RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber. ISSN: 2675-9128. São Paulo - SP.
Ano VII, v.1 2026 | submissão: 04/10/2026 | aceito: 11/10/2026 | publicação: 16/10/2026

Influência do tempo e da temperatura de armazenamento na estabilidade dos parâmetros reticulocitários

Influence of storage time and temperature on the stability of reticulocyte parameters
Influencia del tiempo y de la temperatura de almacenamiento en la estabilidad de los parámetros reticulocitarios

Julia Eduarda Sartori[1] – Universidade Paranaense, julia.sartori@edu.unipar.br
Maria Gabriele Valchak[1] – Universidade Paranaense, m.valchak@edu.unipar.br
Anderson Felipe Ferreira[2] – Universidade Paranaense, andersonf@prof.unipar.br
[1] Discente do curso de Biomedicina da Universidade Paranaense – UNIPAR Cascavel, PR.
[2] Biomédico hematologista; Mestre em Biociências e Saúde. Docente da Universidade Paranaense – UNIPAR Cascavel, PR.

Resumo: Os reticulócitos são marcadores da atividade eritropoiética, cuja avaliação pode ser influenciada pelas condições pré-analíticas. Objetivo: avaliar a influência do tempo e da temperatura de armazenamento sobre a estabilidade da contagem relativa de reticulócitos e da fração de reticulócitos imaturos (IRF). Materiais e métodos: estudo experimental, prospectivo e quantitativo, realizado com 20 amostras de sangue periférico de recém-nascidos e de cordão umbilical, coletadas em EDTA, provenientes de um laboratório privado. Após a exclusão de uma amostra, 19 foram analisadas no equipamento Beckman Coulter DxH 900, nos tempos de 0, 6, 12, 18 e 24 horas, sob temperatura ambiente (22–25 °C) e refrigeração (2–8 °C). Resultados: a contagem relativa de reticulócitos apresentou redução significativa entre 0 e 18 horas e entre 0 e 24 horas nas amostras mantidas à temperatura ambiente, enquanto não foram observadas diferenças significativas ao longo do tempo sob refrigeração. A temperatura apresentou efeito significativo sobre a contagem ($p = 0,0036$). O IRF não apresentou alterações significativas em nenhuma das condições. Conclusão: a refrigeração esteve associada à manutenção da contagem relativa de reticulócitos durante as 24 horas avaliadas, enquanto o armazenamento à temperatura ambiente apresentou alterações após 18 horas. O IRF permaneceu sem variações estatisticamente significativas, reforçando a importância do controle das condições de armazenamento na fase pré-analítica.

Palavras-chave: Análises Clínicas, Fase pré-analítica, Reticulócitos, Controle de Qualidade, Hematologia.

Abstract: Reticulocytes are markers of erythropoietic activity, and their assessment may be influenced by preanalytical conditions. Objective: To evaluate the influence of storage time and temperature on the stability of the reticulocyte percentage and immature reticulocyte fraction (IRF). Materials and Methods: This experimental, prospective, quantitative study included 20 peripheral blood samples from newborns and umbilical cord blood samples collected in EDTA at a private laboratory. After excluding one sample, 19 samples were analyzed using the Beckman Coulter DxH 900 hematology analyzer at 0, 6, 12, 18, and 24 hours under room temperature (22–25 °C) and refrigerated (2–8 °C) conditions. Results: The reticulocyte percentage decreased significantly between 0 and 18 hours and between 0 and 24 hours in samples stored at room temperature, whereas no significant differences over time were observed under refrigeration. Storage temperature had a significant effect on the reticulocyte percentage ($p = 0.0036$). No significant changes in IRF were observed under either storage condition. Conclusion: Refrigeration was associated with the maintenance of reticulocyte percentages throughout the 24-hour evaluation period, whereas room-temperature storage was associated with significant changes after 18 hours. IRF remained statistically unchanged under both conditions, highlighting the importance of controlling storage conditions during the preanalytical phase.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 04/10/2026 | aceito: 11/10/2026 | publicação: 16/10/2026

Keywords: Clinical Analysis, Pre-analytical phase, Reticulocytes, Quality Control, Hematology.

