REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

ANÁLISE DA TRANSIÇÃO DA IMUNIDADE PASSIVA PARA IMUNIDADE ATIVA EM BEZERRAS HOLANDESAS POR MEIO DE COLETAS HEMATOLÓGICAS SERIADAS

ANALYSIS OF THE TRANSITION FROM PASSIVE TO ACTIVE IMMUNITY IN HOLSTEIN CALVES USING SERIAL HEMATOLOGICAL SAMPLES

Milena Lopes Ferraz
Médica Veterinária, Universidade de Marília - UNIMAR, Brasil
E-mail: milena_lopesf@hotmail.com

Isabela Bazzo da Costa
Doutora em Reprodução Animal, Universidade de Marília - UNIMAR, Brasil
E-mail: isabelabazzo@unimar.br

Charles Alexandre Mendonça Fachini
Mestre em saúde Animal, Universidade de Marília - UNIMAR, Brasil
E-mail: charlesmf2@hotmail.com

Leticia Peternelli da Silva
Doutora em Clínica Veterinária, Universidade de Marília - UNIMAR, Brasil
E-mail: leticia.peternelli@unimar.br

Laine de Castro Andreotti
Docente, Universidade de Marília - UNIMAR, Brasil
E-mail: laineandreotti.la@gmail.com

Lucas de Menezes Campassi
Biomédico, Universidade de Marília - UNIMAR, Brasil
E-mail: lucascampassi01@gmail.com

Gabriela Sales Piveta
Médica Veterinária, Universidade de Marília - UNIMAR, Brasil
E-mail: gabrielasalespvt@gmail.com

Pedro Fumio Miyamoto
Médico Veterinário, Universidade de Marília - UNIMAR, Brasil
E-mail: pedro_miyamoto@outlook.com

Maria Eduarda Cruz e Silva
Médica Veterinária, Universidade de Marília - UNIMAR, Brasil
E-mail: eduarda.ccruzzs@gmail.com

Beatriz dos Santos Munaretti

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

Médica Veterinária, Universidade de Marília - UNIMAR, Brasil
E-mail: beatrizmunaretti@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a variação de linfócitos reativos, leucócitos totais e linfócitos absolutos ao longo de 56 dias, a fim de compreender a dinâmica da resposta imune celular e a possível transição da imunidade passiva para ativa. O delineamento experimental consistiu em coletas seriadas de sangue em diferentes dias (7º, 14º, 21º, 28º, 35º, 42º, 49º e 56º dia), com análise hematológica e aplicação do teste de agrupamento Scott-Knott para detecção de diferenças estatísticas ($p < 0,05$). Observou-se um aumento progressivo dos linfócitos reativos, culminando em um pico no 35º dia, sugerindo o momento de maior ativação da resposta imune adaptativa. Os leucócitos totais e linfócitos absolutos atingiram seus valores máximos no 49º dia, reforçando a ocorrência de uma resposta imune consolidada. Esses achados sugerem evidências indiretas hematológicas possivelmente associadas ao processo de adaptação imunológica durante as primeiras semanas de vida.

Palavras-chave: Linfócitos reativos; Leucócitos; Imunidade passiva; Imunidade ativa

Abstract

The aim of this study was to evaluate the variation of reactive lymphocytes, total leukocytes, and absolute lymphocytes over 56 days, in order to understand the dynamics of the cellular immune response and the possible transition from passive to active immunity. The experimental design consisted of serial blood collections on different days (7th, 14th, 21st, 28th, 35th, 42nd, 49th, and 56th day), with hematological analysis and application of the Scott-Knott clustering test to detect statistical differences ($p < 0.05$). A progressive increase in reactive lymphocytes was observed, peaking on day 35, suggesting the moment of highest activation of the adaptive immune response. Total leukocytes and absolute lymphocytes reached their maximum values on day 49, reinforcing the occurrence of a consolidated immune response. These findings suggest indirect hematological evidence possibly associated with the process of immune adaptation during the first weeks of life.

Keywords: Reactive lymphocytes; Leukocytes; Passive immunity; Active immunity

1. Introdução

O sistema imunológico dos mamíferos é responsável pela proteção do organismo contra agentes infecciosos e outros estímulos antigênicos, sendo composto por mecanismos celulares e moleculares que atuam de forma integrada. De modo geral, a resposta imunológica é dividida em imunidade inata e imunidade adaptativa. A primeira constitui a defesa inicial do organismo, atuando de forma rápida e inespecífica, enquanto a segunda envolve respostas mais específicas e capazes de gerar memória imunológica (Kindt; Goldsby; Osborne, 2007). A interação entre esses dois sistemas é essencial para o estabelecimento de uma resposta imune eficiente ao longo da vida do animal (Li et al., 2023).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

Nos bovinos, o desenvolvimento da imunidade nos primeiros dias de vida apresenta particularidades importantes. Devido ao tipo de placenta presente na espécie, a transferência de imunoglobulinas da mãe para o feto durante a gestação não ocorre, fazendo com que os bezerros nasçam praticamente desprovidos de anticorpos circulantes (Godden, 2008; Peter, 2013; Tizard, 2013). Dessa forma, a ingestão adequada de colostro nas primeiras horas de vida é essencial para fornecer células imunológicas e diversos componentes bioativos que auxiliam na proteção contra patógenos e no desenvolvimento inicial do sistema imunológico (Abuelo et al., 2021).

