Rooke; Bland, 2002).

Ao 20º dia, correspondente ao período de desmame, observou-se redução nos valores médios de imunócrito para $0,026 \pm 0,010$, indicando o declínio fisiológico da imunidade passiva materna, relacionado ao metabolismo natural das imunoglobulinas e ao início da ativação do sistema imune adaptativo dos leitões (Butler; Wertz, 2012). Essa redução destaca o período de risco imunológico que antecede o desenvolvimento completo da resposta imune própria do animal.

A aplicação prática do imunócrito sérico, como demonstrado neste estudo, se mostra uma ferramenta eficaz, acessível e de baixo custo para o monitoramento da eficiência da colostragem em campo. Estudos prévios validaram o imunócrito como método indireto confiável para estimar a concentração sérica de IgG em leitões (Vallet *et al.*, 2013), com boa correlação com métodos laboratoriais mais complexos, como ELISA.

Portanto, a monitoria do imunócrito representa uma estratégia viável para a identificação precoce de falhas na transferência de imunidade passiva, permitindo intervenções específicas em tempo hábil, como reforço nutricional, suporte terapêutico ou ajustes no manejo de colostragem.

De forma integrada, os achados deste estudo demonstram que matrizes hípidas apresentam condições hematológicas e bioquímicas compatíveis com a produção de colostro de alta qualidade, tanto do ponto de vista imunológico quanto nutricional. A associação entre métodos acessíveis de avaliação (como imunócrito e Brix) e a caracterização bromatológica da secreção láctea permite uma abordagem mais ampla e aplicável à rotina de granjas, contribuindo para o monitoramento da eficiência de transferência de imunidade passiva e, conseqüentemente, para a redução da mortalidade neonatal em sistemas intensivos de produção suína.

10 CONCLUSÃO

O presente estudo contribuiu significativamente para a suinocultura tecnificada ao estabelecer intervalos de referência para parâmetros hematológicos, bioquímicos de matrizes suínas clinicamente saudáveis, permitindo a caracterização do estado fisiológico de saúde das fêmeas gestantes e lactantes e a identificação de padrões relacionados à colostrogênese e galactogênese e à transferência de imunidade passiva. A análise das imunoglobulinas revelou forte correlação entre o método ELISA e alternativas como imunócrito e refratometria de Brix, destacando o imunócrito como ferramenta prática e de baixo custo para o monitoramento em tempo real da colostragem. A composição bromatológica do colostro e sua variação durante a lactação reforçam a importância da ingestão precoce pelos leitões, tanto pelo valor imunológico quanto nutricional.

Uma limitação importante deste estudo foi a dificuldade na coleta de amostras sanguíneas em suínos, uma vez que essa não é uma prática rotineira em granjas comerciais, o que dificultou tanto a execução das coletas quanto a padronização das análises laboratoriais. Além disso, a ausência de profissionais previamente treinados para essa atividade representou um desafio adicional, exigindo um período de adaptação e aprendizado técnico. Para superar essas limitações, recomenda-se o investimento em programas de capacitação específicos para as equipes de campo, bem como o uso de ferramentas e dispositivos que facilitem a contenção e a coleta de sangue de forma segura e eficiente, garantindo a obtenção de amostras de melhor qualidade e a reprodutibilidade dos resultados em futuros estudos.

Por fim, os resultados obtidos promovem melhorias no manejo perinatal, apoiam a implementação de protocolos de triagem colostrálica em granjas e fornecem bases para práticas mais sustentáveis, propondo ferramentas acessíveis que podem ser incorporadas à rotina das granjas com baixo custo operacional.

11 REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Lina Raquel Santos *et al.* Physicochemical composition of colostrum and milk from sows during lactation under tropical climate conditions. **Medicina Veterinaria (Brazil)**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 59–64, 2022.
- AVELINO, Sebastião. Recuperação De Proteínas Por Precipitação E Flotação: Polieletrólitos E Éteres De Celulose Como Precipitantes. p. 1629–1634, 1997.
- BALZANI, A.; CORDELL, H. J.; EDWARDS, S. A. Evaluation of an on-farm method to assess colostrum IgG content in sows. **Animal**, v. 10, n. 4, p. 643–648, 2016.
- BHATTARAI, Sheeva; FRAMSTAD, Tore; NIELSEN, Jens Peter. Hematologic reference intervals of Danish sows at mid-gestation. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 61, n. 1, p. 1–5, 2019.
- BORTOLOZZO, Fernando Pandolfo *et al.* A fêmea suína em lactação. p. 234, 2010.
- BOULBRIA, Gwenaël *et al.* Haematological reference intervals of sows at end gestation in ten French herds, the impact of parity on haematological parameters and the consequences on reproductive performance. **Porcine Health Management**, v. 7, n. 1, p. 1–8, 2021.
- BOURNE, F. J. Studies on colostrum and milk whey proteins in the sow 1. The transition of mammary secretion from colostrum to milk with natural suckling. **Animal Production**, v. 11, n. 3, p. 337–343, 1969.
- BOURNE, F. J.; CURTIS, J. The transfer of immunoglobins IgG, IgA and IgM from serum to colostrum and milk in the sow. **Immunology**, v. 24, n. 1, p. 157–62, 1973.
- BUTLER, J. E.; ŠINKORA, Marek. **The isolator piglet: A model for studying the development of adaptive immunity. Immunologic Research**, nov. 2007.
- BUTLER, J. E.; WERTZ, Nancy; SINKORA, Marek. Antibody Repertoire Development in Swine. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 5, p. 255–279, 2017.
- BUTLER, John E.; WERTZ, Nancy. The porcine antibody repertoire: Variations on the textbook theme. **Frontiers in Immunology**, v. 3, n. JUN, p. 1–15, 2012.
- CABRERA, Rafael A. *et al.* Influence of birth order, birth weight, colostrum and serum immunoglobulin G on neonatal piglet survival. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 1, 2012.
- CONRAD, Kirk P. Mechanisms of renal vasodilation and hyperfiltration during pregnancy. **Journal of the Society for Gynecologic Investigation**, v. 11, n. 7, p. 438–448, 2004.
- DE AGÜERO, Mercedes Gomez *et al.* The maternal microbiota drives early postnatal innate immune development. **Science**, v. 351, n. 6279, p. 1296–1302, 2016.
- DEVILLERS, N. *et al.* Variability of colostrum yield and colostrum intake in pigs. **Animal**, v. 1, n. 7, p. 1033–1041, 2007.
- DEVILLERS, N.; LE DIVIDICH, J.; PRUNIER, A. Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. **Animal**, v. 5, n. 10, p. 1605–1612, 2011.
- DOONAN, S. Bulk purification by fractional precipitation. **Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)**, v. 59, p. 135–144, 1996.
- FARMER, Chantal; QUESNEL, Hélène. Current knowledge on the control of onset and cessation of colostrogenesis in swine. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. May 2019, p. S133–S139, 2020.
- FARMER, C.; QUESNEL, H. Nutritional, hormonal, and environmental effects on colostrum in sows. **Journal of animal science**, v. 87, n. 13 Suppl, p. 56–64, 2009.

FLOWERS, William L. Litter-of-origin traits and their association with lifetime productivity in sows and boars. **Molecular Reproduction and Development**, v. 90, n. 7, p. 585–593, 2023.