Resumen: Los reticulocitos son marcadores de la actividad eritropoyética, cuya evaluación puede verse influida por las condiciones preanalíticas. Objetivo: Evaluar la influencia del tiempo y de la temperatura de almacenamiento sobre la estabilidad del recuento relativo de reticulocitos y de la fracción de reticulocitos inmaduros (IRF). Materiales y métodos: Estudio experimental, prospectivo y cuantitativo, realizado con 20 muestras de sangre periférica de recién nacidos y de cordón umbilical, recogidas en EDTA, procedentes de un laboratorio privado. Tras excluir una muestra, se analizaron 19 en el equipo Beckman Coulter DxH 900, a las 0, 6, 12, 18 y 24 horas, a temperatura ambiente (22–25 °C) y bajo refrigeración (2–8 °C). Resultados: El recuento relativo de reticulocitos presentó una reducción significativa entre las 0 y las 18 horas y entre las 0 y las 24 horas en las muestras mantenidas a temperatura ambiente, mientras que bajo refrigeración no se observaron diferencias significativas a lo largo del tiempo. La temperatura tuvo un efecto significativo sobre el recuento ($p = 0,0036$). La IRF no presentó cambios significativos en ninguna de las condiciones. Conclusión: La refrigeración se asoció al mantenimiento del recuento relativo de reticulocitos durante las 24 horas evaluadas, mientras que el almacenamiento a temperatura ambiente presentó cambios después de 18 horas. La IRF permaneció sin variaciones estadísticamente significativas, reforzando la importancia del control de las condiciones de almacenamiento en la fase preanalítica.

Palabras clave: Análisis Clínicos, Fase preanalítica, Reticulocitos, Control de Calidad, Hematología.

1. Introdução

A hematopoese é o processo de formação das células sanguíneas a partir das células-tronco hematopoéticas, enquanto a eritropoese corresponde à produção e maturação dos eritrócitos, regulada principalmente pela eritropoetina (EPO) (Paiva; Rego, 2014; Hall; Hall, 2021). Durante esse processo, a extrusão do núcleo dos precursores eritroides origina os reticulócitos, células imaturas que contêm RNA residual e completam sua maturação na circulação periférica em aproximadamente um a dois dias (Zago; Falcão; Pasquini, 2014).

A contagem de reticulócitos constitui um importante indicador da atividade eritropoiética da medula óssea, auxiliando na investigação e no acompanhamento das anemias e na avaliação da resposta terapêutica. Atualmente, os analisadores hematológicos automatizados permitem quantificar essas células e avaliar parâmetros complementares, como a fração de reticulócitos imaturos (IRF), contribuindo para a avaliação da produção eritrocitária e para a padronização dos resultados laboratoriais (Gois et al., 2019; João; Pinto; Costa, 2008).

Entretanto, a confiabilidade dos resultados depende das condições pré-analíticas, especialmente do tempo decorrido entre a coleta e a análise e da temperatura de armazenamento. Como os reticulócitos continuam seu processo de maturação após a coleta,

alterações celulares durante o armazenamento podem modificar a quantidade de RNA residual e interferir na sua identificação e quantificação. Dessa forma, atrasos no processamento podem comprometer a representatividade dos resultados e sua interpretação clínica (Briggs et al., 2014; Schapkaitz; Pillay, 2015; Urbina; Palomino, 2018).

A avaliação da estabilidade dos parâmetros reticulocitários sob diferentes condições de armazenamento é relevante para a rotina laboratorial, especialmente quando o processamento imediato das amostras não é possível. A investigação dos efeitos do tempo e da temperatura pode contribuir para o aprimoramento dos procedimentos pré-analíticos e para a obtenção de resultados mais confiáveis. Entretanto, as condições de conservação devem ser avaliadas considerando o tipo de amostra e o método analítico empregado.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência do tempo e da temperatura de armazenamento na estabilidade dos parâmetros reticulocitários em amostras de sangue periférico de recém-nascidos e de sangue de cordão umbilical, coletadas em tubos contendo ácido etilenodiaminotetracético (EDTA). Para isso, foram comparados os resultados da contagem relativa de reticulócitos e do IRF obtidos imediatamente após a coleta e após 6, 12, 18 e 24 horas de armazenamento em temperatura ambiente e sob refrigeração, utilizando um analisador hematológico automatizado.