Nesse contexto, a avaliação de parâmetros hematológicos, especialmente aqueles relacionados às populações leucocitárias, constitui uma ferramenta importante para a investigação da dinâmica do desenvolvimento imunológico em bezerros neonatos. Estudos demonstram que alterações recentes nas contagens de leucócitos e linfócitos ao longo das primeiras semanas de vida refletem mudanças fisiológicas associadas à maturação progressiva da imunidade inata e adaptativa, bem como à adaptação do neonato ao ambiente extrauterino e à exposição a diferentes estímulos antigênicos (Morita et al., 2022; Li et al., 2023). Além disso, pesquisas indicam que o monitoramento dessas configurações longitudinais hematológicas pode auxiliar na compreensão das interações entre imunidade passiva adquirida por meio do colostro e o desenvolvimento gradual da resposta imune própria do animal durante o período pré-desmame (Suzuki et al., 2025; Dudek; Szacawa; Bednarek, 2024).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a variação de leucócitos totais, linfócitos absolutos e linfócitos reativos em bezerras da raça Holandesa ao longo das primeiras semanas de vida, buscando identificar padrões hematológicos possivelmente associados ao processo de adaptação imunológica e ao desenvolvimento da imunidade ativa no período neonatal.

2. Revisão da Literatura

A imunidade inata é composta por mecanismos de defesa presentes de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

forma constitutiva no organismo e capazes de atuar independentemente das exposições prévias aos agentes infecciosos. Quando ativada, essa resposta pode resultar na amplificação da atividade celular e na liberação de mediadores inflamatórios, como citocinas e quimiocinas, que coordenam o recrutamento e a ativação de células efetoras do sistema imunológico. Esse sistema inclui barreiras físicas, químicas e biológicas, representando a primeira linha de defesa contra microrganismos patogênicos. Além de limitar a invasão e disseminação de agentes infecciosos, a imunidade inata exerce papel essencial na modulação da resposta imune adaptativa, promovendo a ativação de células apresentadas de antígenos e favorecendo o desenvolvimento de respostas imunológicas específicas mais eficientes (Abbas; Lichtman; Pillai, 2021; Murphy; Weaver, 2022).

Uma das principais diferenças entre os sistemas imunes inato e adaptativo está relacionada aos mecanismos de reconhecimento de agentes infecciosos. A imunidade inata reforça estruturas moleculares conservadas presentes em diferentes microrganismos, denominadas padrões moleculares associados a patógenos (PAMPs), como lipopolissacarídeos, peptídeooglicanos e flagelinas, detectadas por receptores de reconhecimento padrão, incluindo os receptores Toll-like. Em contraste, a imunidade adaptativa caracteriza-se pela capacidade de estresse antígenos altamente específicos por meio de receptores presentes em linfócitos B e T, permitindo respostas direcionadas e o estabelecimento de memória imunológica (Abbas; Lichtman; Pillai, 2021; Tizard, 2022).

Embora as células envolvidas na resposta imune adaptativa estejam presentes durante o desenvolvimento fetal, a proteção imunológica do feto bovino depende predominantemente da imunidade inata. Nesse período, células fagocitárias como neutrófilos e macrófagos exercem papel fundamental na defesa contra microrganismos. Após o nascimento, ocorre também a colonização inicial do trato gastrointestinal do neonato por microrganismos provenientes do ambiente e da microbiota materna, processo que contribui para o estabelecimento da microbiota intestinal e para o desenvolvimento do sistema imunológico associado às mucosas (Malmuthuge; Guan, 2019; Gomes et al.,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

2021).

Ao nascer, os bezerros passam a ser expostos a uma grande diversidade de microrganismos presentes no ambiente, sendo capazes de ativar tanto mecanismos de imunidade inata quanto de imunidade adaptativa. Entretanto, a resposta imune adaptativa neonatal apresenta imaturidade funcional, caracterizando-se por menor eficiência na produção de anticorpos e celulares respondem menos intensas quando comparados aos de animais adultos. Dessa forma, a imunidade passiva adquirida por meio da ingestão de colostro torna-se essencial para garantir a proteção imunológica durante as primeiras semanas de vida (Chase et al., 2018; Windeyer et al., 2020).