FORNER, Ricardo *et al.* Distribution difference of colostrum-derived B and T cells subsets in gilts and sows. **PLoS ONE**, v. 16, n. 5 May, p. 1–18, 2021.

FRIEDRICHS, Kristen R. *et al.* ASVCP reference interval guidelines: Determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 41, n. 4, p. 441–453, 2012.

GEIGER, Adam J. Colostrum: Back to basics with immunoglobulins. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. October 2019, p. S126–S132, 2020.

GODDEN, S. M.; HAINES, D. M.; HAGMAN, D. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. I: Dose effect of feeding a commercial colostrum replacer. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 4, p. 1750–1757, 2009.

GRAHOFER, Alexander; PLUSH, Kate. Lactation in swine: review article. **Animal Frontiers**, v. 13, n. 3, p. 105–111, 2023.

HASAN, S. M. K. *et al.* Validation of Brix refractometer to estimate colostrum immunoglobulin G content and composition in the sow. **Animal**, v. 10, n. 10, p. 1728–1733, 2016.

HEUB, E. M. *et al.* Invited review: Piglet survival: Benefits of the immunocompetence. **Animal**, v. 13, n. 10, p. 2114–2124, 2019.

HURLEY, W. L. Review: Mammary gland development in swine: Embryo to early lactation. **Animal**, v. 13, n. S1, p. S11–S19, 2019.

INOUE, Ryo; TSUKAHARA, Takamitsu. Composition and physiological functions of the porcine colostrum. **Animal Science Journal**, v. 92, n. 1, p. 1–9, 2021.

JAGER, B. V.; NICKERSON, M. A simple quantitative chemical method for estimating gamma-globulin in human serum. **The Journal of biological chemistry**, v. 173, n. 2, p. 683–690, 1948.

JIANG, Xiao Jun *et al.* Effects of silymarin supplementation during transition and lactation on reproductive performance, milk composition and haematological parameters in sows. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, n. 6, p. 1896–1903, 2020.

KE, Cuncun *et al.* FcRn is not the receptor mediating the transfer of serum IgG to colostrum in pigs. **Immunology**, v. 163, n. 4, p. 448–459, 2021.

KLEM, Thea Blystad *et al.* Hematologic and biochemical reference intervals for Norwegian crossbreed grower pigs. **Veterinary Clinical Pathology**, [*s. l.*], v. 39, n. 2, p. 221–226, 2010.

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

KREBS, H. B. Management strategies. **Clinical Obstetrics and Gynecology**, v. 32, n. 1, p. 200–213, 2021.

KROLIKOWSKI, Tatiani Rogeli Behrenz *et al.* Performance of piglets according to colostrum intake and serum immunoglobulin concentration determined by the immunocrit method. **Ciencia Rural**, v. 51, n. 3, p. 1–10, 2021.

KUCA, Kamil; JUN, Daniel. Reactivation of sarin-inhibited pig brain acetylcholinesterase using oxime antidotes. **Journal of medical toxicology : official journal of the American College of Medical Toxicology**, v. 2, n. 4, p. 141–146, 2006.

LE DIVIDICH, Jean; CHARNECA, Rui; THOMAS, Françoise. Relationship between birth order, birth weight, colostrum intake, acquisition of passive immunity and pre-weaning mortality of piglets. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 15, n. 2, 2017.

LE DIVIDICH, J.; ROOKE, J. A.; HERPIN, P. Nutritional and immunological importance of colostrum for the new-born pig. **Journal of Agricultural Science**, v. 143, n. 6, p. 469–485, 2005.

LOISEL F, FARMER C, RAMAEKERS P. et al. 2013. Effect of high fibre intake during late pregnancy on sow physiology, colostrum production and piglet performance. *J. Anim. Sci*, v.91: 5269–5279.

MACIAG, Shaiana Salete *et al.* On the influence of the source of porcine colostrum in the development of early immune ontogeny in piglets. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 1 dez. 2022.

MAIR, K. H. *et al.* The Porcine Innate immune system: an update. n. January, 2020.

MAYENGBAM, P.; TOLENKHOMBA, T. C. Seasonal variation of hemato-biochemical parameters in indigenous pig: Zovawk of Mizoram. **Veterinary World**, v. 8, n. 6, p. 732–737, 2015.

MUKAIYAMA, Teruaki. No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. **Chemistry Letters**, v. 2, n. July, p. 1011–1014, 1973.

OKAFOR, Simeon C. *et al.* Hematological Changes Associated with Pregnancy in Domestic Sows (*Suis domesticus*). **Agricultural Science Digest**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 98–103, 2022.

OVEN, Irena Golinar *et al.* Hematological parameters of pigs in different housing systems in Slovenia. **Journal of Swine Health and Production**, v. 33, n. 2, p. 56–61, 2025.

PAUDYAL, Basudev *et al.* Fc-Mediated Functions of Porcine IgG Subclasses. **Frontiers in Immunology**, v. 13, n. June, p. 1–14, 2022.

PERRI, Amanda M. *et al.* Hematology and biochemistry reference intervals for Ontario commercial nursing pigs close to the time of weaning. **Canadian Veterinary Journal**, v. 58, n. 4, p. 371–376, 2017.

PETERS, Brianna M. *et al.* Reference values for immunocrit ratios to Assess maternal antibody uptake in 1-day-old piglets. **Journal of Swine Health and Production**, v. 24, n. 1, p. 36–41, 2016.

POONSUK, Korakrit; ZIMMERMAN, Jeff. Historical and contemporary aspects of maternal immunity in swine. **Animal Health Research Reviews**, v. 19, n. 1, p. 31–45, 2018.

QUESNEL, H. Colostrum production by sows: Variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. **Animal**, v. 5, n. 10, p. 1546–1553, 2011.

QUESNEL, H.; FARMER, C. Review: Nutritional and endocrine control of colostrogenesis in swine. **Animal**, v. 13, n. S1, p. S26–S34, 2019.

REDDY, Doodipala Samba. Mechanism-based novel antidotes for organopHospHate neurotoxicity. **Current Opinion in Toxicology**, v. 14, n. August 2019, p. 35–45, 2019.

ROOKE, J. A.; BLAND, I. M. The acquisition of passive immunity in the new-born piglet. **Livestock Production Science**, v. 78, n. 1, p. 13–23, 2002.

SAGRERA, Mònica *et al.* Can immunocrit be used as a monitoring tool for swine vaccination and infection studies? **Porcine Health Management**, v. 10, n. 1, p. 1–9, 2024.

SALMON, Henri *et al.* Humoral and cellular factors of maternal immunity in swine. **Developmental and Comparative Immunology**, v. 33, n. 3, p. 384–393, mar. 2009.

SANGILD, Per T. *et al.* Birth and prematurity influence intestinal function in the newborn pig. **Comparative Biochemistry and PHysiology - A PHysiology**, v. 118, n. 2, p. 359–361, 1997.

SCHOOS, A. *et al.* Evaluation of the agreement between Brix refractometry and serum immunoglobulin concentration in neonatal piglets. **Animal**, v. 15, n. 1, p. 100041, 2021.

SHEFFIELD, Sydney L.; MCCLELLAN, Katlyn A.; LEVESQUE, Crystal L. 86 Assessment of sow hemoglobin concentration and its impact on farrowing duration. **Journal of Animal Science**, v. 102, n. Supplement 2, p. 242–243, 2024.