2. Referencial teórico

2.1. Hematopoese e células-tronco hematopoéticas

A hematopoese é o processo responsável pela formação, renovação e manutenção das células sanguíneas ao longo da vida. Ocorre principalmente na medula óssea e depende das células-tronco hematopoéticas (CTHs), que apresentam capacidade de autorrenovação e diferenciação nas diferentes linhagens sanguíneas. A autorrenovação mantém o estoque dessas células, enquanto a diferenciação assegura a produção de eritrócitos, leucócitos e plaquetas, conforme as necessidades fisiológicas do organismo e em situações de maior demanda, como hemorragias (Paiva e Rego, 2014; Silva Junior; Odongo; Dulley, 2009).

A regulação da hematopoese envolve fatores de crescimento e citocinas que controlam a proliferação e a diferenciação celular. Na eritropoese, destaca-se a eritropoietina (EPO), hormônio produzido predominantemente pelos rins em resposta à redução da disponibilidade de oxigênio nos tecidos. Sua principal função é estimular a sobrevivência e a maturação dos precursores eritroides, favorecendo a produção de hemácias (Paiva; Rego, 2014).

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 04/10/2026 | aceito: 11/10/2026 | publicação: 16/10/2026

Durante o desenvolvimento embrionário e fetal, a hematopoese ocorre em diferentes sítios, incluindo a placenta e o fígado fetal. Posteriormente, a medula óssea assume progressivamente essa função e se estabelece como o principal local de produção das células sanguíneas, papel que mantém após o nascimento (Paiva; Rego, 2014).

2.1.1. Eritropoese

A eritropoese corresponde à formação e à maturação dos eritrócitos, processo que ocorre predominantemente na medula óssea vermelha. Sua função é manter a quantidade adequada de hemácias para o transporte de oxigênio aos tecidos. Como essas células apresentam vida média aproximada de 120 dias, sua produção ocorre continuamente para compensar a remoção das células envelhecidas (Zago; Falcão; Pasquini, 2014).

O processo inicia-se com as CTHs, que originam progenitores eritroides submetidos a sucessivas etapas de diferenciação: proeritroblasto, eritroblasto basófilo, eritroblasto policromático, eritroblasto ortocromático, reticulócito e eritrócito maduro. Durante a maturação, ocorre redução do tamanho celular, condensação da cromatina, síntese de hemoglobina e expulsão do núcleo. Após sua liberação na circulação, o reticulócito completa a maturação e se transforma em eritrócito (Zago; Falcão; Pasquini, 2014).

A eritropoese é regulada principalmente pela EPO, que atua nos precursores eritroides da medula óssea, favorecendo sua sobrevivência, proliferação e diferenciação. Além desse estímulo hormonal, a produção adequada de hemácias depende da disponibilidade de nutrientes, como ferro, vitamina B12, ácido fólico, vitamina B6 e aminoácidos (Zago; Falcão; Pasquini, 2014).

O ferro é essencial para a síntese do grupo heme e, consequentemente, da hemoglobina. Estima-se que aproximadamente 60% a 70% do ferro corporal esteja incorporado à hemoglobina dos eritrócitos, evidenciando sua importância para a eritropoese e para o transporte de oxigênio (Negri, 2017).

2.2. Reticulócitos e aplicações clínicas

Os reticulócitos são células imaturas da linhagem eritroide, liberadas pela medula óssea para a circulação periférica antes de completarem sua maturação. Caracterizam-se pela presença de RNA residual e de componentes celulares remanescentes, que são gradualmente eliminados durante a transformação em eritrócitos maduros (Zago; Falcão; Pasquini, 2014; João; Pinto; Costa, 2008).

Após a liberação na circulação, os reticulócitos permanecem aproximadamente um a dois dias em maturação, período em que ocorre a degradação do RNA residual, a eliminação de organelas e o remodelamento da membrana e do citoesqueleto. Essas alterações resultam em células maduras, especializadas no transporte de oxigênio (Urbina; Palomino, 2018; Parodi; Romano; Ramenghi, 2020).

A contagem de reticulócitos é um indicador da atividade eritropoiética da medula óssea, pois reflete a produção recente de hemácias. Valores elevados podem ocorrer em situações de resposta compensatória, como hemólise e hemorragia, enquanto valores reduzidos podem indicar produção eritroide insuficiente, associada, por exemplo, a comprometimento medular, deficiência de eritropoetina ou carências nutricionais (Zago; Falcão; Pasquini, 2014; Parodi; Romano; Ramenghi, 2020).