Nos bovinos, a placenta é muitas vezes como do tipo sindesmocorial, estrutura que impede a passagem significativa de imunoglobulinas maternas para o feto durante a gestação. Como consequência, os bebês nascem praticamente desprovidos de anticorpos circulantes, condição conhecida como agamaglobulinemia neonatal. Nesse contexto, a ingestão de colostro imediatamente após o nascimento constitui a principal fonte de imunoglobulinas, permitindo o estabelecimento da chamada transferência de imunidade passiva (TIP) (Godden et al., 2019; Lombard et al., 2020).

Nas primeiras horas após o nascimento, os enterócitos do intestino delgado do neonato apresentam elevada capacidade de absorção de macromoléculas intactas, incluindo imunoglobulinas presentes no colostro. Esse processo é fundamental para a transferência de imunidade passiva e sua eficiência depende de diversos fatores, como a qualidade do colostro, a concentração de imunoglobulinas, o volume ingerido, o intervalo entre o parto e a primeira ingestão e as condições sanitárias do manejo colostral (Godden et al., 2019; Urie et al., 2018).

A ingestão adequada de colostro de alta qualidade nas primeiras horas de vida é considerada um dos principais determinantes da saúde e sobrevivência de bebês neonatos. A quantidade de imunoglobulinas absorvidas pode ser monitorada por meio da avaliação da proteína total sérica utilizando refratometria ou por métodos laboratoriais específicos para quantificação de imunoglobulina G

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

(IgG), permitindo avaliar a eficiência da transferência de imunidade passiva (Lombard et al., 2020; Windeyer et al., 2020).

A transferência passiva de imunidade envolve não apenas a absorção de imunoglobulinas, mas também de células imunológicas e diversos fatores bioativos presentes no colostro, os quais são benéficos para a proteção do neonato contra agentes infecciosos durante o período inicial de vida. A eficiência desse processo é influenciada por fatores como a qualidade do colostro, o tempo da primeira ingestão, o volume administrado e as características maternas, incluindo idade e histórico sanitário da vaca (Guan, 2019; Urie et al., 2018).

A interação entre imunidade passiva e o desenvolvimento da imunidade ativa em bezerros tem sido amplamente discutida na literatura, especialmente no que se refere ao estabelecimento de protocolos vacinais no período neonatal. A presença de anticorpos maternos pode interferir na resposta imune humoral causada pela vacinação, reduzindo a produção de anticorpos específicos. Entretanto, evidências recentes demonstram que, mesmo na presença de anticorpos colostrais, a vacinação pode estimular respostas celulares mediadas por linfócitos T, contribuindo para a formação de imunidade protetora em muitos jovens (Ellis et al., 2018; Chase et al., 2018).

Durante o período pós-natal ocorre também um processo progressivo de maturação do sistema imunológico dos bezerros, caracterizado por alterações quantitativas e funcionais nas condições leucocitárias. Estudos recentes demonstram que variações nas contagens de leucócitos e linfócitos durante as primeiras semanas de vida refletem adaptações fisiológicas do sistema imunológico à exposição ambiental e ao desenvolvimento da imunidade adaptativa. Esse processo inclui expansão clonal de linfócitos, maior atividade de células apresentadoras de antígenos e aumento da competência funcional das células imunológicas, fatores que afetam o estabelecimento gradual da imunidade ativa (Morita et al., 2022; Li et al., 2023).

Associado a esse processo, diversos autores descrevem a existência de um período fisiológico denominado “janela imunológica”, caracterizado pela redução progressiva dos anticorpos maternos circulantes antes que a produção

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

endógena de imunoglobulinas atinja níveis protetores. Durante essa fase, os bezerros podem apresentar maior suscetibilidade a infecções, o que possui implicações diretas para estratégias de manejo sanitário e programas de vacinação. A compreensão da dinâmica dessa transição imunológica tem sido objeto de diversos estudos recentes, os quais indicam que o monitoramento de parâmetros hematológicos e imunológicos pode auxiliar na identificação desse período crítico no desenvolvimento de bovinos imunológicos jovens (Dodek et al., 2024; Suzuki et al., 2025).

3. Metodologia

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA), sob protocolo nº 01/2025. Foram avaliadas cinco bovinos neonatos, fêmeas, da raça Holandesa, com peso médio ao nascimento de aproximadamente 45 kg, provenientes do mesmo rebanho leiteiro e mantidas sob condições iguais de manejo e ambiente. O manejo alimentar das bezerras consiste em sistema de aleitamento artificial, com alimentação diária adequada de 8 litros de leite, divididos em duas refeições ao dia. Além disso, os animais tiveram acesso irrestrito à água limpa e fresca durante todo o período experimental. As bezerras foram mantidas em piquete com pastagem tropical, sendo alojadas em baías individuais, o que permitiu o controle individual do manejo e a redução de interferências entre os animais ao longo do acompanhamento.