ŠINKORA, Marek; BUTLER, John E. The ontogeny of the porcine immune system. **Developmental and Comparative Immunology**, v. 33, n. 3, p. 273–283, 2009.

SOUZA, A. P. *et al.* A comparative evaluation of methods for estimating the colostrum quality in sows. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, n. 5, p. 1047–1057, 2021.

ŠTUKELJ, Marina. on Pig Hematological Profiles. v. 26, n. April, p. 72–78, 2018.

THEIL, Peter Kappel; FARMER, Chantal; FEYERA, Takele. Review: PHysiology and nutrition of late gestating and transition sows. **Journal of Animal Science**, v. 100, n. 6, p. 1–15, 2022.

THEIL, P. K.; HURLEY, W. L. The Protein Component of Sow Colostrum and Milk. *In: Milk Proteins - From Structure to Biological Properties and Health Aspects. [S.l.]*: InTech, 2016.

TIZARD, Ian R.; HONS, Dacvm; HONS, Dsc. *Imunologia Veterinária. [S.d.]*.

VALLET, J. L. *et al.* Relationships between day one piglet serum immunoglobulin immunocrit and subsequent growth, puberty attainment, litter size, and lactation performance. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 6, p. 2722–2729, 2015.

VALLET, J. L.; MILES, J. R. The effect of farrowing induction on colostrums and piglet serum immunocrits is dependent on parity. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 2, p. 688–696, 2017.

VALLET, J. L.; MILES, J. R.; REMPEL, L. A. A simple novel measure of passive transfer of maternal immunoglobulin is predictive of preweaning mortality in piglets. **Veterinary Journal**, v. 195, n. 1, p. 91–97, 2013.

VERHEYEN, An J.M. *et al.* Serum biochemical reference values for gestating and lactating sows. **Veterinary Journal**, [s. l.], v. 174, n. 1, p. 92–98, 2007.

WAGSTROM, E. A.; YOON, K. J.; ZIMMERMAN, J. J. Immune components in porcine mammary secretions. **Viral Immunology**, v. 13, n. 3, p. 383–397, 2000.

YAGUCHI, H. *et al.* Studies on the relationship between the serum gamma globulin levels of neonatal piglets and their mortality during the first two months of life: An evaluation for the ammonium sulphate reaction. **British Veterinary Journal**, v. 136, n. 1, p. 63–70, 1980.

ZHANG, Shuo *et al.* Assessment of Hematologic and Biochemical Parameters for Healthy Commercial Pigs in China. **Animals**, v. 12, n. 18, p. 1–11, 2022.

ŽVORC, Zdravko *et al.* Haematological and biochemical parameters during pregnancy and lactation in sows. **Veterinarski Arhiv**, v. 76, n. 3, p. 245–253, 2006.

12 APENDICE A – ARTIGO A SER SUBMETIDO

Hematological, biochemical and galactopoietic reference profiles in clinically healthy sows from Brazilian commercial herds under a standard vaccination program

Maria Eduarda Hindlmayer^{1,2}, Carolina Reck¹, Crysttian Arantes Paixão³ and Álvaro Menin^{1,2*}

¹ Veterinary Research and Diagnostics Institute – VERTÀ Laboratories, SC, Brazil. carolina@verta.vet.br.

² Department of Biosciences and one health, Federal University of Santa Catarina, Curitiba, SC, CEP-89520-000, Brazil. alvaro.menin@ufsc.br

³ Federal University of Bahia, Institute of Science, Technology and Innovation, Camaçari Campus, BA, CEP 42809-000, Brazil.

*Correspondence: alvaro.menin@ufsc.br

Simple Summary: Monitoring the health of breeding sows requires reliable reference values for blood and colostrum indicators, which are still scarce in Brazilian herds. In this study, we evaluated hematological and biochemical parameters, as well as key aspects of colostrogenesis and milk composition. Colostrum quality was assessed using immunocrit, Brix refractometry, and IgG concentration, while bromatological analyses determined levels of protein, fat, lactose, and dry matter in colostrum and milk. Samples from more than 535 sows across 22 commercial farms showed values consistent with physiological standards and comparable to international data. The results provide robust reference intervals and confirm the usefulness of immunocrit as a practical tool to estimate colostrum quality. These findings offer practical benchmarks to improve neonatal immunity, milk quality monitoring, and overall herd health management.

Abstract: The absence of Brazilian reference intervals for hematological and biochemical parameters complicates health evaluation of pregnant sows in national herds.

This study aimed to establish reference intervals for these indicators in clinically healthy sows and to evaluate colostrogenesis, colostrum quality, and passive immunity transfer to piglets, as well as the bromatological composition of colostrum and milk. Blood, colostrum, and milk samples were collected from 478 pregnant sows across 22 Brazilian commercial farms, all managed under standardized vaccination programs. Laboratory analyses included hematabiochemical profiling, ELISA quantification of immunoglobulins, Brix refractometry, immunocrit determination, and bromatological analyses of protein, fat, lactose, and dry matter. The resulting reference intervals aligned with sow physiology under Brazilian production conditions and were consistent with international reports, despite differences in geography, environment, and nutrition. Colostrum analyses revealed mean IgG concentrations of 73.86 ± 35.29 mg/mL, Brix values of $25.86\% \pm 3.42$, and an immunocrit of 0.20 ± 0.13 , indicating adequate passive immunity transfer potential. Bromatological analyses demonstrated the expected transition from colostrum, rich in proteins and immunoglobulins, to mature milk characterized by higher levels of fat and lactose. In conclusion, this study establishes robust reference intervals for hematological, biochemical, colostrogenic, and bromatological parameters in clinically healthy sows, providing essential benchmarks for accurate health monitoring, evaluation of colostrum and milk quality, and optimization of neonatal immunity and herd productivity in modern swine production systems.

Keywords: colostrum, passive immunity, immunocrit, immunoglobulins, immune development.

1. Introduction

Monitoring the health and physiological status of breeding sows is a critical component of modern swine production systems. Hematological, biochemical, and galactopoietic parameters provide essential insights into the systemic health, metabolic balance, and reproductive performance of sows, enabling the early detection of subclinical disturbances that could compromise productivity, reproductive efficiency, or neonatal health [1,2].

The evaluation of hematological, biochemical, and immunological parameters in sows is fundamental for monitoring animal health and the early detection of disturbances that may impair productivity and welfare. Variations in leukocyte counts, plasma proteins, hepatic enzymes, and immunoglobulin levels reflect physiological and pathological changes resulting from environmental, nutritional, and infectious stressors [1].

Hepatic and renal function, in particular, undergo significant adjustments during gestation to accommodate the metabolic demands of fetal development and colostrogenesis [3,4]. Alterations in these systems may have downstream effects on colostrum composition, potentially impairing immunoglobulin concentration, nutrient availability, and neonatal health outcomes [5]. Sows with hemoglobin levels below 10 g/dL are at higher risk of prolonged parturition, increased maternal stress, and greater susceptibility to complications such as secondary infections arising from obstetric interventions [6].