Após o parto, as bezerras foram alojadas com suas mães nas primeiras horas de vida. O colostro foi ordenado da própria matriz e administrado artificialmente aos neonatos, com o objetivo de garantir a ingestão adequada. Após esse período de interação inicial, as bezerras foram encaminhadas ao piquete destinado aos neonatos, conforme protocolo de manejo da fazenda.

O rebanho apresentou histórico sanitário monitorado pelo médico veterinário responsável da granja leiteira, sem registro de surtos infecciosos ou enfermidades clínicas relevantes durante o período experimental.

A primeira coleta sanguínea foi realizada aproximadamente 4 horas após o parto. Para a coleta, foi realizada contenção adequada à espécie. As amostras de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

sangue foram obtidas por venopunção da veia jugular, utilizando agulhas calibres 25 × 0,7 mm e seringas de 5 mL, sob condições assépticas, com higienização prévia do local de punção utilizando solução de álcool 70%. O sangue foi depositado em tubos contendo EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético) como anticoagulante. Após a coleta, os tubos foram identificados individualmente e armazenados em caixa térmica refrigerada, sendo posteriormente encaminhados ao Laboratório de Patologia Clínica parceiro do projeto para análise. As coletas subsequentes foram realizadas aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias pós-nascimento, totalizando oito coletas por animal.

Processamento do material

Com a chegada das amostras ao Laboratório de Patologia Clínica, as amostras de sangue total, coletadas em tubos contendo EDTA, foram devidamente homogeneizadas para posterior análise no analisador hematológico automático (Analisador Hematológico 3 Partes – Modelo Hematoclin 2.8 Vet). No equipamento, foram inseridos os dados de identificação da amostra, incluindo nome do paciente, idade, nome do proprietário e número de registro. Em seguida, a amostra foi posicionada na sonda de aspiração do equipamento e, após acionar o botão start, o analisador realizou a leitura automática, fornecendo os seguintes parâmetros: contagem total de leucócitos (WBC#), linfócitos absolutos (Lymph#), granulócitos absolutos (Gran#), monócitos absolutos (Mon#), bem como as porcentagens relativas de linfócitos (Lymph%), granulócitos (Gran%) e monócitos (Mon%).

Adicionalmente, foi determinado o micro-hematócrito, preenchendo-se tubos capilares com a amostra de sangue, vedando-se uma das extremidades e centrifugando por 5 minutos a 12.000 rpm em centrífuga específica para micro-hematócrito. Após a centrifugação, o valor obtido foi utilizado para confirmar o resultado do hematócrito fornecido pelo analisador, além de determinar a concentração de proteína plasmática total por meio de leitura em refratômetro.

Para a confecção dos esfregaços sanguíneos, uma gota de sangue foi depositada na extremidade de uma lâmina de vidro, sendo espalhada com auxílio de outra lâmina posicionada a aproximadamente 45°, realizando-se o deslizamento

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

até o final da lâmina para obtenção da extensão. Após a secagem ao ar, as lâminas foram coradas pelo método panótico rápido, permanecendo por 30 segundos em cada um dos três frascos de corante e realizando-se enxágue em água corrente ao final.

A contagem diferencial de leucócitos foi realizada manualmente, analisando-se 100 células por esfregaço, com identificação e quantificação relativa de linfócitos, monócitos e granulócitos, dando ênfase à contagem de linfócitos para complementação da avaliação hematológica.

Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados utilizando abordagem estatística descritiva e inferencial. Inicialmente, foram calculadas médias e medidas de dispersão (desvio padrão) para cada variável avaliada ao longo dos diferentes períodos experimentais.

A comparação entre os momentos de coleta foi realizada utilizando o teste de agrupamento Scott-Knott ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Considerando o delineamento longitudinal com frequência repetida em um mesmo grupo de animais ao longo do tempo, os resultados foram interpretados com cautela, priorizando a identificação de tendências temporárias nos parâmetros hematológicos.

Adicionalmente, foi realizada uma análise de poder estatístico pós-hoc considerando o número de frequências repetidas ao longo do período experimental. Apesar do número restrito de animais, o delineamento com múltiplas coletas estudadas em um conjunto ampliado de observações, permitindo detectar variações temporais nos parâmetros avaliados com poder estatístico estimado superior a 0,80 para efeitos moderados.

Embora o número de animais incluídos no estudo tenha sido limitado a cinco indivíduos, o delineamento longitudinal com múltiplas coletas ao longo do tempo permitiu a obtenção de um conjunto ampliado de dados experimentais. Cada animal foi acompanhado em oito momentos distintos, resultando em uma série

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

temporal de observações que aumenta a capacidade de detectar tendências fisiológicas ao longo do período neonatal. Estudos exploratórios com monitoramento longitudinal frequentemente utilizam delineamentos semelhantes quando o objetivo é caracterizar padrões temporais iniciais em meio ambiente animal. Ainda assim, os resultados devem ser interpretados considerando o caráter exploratório do estudo e a limitação específica ao tamanho amostral.

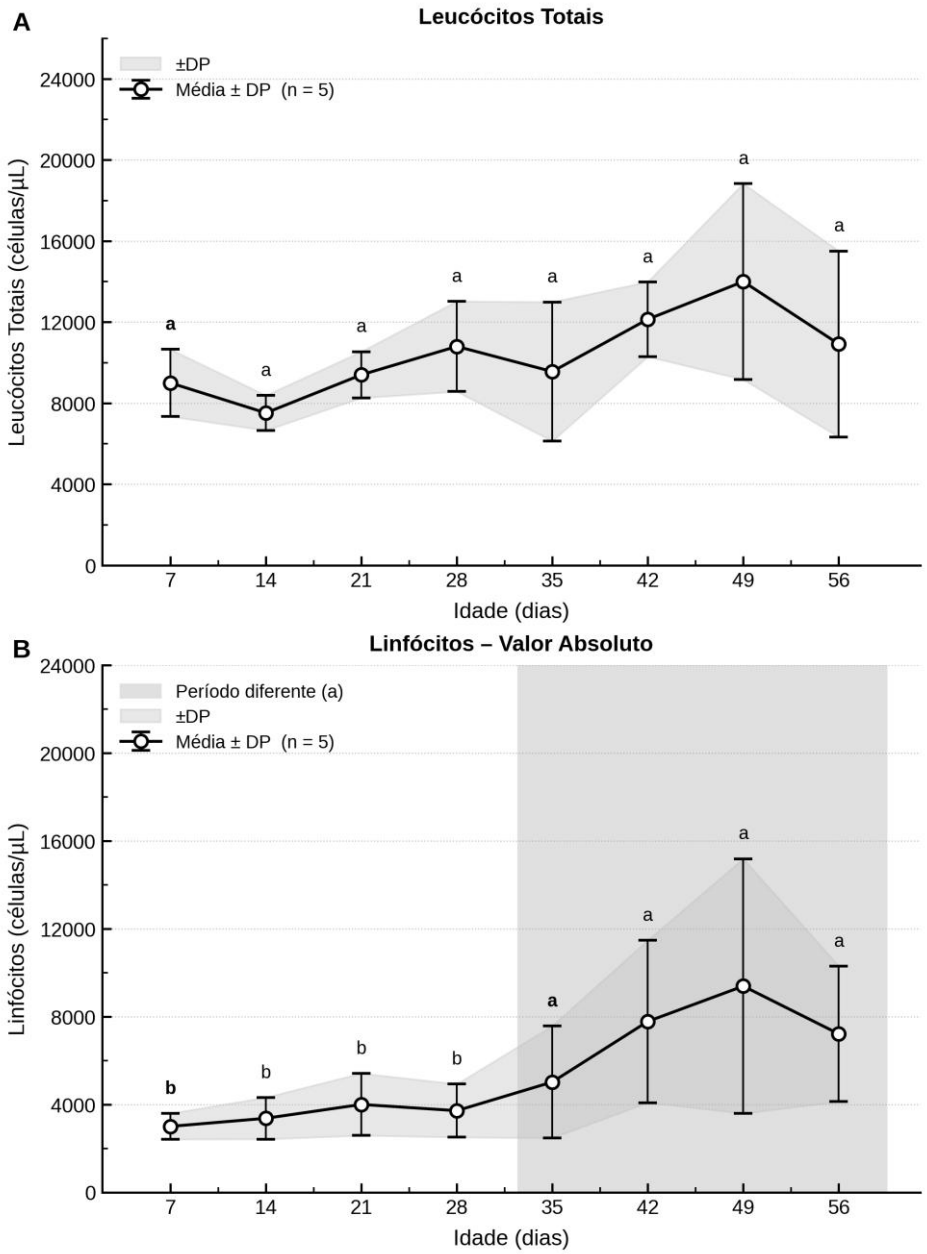
4. Resultados e Discussão

A avaliação seriada dos parâmetros hematológicos ao longo de oito semanas evidenciou alterações marcantes no perfil de leucócitos totais e linfócitos absolutos das bezerras, conforme representado no gráfico 1.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

Gráfico 1 (A e B): Variação temporal das contagens de leucócitos totais (A) e linfócitos absolutos (B) em bezerras da raça Holandesa durante os primeiros 56 dias de vida. Os valores são apresentados como média ± desvio padrão, obtidos a partir de cinco animais (n = 5). Letras diferentes indicam diferença estatística significativa entre os períodos experimentais, de acordo com o teste de agrupamento Scott-Knott (p < 0,05).