Despite their importance, routine assessment of hematological, biochemical, and colostrum parameters in breeding sows remains uncommon in commercial practice. This is partly due to limited reference values adapted to specific production systems, breeds, and regional conditions, as well as the challenge of interpreting laboratory results without established physiological baselines [1]. Hematological parameters can vary significantly depending on the production system and management practices (Oven et al., 2025), and they are also influenced by animal age [7] and regional climatic conditions [8]. Such variability complicates the standardization and interpretation of results and the application of international reference values to local contexts.

Standardized vaccination programs have become a core component of herd health management in commercial swine production, aiming to control infectious diseases that could otherwise affect reproductive performance, colostrum quality, and neonatal survival [2,1]. The bromatological composition of colostrum, with predominance of dry matter and proteins, is associated with the transfer of passive immunity, while milk, containing higher concentrations of fat and lactose, is associated with thermoregulation and energy supply [3,9]. In addition, colostrum contains immunomodulatory agents such as prolactin, anti-idiotypic antibodies, and nucleotides that enhance the activity of natural killer (NK) cells, macrophages, helper T cells, and cytokines [10].

The transfer of passive immunity is of particular importance, given that piglets are born agammaglobulinemic due to the epitheliochorial nature of the porcine placenta, which precludes transplacental immunoglobulin transfer [11]. Consequently, neonates rely entirely on colostrum ingestion for the acquisition of maternal immunoglobulins and bioactive factors essential for immune protection, thermoregulation, and early growth [12]. Failure in passive immunity transfer (FTPI) is associated with higher neonatal morbidity and mortality, reduced growth performance, and long-term deficits in immune competence [13]. Optimal colostrum quality and quantity are influenced by numerous maternal factors, including nutritional status, metabolic health, parity, and the presence of inflammatory or infectious processes [14,15]. Therefore, the objective of this study was to determine reference intervals for hematological, biochemical, and colostrum parameters in clinically healthy sows from Brazilian commercial herds under standard vaccination programs, as well as to evaluate immunological and bromatological aspects of colostrogenesis and galactogenesis.

2. Materials and Methods

1.1. Animals

A total of 478 clinically healthy pregnant sows, parity 1 to 5, between 90 and 100 days of gestation were included in this study. Animals were derived from 22 commercial sow herds (herds ranged 500 at 5000 sows) of commercial lineage. All sows exhibited a similar body condition score, without temperature changes and with the same nutritional regime. Sows were routinely performed vaccinations against reproductive diseases (*Erysipelothrix rhusiopathiae*, Porcine Parvovirus (PPV), *Leptospira interrogans*, Circovirus Suíno Tipo 2 (PCV2)), endemic diseases (*Mycoplasma hyopneumoniae*, swine influenza virus (H1N1)) and neonatal diseases (*Clostridium perfringens*- type A/C, Rotavirus, *Escherichia coli* enterotoxigenic (ETEC)). Blood collection was performed by venipuncture from jugular vein.

1.2. Blood sampling and analyses

Blood samples were collected from all sows via jugular vein puncture. A volume of 9 mL was drawn into vacutainer tubes containing ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) for hematological and plasma analyses. Additional blood samples were collected into vacutainer tubes containing a clot activator for subsequent biochemical serum analyses. Blood count samples were collected and processed within 24 hours after collection and subjected to prior critical analysis where samples that presented clots or any other pre-analytical alteration were excluded from the experiment.

Whole blood from the EDTA tubes was immediately analyzed for complete blood count using an automated veterinary hematology analyzer (PocH-100iV, Sysmex, Japan). Additionally, a differential leukocyte count was performed on Romanowsky-stained blood smears, including both absolute and relative counts of band neutrophils, segmented neutrophils (neut), lymphocytes (lymph), eosinophils (eos), monocytes (mono), and basophils (baso). Morphological examination of blood smears was also conducted to identify potential alterations in erythrocytes, leukocytes, and thrombocytes. After performing the blood count, the samples were subjected to determination of total plasma proteins (TPP) with the aid of a manual refractometer (RTP-20ATC, instrutherm, Brazil).

Serum samples were obtained by centrifuging clot-activator tubes at $4,000 \times g$ for 15 minutes. Concentrations of alanine aminotransferase (ALT), alkaline phosphatase (ALP), creatinine, gamma-glutamyltransferase (GGT), creatine kinase (CK), total protein (TP), albumin, globulin, the albumin-to-globulin ratio, and acetylcholinesterase were measured using an automated colorimetric analyzer (Labmax Evolution, Labtest, USA) with commercial kits (Labtest, USA).

1.3. Colostrum and milk sampling and analyses

Colostrum was collected between 1 and 2 hours after the birth of the first piglet, while milk samples were collected on days 10 and 21 of lactation. For milk collection, piglets were separated from the sow for 45 minutes prior to sampling. Approximately 30 to 70 mL of colostrum or milk was manually collected from paired cranial, middle, and caudal teats. Samples were immediately filtered through gauze and stored at $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ until analysis.

Dry matter, protein, fat, lactose, and pH were determined as previously described [16]. Concentrations of immunoglobulin G (IgG) in colostrum and milk were measured by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) using commercial porcine quantification kits (catalog numbers A100-104 for IgG; Bethyl Laboratories, Montgomery, TX, USA).

The immunocrit ratio in colostrum and milk was determined according to the method previously described [17]. Briefly, colostrum samples were diluted in bovine serum albumin. Subsequently, 50 μL of this dilution was mixed with 50 μL of a 40% (w/v) ammonium sulfate solution. The precipitated sample was transferred to a hematocrit centrifuge tube and centrifuged at full speed ($12,000 \times g$) for 10 minutes at room temperature. The immunocrit ratio

was calculated as the length of the precipitate divided by the total length of the liquid column in the tube, providing a quantitative measure of immunoglobulin concentration. Brix measurements in colostrum and milk were performed using a digital Brix refractometer (model MA871, Milwaukee Instruments, Rocky Mount, NC, USA) with a measurement range of 0–52% Brix.

1.4. Statistical Analyses

Reference ranges for hematologic and biochemical profiles were calculated according to the American Society for Veterinary Clinical Pathology (ASVCP) guidelines [18]. Each variable was examined for outliers, which were removed from the analysis when identified. Data were then subjected to reference limit assessment. The 95% reference interval method (2.5th and 97.5th percentiles) was applied to determine the reference intervals. All analyses were performed using the reference. Intervals package version 1.3.1 with R version 4.3 (R Core Team, 2025), with options for nonparametric reference interval adjustment, bootstrap confidence interval estimation, and the Cook method for outlier detection. The variables evaluated had more than 120 sample values, as suggested by [18], and only positive values (greater than zero) were used to estimate reference values, a fact justified by biological coherence and the requirement of computational research methods. Additional statistical analyses, such as the transparency between colostrum parameters through the Spearman test, were performed in GraphPad Prism version 5 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA). The differences in dry matter, protein, fat, lactose, and pH contents between colostrum and milk on days 10 and 21 of lactation were evaluated using the Mann–Whitney U test, with $p < 0.05$ being considered statistically significant.

3. Results

Hematological Profile

Hematological results from clinically healthy sows from Brazilian commercial herds are summarized in **Table 1**. The mean red blood cell (RBC) count was $6.08 \times 10^6/\mu\text{L} \pm 0.93$, which falls within the reference range reported [1] ($4.3\text{--}7.2 \times 10^6/\mu\text{L} \pm 0.7$).