Valores expressos como Média ± Desvio Padrão (n = 5). Letras diferentes indicam diferença estatística pelo Teste de Scott-Knott (P < 0,05).

Fonte. FERRAZ, 2026

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

A curva de leucócitos totais (A) apresentou redução inicial entre o 7º e o 14º dia de vida (9000 para 7520/µL), seguida por recuperação gradual até o 28º dia (10800/µL). A partir do 35º dia, observou-se um aumento mais expressivo, atingindo o valor máximo no 49º dia (14000/µL), ponto mais elevado de toda a série, com posterior redução para 10800/µL no 56º dia.

O comportamento dos linfócitos absolutos (B) seguiu tendência semelhante, porém com maior estabilidade nos valores iniciais até o 28º dia (3001 a 3717/µL). Entre o 35º e o 49º dia, verificou-se elevação acentuada, com pico máximo de 9389/µL no 49º dia, seguido de redução para 7214/µL no 56º dia, mantendo-se, ainda assim, acima dos níveis registrados no início do período experimental.

A análise conjunta das duas curvas (A e B) indica três fases distintas: Fase inicial (7º a 28º dia) – marcada por valores relativamente estáveis e mais baixos, compatíveis com o predomínio da imunidade passiva conferida pelo colostro. Fase de transição (35º a 49º dia) – caracterizada por elevação simultânea e expressiva dos leucócitos totais e linfócitos absolutos, refletindo ativação progressiva do sistema imune adaptativo. Fase de estabilização (56º dia) – redução dos parâmetros após o pico, sugerindo equilíbrio fisiológico com o estabelecimento da imunidade ativa.

O ponto de maior interesse é o 49º dia, no qual ambos os parâmetros atingem seus valores máximos, sugerindo ser o auge da resposta imune própria. Foi observado que alterações hematológicas compatíveis com o desenvolvimento progressivo da resposta imune podem ocorrer com maior intensidade entre a quinta e a sétima semanas de vida. Este intervalo deve ser considerado estratégico para intervenções sanitárias, como a aplicação de vacinas, a fim de otimizar a resposta imune ativa.

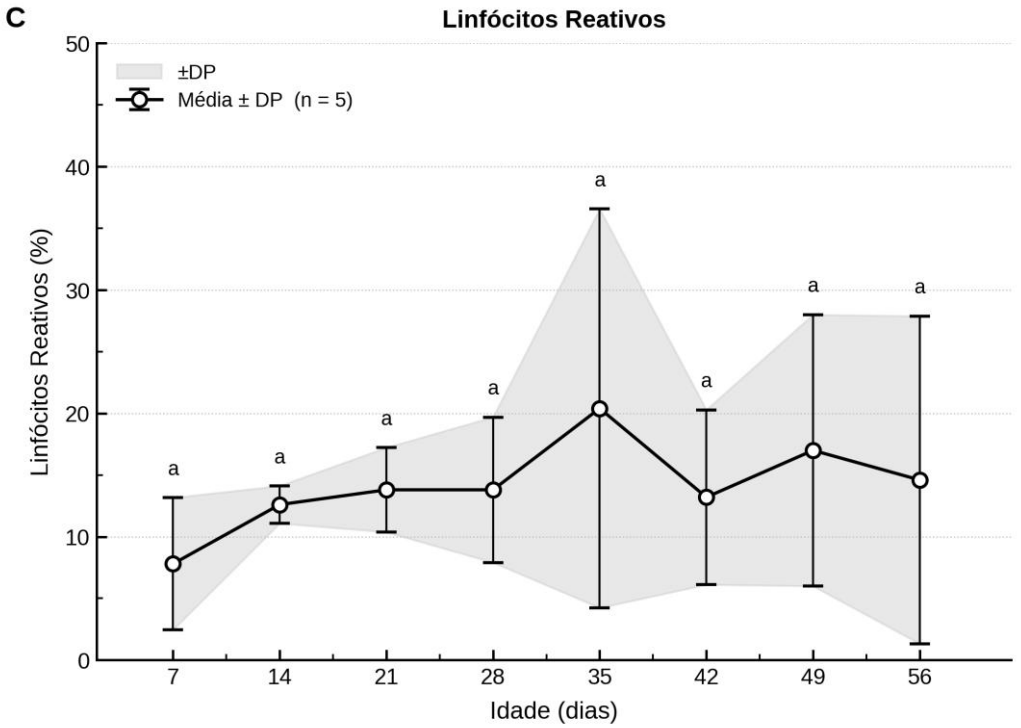
Linfócitos reativos são células do sistema imune que apresentam alterações morfológicas e funcionais decorrentes de estímulos antigênicos, geralmente associados a infecções, respostas vacinais ou outros desafios imunológicos. Sua presença e variação quantitativa refletem a ativação da resposta imune adaptativa e podem indicar momentos de maior estímulo antigênico no organismo.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

Conforme o gráfico 2, o padrão observado sugere que a elevação dos linfócitos reativos, especialmente o pico no 35º dia, pode estar associada à transição da imunidade passiva, obtida pelo colostro, para a imunidade ativa, decorrente da estimulação antigênica natural do ambiente. Em neonatos bovinos, a imunidade passiva é predominantemente mediada por imunoglobulinas colostrais (principalmente IgG), que sofrem declínio gradual nas primeiras semanas de vida, criando um período crítico conhecido como “janela imunológica” — quando a proteção passiva já não é suficiente e a imunidade ativa ainda está em desenvolvimento.