Variable	UI	N	OL	Mean	Sd	Median	Range (min-max)	RI with 90% confidence interval (CI)		Mean value	Reference	
								Lower limit of CI ^a	Upper limit of CI ^a			
RBC	$\times 10^6/\mu\text{L}$	478	17	6,08	0,93	6,04	3,68	8,89	4,56 (4,44-4,66)	7,66 (7,53-7,73)	5,80	[1]
Hb	g/dL	478	23	11,14	1,44	11,10	5,60	16,60	8,90 (8,70-9,10)	13,60 (13,40-13,80)	12,10	[1]
HCT	%	478	18	40,72	5,69	40,50	22,70	58,00	31,40 (30,60-32,10)	50,90 (50,10-51,20)	39,70	[1]
MCV	fL	478	28	67,43	7,46	67,80	30,10	91,4	57,07 (56,70-57,54)	79,73 (78,58-80,01)	68,60	[1]
MCH	pg	478	14	18,60	2,72	18,50	9,5	59,30	15,50 (14,81-15,80)	22,30 (21,50-22,79)	21,00	[1]
MCHC	g/dL	478	44	27,46	2,46	27,60	13,30	33,90	22,90 (22,80-23,13)	30,00 (29,90-30,20)	30,50	[1]
WBC	$/\mu\text{L}$	478	22	16416	4928	15800	3800	45700	9186 (8400-9800)	24182 (23755-24700)	12100	[1]
Bands	$/\mu\text{L}$	478	0	245	94	246	0	348	22 (0-134)	348 (348-450)	***	[AR]
	%	478	0	1	1	1	0	2	1 (0-1)	2 (2-3)	***	[AR]
Neutrophils	$/\mu\text{L}$	478	22	9028	4405	8344	410	41587	2630 (1938-3110)	15672 (15100-16353)	7200	[1]
	%	478	26	53	15	55	5	91	28 (26-30)	78 (77-79)	59,30	[1]
Lymphocytes	$/\mu\text{L}$	478	20	6415	2750	5994	1700	22176	2589 (2370-2823)	10513 (10070-10783)	3300	[1]
	%	478	22	40	14	39	9	87	17 (15-18)	64 (62-66)	28,20	[1]
Eosinophils	$/\mu\text{L}$	478	21	759	666	534	0	4760	119	1904	1000	[1]

									(0-132)	(1755-1953)		
	%	478	18	5	4	4	0	34	1	11	7,70	[1]
									(0 - 2)	(11-11)		
Monocytes	/ μ L	478	22	446	339	348	0	2052	117	947	600	[1]
									(0-130)	(902-1001)		
	%	478	19	3	2	2	0	13	1	6	4,80	[1]
									(0 - 1)	(5-6)		
Basophils	/ μ L	478	5	269	160	198	0	744	92	566	130	[14]
									(0-119)	(473-582)		
	%	478	4	2	1	1	0	6	1	3	0,80	[14]
									(0-1)	(3-3)		
PLT	$\times 10^3/\mu$ L	478	34	436	307	331	280	1444	164	1052	225,8	[1]
									(64-264)	(952-1152)		
RDW	%	478	3	18,5 7	3,40	18,15	7,00	35,50	14,25	24,10	20,10	[14]
									(12,90-14,90)	(23,40-24,20)		
PDW	%	478	1	29,9 7	9,16	30,00	4	42	20	42	***	AL
									(20-20)	(40-42)		

Table 1. Mean, standard deviation (Sd), median (Med), minimum–maximum range (min–max), and reference interval (RI) limits with 90% confidence interval (CI) for hematological variables in clinically healthy sows under a standard vaccination program, compared with mean values reported in the literature. N: number of observations; OL: number of outliers; UI: units; p-value: statistical significance level; AL –Absent in literature

Hemoglobin (Hb) and hematocrit (HCT) levels averaged 11.14 g/dL and 40.72%, respectively, remaining within established reference limits for sows. The mean corpuscular volume (MCV) was $67.43 \text{ fL} \pm 7.46$, consistent with reference intervals (57–79 fL), while mean corpuscular hemoglobin (MCH) averaged $18.60 \text{ pg} \pm 2.72$, also within the expected range. However, mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) was slightly below the lower limit of reference values (27.46 g/dL vs. 29.1–31.8 g/dL), suggesting mild hypochromia, although likely without significant clinical impact.

Total white blood cell (WBC) counts averaged $16416/\mu\text{L} \pm 4928$, well within the established reference interval of 7600–18800/ μL . Neutrophil counts were also within normal limits at $8661/\mu\text{L} \pm 4405$. Conversely, lymphocyte counts were slightly above reference values (6415/ μL vs. 1900–5600/ μL), possibly reflecting immunological activity related to gestation or herd management. Monocyte counts were the same published reference values (446/ μL vs. 300–900/ μL). Basophils were not detected in most samples, a finding consistent with reports of low basophil prevalence in swine blood.

Platelet counts averaged $436 \times 10^3/\mu\text{L} \pm 307$, within the expected range (90–400 $\times 10^3/\mu\text{L}$). Red cell distribution width (RDW) was $18.57\% \pm 3.40$ in line with reported values for sows ($17.78 \pm 0.9\%$).

3.2. Biochemical Profile

Serum biochemical results are shown in **Table 2**. Alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) levels were within normal limits, with means of 42.98 U/L and 40.35 U/L, respectively, similar to values already reported [19]. Total protein (TP) averaged $7.03 \text{ g/dL} \pm 0.61$, which is comparable to the reference value of $7.56 \pm 0.60 \text{ g/dL}$.

Variable	UI	N	OL	Mean	Sd	Median	Range (min-max)	RI with 90% confidence interval (CI)		Mean value	Reference	
								Lowe limit of CI ^a	Upper limit of CI ^a			
ALT	U/L	478	16	42,98	10,92	41,90	18,40	77,30	24,94 (23,20-27,24)	60,31 (58,53-63,18)	44,11	[19]
AST	U/L	478	1	40,35	33,77	35,60	17,20	314,60	18,76 (17,20-20,17)	74,94 (60,83-76,50)	30,40	[20]
TP	g/dL	478	3	7,03	0,61	7,00	5,60	8,80	5,95 (5,90-6,10)	8,20 (7,96-8,20)	7,79	[20]
ALB	g/dL	478	4	2,84	0,28	2,84	2,16	3,76	2,31 (2,29-2,40)	3,31 (3,29-3,32)	3,75	[20]
GLOB	g/dL	478	4	4,17	0,64	4,21	2,61	5,97	3,05 (2,91-3,25)	5,19 (5,09-5,37)	3,66	[20]

ALP	U/L	478	2	98	49,39	47,00	17	483	18,95 (17,00-22,43)	99,58 (90,53-107,00)	38,20	[20]
GGT	U/L	478	10	66,02	43,33	58,10	5	269	12,68 (11,00-17,00)	135,42 (125,68-146,26)	59,50	[19]
CREA	mg/dL	478	12	1,90	0,48	1,82	0,91	4,68	1,23 (1,18-1,25)	2,60 (2,49-2,69)	2,51	[20]
CK	U/L	478	5	870,99	1250,4 5	508,00	60	8339	130,60 (60,00-142,40)	2122,60 (1651,40- 2521,00)	1399,4 0	[19]
PPT	g/dL	478	2	7,28	0,56	7,20	6,20	8,80	6,20 (6,20-6,39)	8,20 (8,00-8,20)	***	AL
alb:glob ratio	-	478	1	0,70	0,14	0,69	0,46	1,15	0,47 (0,46-0,48)	0,96 (0,91-0,97)	1,33	[20]
AChE	U/L	478	9	1325,2 8	573,97	1281,50	108,9	4425,6 0	596,50 (441,20-687,40)	1792,63 (1710,46-1920,50)	***	AL

Table 2. Mean, standard deviation (Sd), median (Med), minimum–maximum range (min–max), and reference interval (RI) limits with 90% confidence interval (CI) for biochemical variables in clinically healthy sows under a standard vaccination program, compared with mean values reported in the literature. N: number of observations; OL: number of outliers; UI: units; p-value: statistical significance level. AL –Absent in literature.