Gráfico 2. Variação média de linfócitos reativos em bezerras Holandesas do 7º ao 56º dia de vida, com pico no 35º dia. Os valores são apresentados como média ± desvio padrão, obtidos a partir de cinco animais (n = 5). Letras diferentes indicam diferença estatística significativa entre os períodos experimentais, de acordo com o teste de agrupamento Scott-Knott (p < 0,05).



Valores expressos como Média ± Desvio Padrão (n = 5). Letras iguais indicam ausência de diferença estatística pelo Teste de Scott-Knott (P < 0,05).

Fonte: Ferraz, 2026.

O aumento significativo dos linfócitos reativos no 35º dia indica um momento de maior resposta imune adaptativa, possivelmente desencadeada pelo contato

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

com antígenos ambientais e patógenos comensais, estimulando a proliferação e diferenciação de linfócitos.

A queda observada no 42º dia pode refletir um ajuste homeostático após a resposta inicial intensa, seguido por um novo estímulo antigênico no 49º dia, que resultou em nova elevação. Esse comportamento cíclico é esperado em animais jovens, cujo sistema imune ainda está em processo de maturação e adaptação ao microbioma e às condições ambientais.

O comportamento observado sugere que a ativação linfocitária não se mantém constante, mas oscila em resposta a estímulos imunológicos variáveis ao longo do tempo. O pico no 35º dia pode refletir uma resposta imune mais intensa a um desafio antigênico específico. A subsequente queda e nova elevação indicam a possibilidade de fases distintas de ativação e modulação da resposta, possivelmente associadas à interação entre imunidade inata e adaptativa. Além disso, a correlação desses valores com os dados de leucócitos totais e linfócitos absolutos (apresentados anteriormente) pode reforçar a interpretação de que a flutuação dos linfócitos reativos acompanha, mas não necessariamente espelha, as variações gerais no número total de células brancas. Este padrão de ativação intermitente é compatível com respostas imunológicas secundárias e com períodos de resolução inflamatória, aspectos essenciais para compreender a cinética da resposta celular no contexto estudado.

Uma limitação importante do presente estudo refere-se à ausência de mensuração direta de imunoglobulinas séricas, como IgG, que representam o principal marcador utilizado na literatura para avaliar a transferência de imunidade passiva em bezerros. Dessa forma, embora as alterações observadas nos parâmetros leucocitários possam refletir processos associados à maturação do sistema imunológico, não é possível confirmar diretamente a dinâmica da imunidade passiva ou o estabelecimento da imunidade ativa apenas com base no leucograma. Assim, a interpretação apresentada neste estudo deve ser considerada uma inferência indireta baseada em alterações hematológicas.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

Outra limitação relevante está relacionada ao número limitado de animais avaliados. Embora o delineamento longitudinal com coletas repetidas permita observar tendências temporais individuais, o tamanho amostral restrito limita a generalização dos resultados para populações mais amplas. Dessa forma, os achados devem ser interpretados como maiores evidências preliminares ou exploratórias sobre a dinâmica hematológica em neonatos, sendo necessários estudos futuros com amostras para confirmação desses padrões.

A utilização de parâmetros laboratoriais simples, como obtidos por meio do leucograma, pode representar uma ferramenta útil para a avaliação indireta de processos imunológicos em bezerros neonatos, especialmente em sistemas de produção onde métodos diagnósticos mais complexos ou de maior custo não estão amplamente disponíveis. Nesse contexto, a análise seriada de componentes hematológicos, incluindo leucócitos totais, linfócitos absolutos e linfócitos reativos, pode fornecer informações relevantes sobre alterações fisiológicas associadas à adaptação imunológica no período pós-natal. Embora esses parâmetros não permitam a mensuração direta de componentes específicos da imunidade humoral, como imunoglobulinas séricas, sua interpretação conjunta pode contribuir para a compreensão de tendências biológicas relacionadas à maturação do sistema imune em animais jovens. Dessa forma, a abordagem empregada neste estudo apresenta potencial aplicabilidade em condições de campo, podendo auxiliar na geração de indicadores indiretos do desenvolvimento imunológico em rebanhos leiteiros