Mean serum albumin was slightly lower than published values (2.84 g/dL vs. 3.76 ± 2.86 g/dL), potentially reflecting physiological hemodilution during gestation. Globulin levels remained within the expected range at 4.17 g/dL \pm 0.64, even though the sows were subjected to a standard vaccination program.

Alkaline phosphatase (ALP) levels were elevated (98.00 U/L \pm 49.39) compared to reference means (16.72 ± 16.20 U/L) but remained within the wider interval observed in this population, possibly due to increased osteoblastic activity during gestation. Creatinine levels were modestly elevated at 1.90 mg/dL \pm 0.48 compared to reference means (1.15 ± 0.36 mg/dL) but still fell within the reference range established in this study (1.07–2.70 mg/dL). Creatine kinase (CK) values were within normal limits, indicating no significant muscle injury.

3.3. Colostrum quality parameters

Colostrum quality results are presented in Table 3. The mean immunocrit value was 0.20 ± 0.13 , exceeding the threshold of 0.14 proposed by [21], indicating sufficient immunoglobulin concentration. The average Brix value was $25.86\% \pm 3.42$, corresponding to the adequate range for colostrum quality (25–29%), as previously reported [17]. Colostral IgG concentrations measured by ELISA averaged 73.86 mg/dL \pm 35.29, falling within the “very good” category (70.2–87.0 mg/dL), ensuring adequate passive immunity for neonatal piglets. Overall, colostrum samples from sows demonstrated high quality, suggesting excellent potential for effective transfer of passive immunity to offspring.

Variable	UI	N	N OL	Mean	Sd	Median	Range (min-max)	RI with 90% confidence interval (CI)		Mean value	Reference	
								Lower limit of CI ^a	Upper of CI ^a			
Immunocrit colostrum	-	478	2	0,20	0,13	0,18	0,02	1,04	0,04 (0,02-0,06)	0,40 (0,34-0,42)	>0,14	[21]
BRIX	%	478	3	25,86	3,42	26,0	16,2	32,6	19,66 (19,56-20,05)	32,20 (32,00-32,41)	25-36	[12]
ELISA IgG	mg/mL	478	2	73,86	35,29	79,26	21,72	158,9	21,92 (21,72-23,32)	134,49 (124,70-135,41)	48,6-87	[12]

Table 3. Mean, standard deviation (Sd), median (Med), minimum–maximum range (min–max), and reference interval (RI) limits with 90% confidence interval (CI) for colostrum quality indicators in clinically healthy sows under a standard vaccination program, compared with mean values reported in the literature. N: number of observations; N OL: number of outliers; UI: units; p-value: statistical significance level.

The bromatoly analyses are presented on figure 1. On the day of farrowing, higher levels of dry matter and total solids (assessed by Brix refractometry) were observed, with a predominance of protein compounds, especially immunoglobulins. As the days

postpartum progressed and the gradual transition from colostrum to mature milk occurred, there was a progressive reduction in dry matter and protein content ($p < 0,05$), accompanied by an increase in fat and lactose concentrations ($p < 0,05$), characterizing the biochemical shift in mammary secretion composition from colostrum to milk. Lactose ($p = 0.547$) and protein ($p = 0.308$) levels did not show significant differences between days 10 and 21 of lactation, indicating the stabilization of these constituents after the onset of lactation.

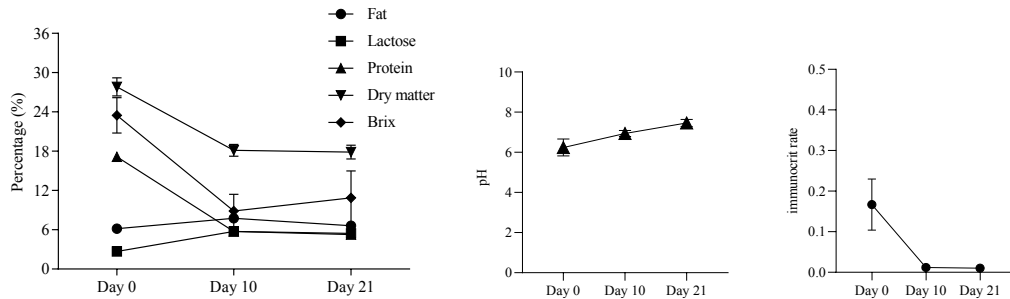


Figure 1. Evolution of the bromatological composition of colostrum and milk of sows ($n = 125$). (A) Composition (%) of dry matter, crude protein, fat, and lactose levels in colostrum (day 0) and milk (days 10 and 21 of lactation). (B) pH values. (C) Immunocrit rate values. Values are expressed as mean \pm standard deviation. For lactose, fat and protein, the standard deviation was very small, and therefore error bars are not visible at the scale presented.

4. Discussion

The present study established robust hematological, biochemical, and galactopoeitic reference values for clinically healthy sows from Brazilian commercial herds managed under a standard vaccination program. In Brazil, despite significant pig production, there are still no widely established reference intervals for late-gestation sows. When available, these data generally do not specify the gestational period considered, which limits the accuracy in interpreting the physiological and hematobiochemical parameters of this phase. Overall, the findings align well with previously reported physiological ranges for adult sows [1], although slight variations were observed, likely associated with reproductive stage, nutritional management, environmental conditions, and possibly vaccination-induced immune responses [22].

Hematological analyses indicated that the sows exhibited adequate health status, particularly with respect to anemia prevention. Mean values for red blood cell count ($RBC = 6.08 \times 10^6/\mu L \pm 0.93$), hemoglobin ($Hb = 11.14 \text{ g/dL} \pm 1.44$), and hematocrit ($HCT = 40.72\% \pm 5.69$) suggest appropriate tissue oxygenation and effective erythropoiesis, consistent with parameters reported for lactating sows [23]. Erythrocyte indices (MCV, MCH, and MCHC) remained stable, supporting the absence of nutritional anemias or dyserythropoiesis. Importantly, monitoring hemoglobin is crucial, as anemia, particularly with Hb below 10 g/dL , may prolong parturition, increase maternal stress, and predispose animals to obstetric complications, including infections resulting from assisted deliveries [6]. It is also worth noting that, in the final third of gestation, sows may present a physiological anemia characterized by hemodilution, resulting from an increase in plasma volume, which should be considered when interpreting hematological results [23].

Compared to reference data from commercial herds [1,19], the hematological findings in this study demonstrated strong concordance, reinforcing their representativeness and clinical applicability. The leukogram revealed elevated mean total leukocyte counts ($WBC = 16416/\mu L \pm 4928$), with a predominance of neutrophils ($9028/\mu L \pm 4405$) and lymphocytes ($6415/\mu L \pm 2750$). This pattern is typical of physiological immune activation during the

peripartum period [5]. During lactation, leukocyte counts tend to remain stable [24], while neutrophil predominance indicates activation of innate immunity and readiness to counter infectious challenges [25]. Eosinophil, monocyte, and basophil counts showed considerable variation, with median values close to zero, consistent with findings in healthy swine [1].

Biochemical profiles further supported normal organ function. Mean ALT (42.98 U/L \pm 10.92) and AST (40.35 U/L \pm 33.77) levels remained within physiological limits for reproductive sows [19]. While transient elevations of AST have been described postpartum due to increased metabolism or episodes of cellular hypoxia [24], no significant alterations were observed here. Alkaline phosphatase (ALP) levels averaged 98 U/L \pm 49.39, with variations likely related to age, stage of lactation, and parity [22]. Creatine kinase (CK) displayed considerable variability (ranging from ~60 to over 8.300 U/L), potentially linked to handling stress, physical exertion, or minor muscle trauma.

Protein profiles—including total protein, total plasma protein, albumin, globulins, and the albumin-to-globulin ratio—remained within reference intervals, indicating an adequate protein status in the sows. This is crucial for ensuring sufficient production of colostrum proteins, particularly immunoglobulin G (IgG), which is essential for passive immunity transfer to piglets [3]. Although data on total plasma protein in swine remain limited, the findings of the present study appear consistent with normal physiological ranges, as the animals were clinically healthy and other protein parameters were within expected values.

Evaluation of hepatic parameters underscores the importance of liver integrity during gestation, farrowing, and lactation. The liver plays a central role in gluconeogenesis to meet the high energy demands of parturition, uterine contractions, lactose synthesis, and colostrum fat production. Additionally, hepatic uptake and metabolism of amino acids are critical for the synthesis of milk proteins, including IgG [3].

Regarding renal function, serum creatinine levels were within physiological limits previously reported in swine [19] indicating adequate glomerular filtration capacity and maintaining proper tissue perfusion and oxygenation for fetal development. During gestation, the renal system undergoes adaptations to ensure increased uteroplacental blood flow, supporting fetal metabolic demands [4].

This study also established reference values for acetylcholinesterase activity (596.50–1792.63 U/L). As no prior reference values were available for this parameter in swine, the results were interpreted as physiological, given the absence of clinical signs of intoxication. Measurement of this enzyme is an important biomarker for detecting organophosphate poisoning, as these compounds inhibit cholinesterase activity, leading to acetylcholine accumulation in the central and peripheral nervous systems [26]. This accumulation results in cholinergic overstimulation, manifesting as muscle spasms, convulsions, and respiratory failure [27].

The results of colostrum production underscored the immunological status of the sows. The mean immunocrit value observed was 0.20 (range 0.02 to 1.04), consistent with values already reported [21]. Brix refractometer readings averaged 25.86%, with most samples falling within the adequate (25–29%) or very good (>30%) categories as previously defined [12]. Colostrum IgG concentrations measured by ELISA averaged 73.86 mg/dL, ranging from 21.72 to 158.9 mg/dL, with the majority classified as high quality [12,28,2]. The high colostrum quality observed is of substantial zootechnical relevance, as it directly influences the success of passive immunity transfer and helps reduce neonatal morbidity and mortality. Given the high pre-weaning mortality rates observed globally in swine production, implementing strategies that ensure high-quality colostrum production should be a continuous priority in herd management. It is worth noting that maintaining a standard vaccination program may contribute not only to disease prevention but also to maintaining stable hematological and biochemical

profiles, as effective immunization reduces the risk of subclinical infections and associated metabolic stress.

Finally, the evolution of milk secretion composition throughout the postpartum period confirms the transition from colostrum to mature milk, as previously reported in the literature [9,29]. The high levels of protein ($p < 0,05$), dry matter ($p < 0,05$) and immunoglobulins ($p < 0,05$) observed in colostrum (day 0) reflect its immunological function, particularly in the transfer of immunoglobulins essential for passive immunity in neonates [13]. As lactation progresses, these components gradually decrease, accompanying the dilution of the secretion and its functional adaptation to the nutritional needs of piglets. In contrast, lactose levels increase progressively, becoming the main energy source and contributing to intestinal development [2]. Fat content shows more moderate fluctuations, peaking in early lactation and slightly decreasing in the mature phase, remaining within expected ranges. These changes are characteristic of lactogenesis and represent a physiological adjustment of the sow to meet the evolving nutritional and immunological demands of the offspring.

In this context, defining robust reference intervals for hematological and biochemical parameters in sows is fundamental for the precise interpretation of laboratory findings and for the early identification of physiological, metabolic, or infectious alterations. Systematic monitoring of these biomarkers is a valuable approach for optimizing reproductive performance, safeguarding maternal health, and promoting the overall sustainability of swine production systems. Nevertheless, it is important to acknowledge that these physiological parameters may be influenced by a variety of factors, including genetic lineage, breed composition, geographic region, climate variability, seasonal effects, nutritional strategies, housing conditions, and exposure to environmental or pathogenic stressors. Therefore, although the reference values established in this study offer important benchmarks for commercial herds under standardized vaccination protocols in Brazil, further multicentric studies across different production contexts are warranted. Expanding this knowledge base will enhance the clinical applicability and diagnostic relevance of these parameters for precision health management in diverse swine production systems.

5. Conclusions

In conclusion, this study provides comprehensive and physiologically relevant reference intervals for hematological, biochemical, and colostrum quality parameters in clinically healthy sows from Brazilian commercial herds under a standardized vaccination regimen. An important limitation of this study was the difficulty in collecting blood samples from pigs, as this is not a routine practice in commercial farms, which hindered both the execution and standardization of laboratory analyses. The lack of trained professionals further complicated the process, requiring a period of adaptation and technical learning. It is recommended to invest in field team training programs and to use tools that facilitate safe and efficient restraint and blood collection, ensuring higher-quality samples and more reproducible results in future studies.

These data fill an important knowledge gap and offer practical tools for veterinary practitioners and herd managers to support the early detection of clinical and subclinical disorders, improve reproductive and neonatal outcomes, and guide evidence-based interventions. The reference values established herein contribute to advancing precision health monitoring and sustainable productivity in modern swine production systems.