5. Conclusão

A avaliação seriada dos parâmetros hematológicos permitiu observar alterações temporais nos perfis leucocitários de bezerras da raça Holandesa durante as primeiras semanas de vida. O aumento observado em linfócitos reativos por volta do 35º dia, bem como as variações nas contagens de leucócitos totais e linfócitos absolutos, com valores máximos próximos ao 49º dia de vida, sugerem períodos de maior atividade imunológica celular ao longo do desenvolvimento neonatal.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

Com base na dinâmica observada nessas alterações hematológicas, os resultados indicam que mudanças compatíveis com o processo de maturação do sistema imunológico podem ocorrer de forma mais evidente entre a quinta e a sétima semanas de vida. Entretanto, como o estudo não incluiu a mensuração direta de imunoglobulinas séricas, não é possível afirmar de forma conclusiva a ocorrência da transição entre imunidade passiva e ativa. Dessa forma, os achados devem ser interpretados como evidências hematológicas indiretas, possivelmente associadas à adaptação imunológica do neonato ao ambiente pós-natal.

Esses achados encontrados para a compreensão inicial da dinâmica imunológica no período neonatal podem auxiliar no planejamento de estudos futuros mais amplos sobre o desenvolvimento da resposta imune em bovinos jovens.

Referências

ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H.; PILLAI, S. Imunologia celular e molecular. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.

CHASE, C. C. L. et al. Development of the ruminant immune system. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, v. 34, n. 1, p. 1-13, 2018.

DUDEK, K.; SZACAWA, E.; BEDNAREK, D. The effect of pegbovigrastim administration on the nonspecific immunity of calves. Journal of Veterinary Internal Medicine, Hoboken, v. 38, n. 1, p. 505-513, 2024.

ELLIS, J. A. et al. Passive immunity in calves: implications for vaccination programs. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, v. 34, n. 1, p. 191-205, 2018.

GODDEN, S. M. et al. Colostrum management for dairy calves. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, v. 35, n. 3, p. 535-556, 2019.

GOMES, R. C. et al. Early-life microbial colonization and immune system development in neonatal calves. Frontiers in Veterinary Science, v. 8, p. 658651, 2021.

KINDT, T. J.; GOLDSBY, R. A.; OSBORNE, B. A. *Kuby immunology*. 6. ed. New York: W. H. Freeman, 2007.

LI, C. et al. Blood transcriptome reveals immune and metabolic-related genes involved in growth of pasteurized colostrum-fed calves. Frontiers in Genetics, Lausanne, v. 14, p. 1075950, 2023.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/m87pxg70
Pages: 1-17

LI, C. et al. Blood transcriptome reveals immune-related genes involved in growth of calves during early life. Frontiers in Genetics, v. 14, 2023.

LOMBARD, J. et al. Urgency of improving transfer of passive immunity in dairy calves. Journal of Dairy Science, v. 103, n. 8, p. 7613-7623, 2020.

MALMUTHUGE, N.; GUAN, L. L. Understanding host–microbiome interactions in rumen development and immune function of neonatal calves. Animal Microbiome, v. 1, n. 1, 2019.

MORITA, L. M. et al. Hematologic profiles and development of innate immune function in healthy Holstein calves during the pre-weaning period. Veterinary Clinical Pathology, Hoboken, v. 51, n. 4, p. 480-490, 2022.

MORITA, L. M. et al. Hematologic profiles and development of innate immune function in healthy Holstein calves. Veterinary Clinical Pathology, v. 51, n. 4, p. 480-490, 2022.

MURPHY, K.; WEAVER, C. Janeway's Immunobiology. 10. ed. New York: Garland Science, 2022.

PETER, A. T. Bovine placenta: a review on morphology, components, and defects from terminology and clinical perspectives. *Theriogenology*, Los Altos, v. 80, n. 7, p. 693–705, 2013.

SUZUKI, Y. et al. Developmental changes in mucosal immunoglobulin production in calves. Veterinary Research, v. 56, 2025.

SUZUKI, Y. et al. Developmental changes in the capacity for mucosal immunoglobulin production and secretion in the intestines of growing calves. Veterinary Research, London, v. 56, p. 220, 2025.

TIZARD, I. R. *Veterinary immunology*. 9. ed. St. Louis: Elsevier Saunders, 2013.

TIZARD, I. R. Veterinary Immunology: An Introduction. 11. ed. St. Louis: Elsevier, 2022.

URIE, N. J. et al. Prevalence of failure of passive transfer in dairy calves. Journal of Dairy Science, v. 101, n. 9, p. 8073-8084, 2018.

WINDEYER, M. C. et al. Passive immunity in dairy calves: management practices and health outcomes. Journal of Dairy Science, v. 103, n. 8, p. 7613-7623, 2020.