6. Patents

Author Contributions: Conceptualization, M.E.H., C.R., Á.M.; methodology, M.E.H., C.R., Á.M.; investigation, M.E.H., C.R., Á.M.; writing—original draft preparation, M.E.H., C.R., Á.M.; writing—review and editing, M.E.H., C.R., Á.M. and C.A.P.; visualization, M.E.H., C.R., Á.M. and C.A.P.; supervision, C.R., Á.M.; project administration, Á.M.; All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding

Institutional Review Board Statement: We authors declare, for all due purposes, that the project that gave rise to the present data agrees with the content of the Brazilian resolutions of the National Council for Control of Animal Experimentation—CONCEA if it involves animals. Additionally, the study is part of the project registered under the number 5370220221 in the research system of the Federal University of Santa Catarina (UFSC). Thus, the authors assume full responsibility for the presented data and are available for possible questions should they be required by the competent authorities.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: all data will be available upon request to the authors.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

Abbreviations

The following abbreviations are used in this manuscript:

ALB	Albumin
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AST	Aspartate Aminotransferase
ALP	Alkaline Phosphatase
ALT	Alanine Aminotransferase
MCHC	Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration
ELISA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
GGT	Gamma-Glutamyl Transferase
GLOB	Globulins
MCH	Mean Corpuscular Hemoglobin
HT	Hematocrit
HB	Hemoglobin
IgA	Immunoglobulin A
IgG	Immunoglobulin G
IgM	Immunoglobulin M
L	Liter
MI	Mililiter
MCV	Mean Corpuscular Volume
MCHC	Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration
PDW	Platelet Distribution Width
PH	Hydrogen Potencial
PLT	Platelets
RBC	Red Blood Cells
RDW	Red Cell Distribution Width
TP	Total Protein
TPP	Total Plasma Protein
WBC	White Blood Cells

References

1. Boulbria, R., Quesnel, H. and Renaudeau, D. (2021) ‘Hematological and biochemical blood reference values in healthy pregnant sows: A review’, *Livestock Science*, 246, 104437. doi:10.1016/j.livsci.2021.104437.
2. Quesnel, H. (2011) ‘Colostrum production by sows: Variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations’, *Animal*, 5(10), pp. 1546–1553. doi:10.1017/S175173111100070X.
3. Theil, P.K., Farmer, C. and Feyera, T. (2022) ‘Physiological changes in sows during gestation and consequences for nutrition: A review’, *Animals*, 12(19), p. 2522. doi:10.3390/ani12192522.
4. Conrad, M.S. (2004) ‘Physiological changes in the sow during gestation and lactation’, *Journal of Animal Science*, 82(E-Suppl), pp. E272–E280. doi:10.2527/2004.8213_supplE272x.
5. Farmer, C. and Quesnel, H. (2009) ‘Nutritional and hormonal regulation of colostrumogenesis in swine’, *Animal*, 3(1), pp. 20–27. doi:10.1017/S1751731108003193.
6. SHEFFIELD, Sydney L.; MCCLELLAN, Katlyn A.; LEVESQUE, Crystal L. 86 Assessment of sow hemoglobin concentration and its impact on farrowing duration. *Journal of Animal Science*, v. 102, n. Supplement_2, p. 242–243, 2024.
7. ŠTUKELJ, Marina. on Pig Hematological Profiles. v. 26, n. April, p. 72–78, 2018.
8. MAYENGBAM, P.; TOLENKHOMBA, T. C. Seasonal variation of hemato-biochemical parameters in indigenous pig: Zovawk of Mizoram. *Veterinary World*, v. 8, n. 6, p. 732–737, 2015.
9. JIANG, Xiao Jun *et al.* Effects of silymarin supplementation during transition and lactation on reproductive performance, milk composition and haematological parameters in sows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 104, n. 6, p. 1896–1903, 2020.
10. SALMON, Henri *et al.* Humoral and cellular factors of maternal immunity in swine. *Developmental and Comparative Immunology*, v. 33, n. 3, p. 384–393, mar. 2009.
11. Maciag, M. *et al.* (2022) ‘The role of placenta type in immunoglobulin transfer and neonatal immunity in mammals’, *Animals*, 12(5), p. 650. doi:10.3390/ani12050650.
12. Hasan, S. *et al.* (2016) ‘Factors affecting sow colostrum yield and piglet colostrum intake’, *Livestock Science*, 191, pp. 113–120. doi:10.1016/j.livsci.2016.07.008.

13. Le Dividich, J., Charneca, R. and Thomas, F. (2017) 'Impact of colostrum intake on piglet survival and health', *Animal Production Science*, 57(10), pp. 2015–2020. doi:10.1071/AN16784.
14. Bhattarai, S., Framstad, T. and Nielsen, J.P. (2019) 'Colostrum immunoglobulin G concentration and piglet performance', *Acta Veterinaria Scandinavica*, 61, p. 42. doi:10.1186/s13028-019-0489-7.
15. DEVILLERS, N. *et al.* Variability of colostrum yield and colostrum intake in pigs. *Animal*, v. 1, n. 7, p. 1033–1041, 2007.
16. LOISEL F, FARMER C, RAMAEKERS P. *et al.* 2013. Effect of high fibre intake during late pregnancy on sow physiology, colostrum production and piglet performance. *J. Anim. Sci*, v.91: 5269–5279.
17. VALLET, J. L.; MILES, J. R.; REMPEL, L. A. A simple novel measure of passive transfer of maternal immunoglobulin is predictive of preweaning mortality in piglets. *Veterinary Journal*, v. 195, n. 1, p. 91–97, 2013.
18. FRIEDRICH, Kristen R. *et al.* ASVCP reference interval guidelines: Determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics. *Veterinary Clinical Pathology*, v. 41, n. 4, p. 441–453, 2012.
19. Zhang, Y.; Xu, X.; Liang, H.; Zhou, M. Biochemical Parameters in Healthy Pigs: A Study of Reference Intervals. *J. Vet. Diagn. Investig.* 2022, 34, 392–399. <https://doi.org/10.1177/10406387221085816>
20. VERHEYEN, An J.M. *et al.* Serum biochemical reference values for gestating and lactating sows. *Veterinary Journal*, [s. l.], v. 174, n. 1, p. 92–98, 2007.
21. VALLET, J. L.; MILES, J. R. The effect of farrowing induction on colostrums and piglet serum immunocrits is dependent on parity. *Journal of Animal Science*, [s. l.], v. 95, n. 2, p. 688–696, 2017.
22. PERRI, Amanda M. *et al.* Hematology and biochemistry reference intervals for Ontario commercial nursing pigs close to the time of weaning. *Canadian Veterinary Journal*, v. 58, n. 4, p. 371–376, 2017.
23. OKAFOR, Simeon C. *et al.* Hematological Changes Associated with Pregnancy in Domestic Sows (*Suis domesticus*). *Agricultural Science Digest*, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 98–103, 2022.
24. Žvorc, Z.; Matičić, D.; Sabočanec, R.; Mrljak, V.; Sučić, M. Hematological and Biochemical Indicators of Health Status in Sows during Lactation. *Acta Vet. Brno* 2006, 75, 367–375. <https://doi.org/10.2754/avb200675030367>
25. MAIR, K. H. *et al.* The Porcine Innate immune system: an update. n. January, 2020.
26. Kuca, K.; Jun, D. Acetylcholinesterase Inhibitors and Reactivators: History and Advances. *Curr. Med. Chem.* 2006, 13, 3153–3163. <https://doi.org/10.2174/092986706779026399>
27. Reddy, D.S. Clinical Pharmacology of Anticholinesterase Toxicity. *Neurol. Clin.* 2019, 37, 661–681. <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2019.06.004>
28. Souza, C.; Campos, M.; Guimarães, S.; Cardoso, A.L.S.P.; Faccin, J.; Bordin, L. Brix Refractometry to Estimate Colostrum Quality in Sows. *Animals* 2021, 11, 345. <https://doi.org/10.3390/ani11020345>
29. ARAÚJO, Lina Raquel Santos *et al.* PHysicochemical composition of colostrum and milk from sows during lactation under tropical climate conditions. *Medicina Veterinaria (Brazil)*, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 59–64, 2022.