Esse parâmetro também é utilizado no acompanhamento da resposta terapêutica das anemias e na avaliação da recuperação medular após tratamentos hematológicos. A contagem pode ser realizada por métodos manuais, com coloração supravital, ou por analisadores hematológicos automatizados, que identificam os reticulócitos com base em seu conteúdo de RNA residual. Os métodos automatizados favorecem a padronização, a rapidez e a reprodutibilidade dos resultados (Zago; Falcão; Pasquini, 2014; Parodi; Romano; Ramenghi, 2020).

2.3. Métodos de análise e parâmetros reticulocitários

Os analisadores hematológicos automatizados permitem avaliar diferentes parâmetros reticulocitários. Entre eles, a contagem relativa e a contagem absoluta de reticulócitos fornecem informações sobre a produção eritroide, enquanto a fração de reticulócitos imaturos (Immature Reticulocyte Fraction – IRF) auxilia na avaliação da atividade eritropoiética recente.

Em sistemas que utilizam fluorescência, os reticulócitos podem ser classificados conforme a intensidade do sinal em frações de baixa (LFR), média (MFR) e alta fluorescência (HFR). Essa classificação está relacionada à quantidade de RNA residual: células mais imaturas apresentam maior fluorescência, enquanto a intensidade diminui durante a maturação. A IRF corresponde à soma das frações de média e alta fluorescência (MFR + HFR) (João; Pinto; Costa, 2008).

A contagem absoluta de reticulócitos complementa a porcentagem, pois expressa o número de células por unidade de volume sanguíneo. Já a hemoglobina reticulocitária, reportada conforme o equipamento como CHr ou Ret-He, estima o conteúdo de hemoglobina

dos reticulócitos e auxilia na avaliação da disponibilidade funcional de ferro para a eritropoese recente (Mast; Blinder; Dietzen, 2008; Parodi; Romano; Ramenghi, 2020).

A interpretação desses parâmetros exige atenção à faixa etária. No período neonatal, a atividade eritropoiética e a contagem de reticulócitos são fisiologicamente elevadas ao nascimento e sofrem alterações após a transição para a vida extrauterina. Por isso, os resultados devem ser interpretados com base em intervalos de referência apropriados à idade, evitando a aplicação direta de valores de adultos a recém-nascidos (Al-Ghananim et al., 2016; Parodi; Romano; Ramenghi, 2020; Ringoringo et al., 2023; Cerri; Dionisio, 2024).

2.4. Fatores pré-analíticos e estabilidade das amostras

A fase pré-analítica compreende as etapas anteriores à análise laboratorial, incluindo coleta, identificação, transporte, armazenamento e processamento das amostras. Na hematologia, o controle dessas etapas é essencial, pois as condições de conservação podem modificar características celulares e comprometer a confiabilidade dos resultados (Silva et al., 2016; Mankar et al., 2024).

A estabilidade dos reticulócitos merece atenção especial, pois essas células apresentam RNA residual que diminui progressivamente durante a maturação. O intervalo entre a coleta e a análise, assim como a temperatura de armazenamento, pode influenciar os resultados. Zhou et al. (2026) recomendam, conforme descrito na referência original, a análise preferencial em até seis horas à temperatura ambiente ou o armazenamento refrigerado quando houver atraso. Entretanto, as condições de estabilidade devem ser consideradas de acordo com o método e o analisador utilizados.

Estudos citados na literatura apresentam resultados distintos conforme as condições avaliadas. George, Basu e Kar (2022) observaram estabilidade por até seis horas, com alterações na maturação dos reticulócitos após 24 horas. Khalid et al. (2025) relataram redução da contagem manual após 24 horas sob refrigeração, enquanto Rocha et al. (2024) apontaram benefício da refrigeração para a conservação de parâmetros reticulocitários em sistemas automatizados. Essas diferenças reforçam a necessidade de avaliar conjuntamente o tempo e a temperatura de armazenamento, considerando as particularidades de cada método analítico.

Para a análise hematológica, utiliza-se habitualmente sangue total coletado em tubos contendo ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), anticoagulante que atua por quelação do cálcio e impede a coagulação. A proporção adequada entre sangue e anticoagulante, assim como

a homogeneização correta após a coleta, contribui para preservar a qualidade da amostra (Briggs et al., 2014; Silva et al., 2016).

Diante disso, avaliar a estabilidade dos parâmetros reticulocitários em diferentes intervalos e temperaturas de armazenamento é relevante para estabelecer condições de processamento compatíveis com a confiabilidade dos resultados laboratoriais.

2.5. Importância do controle de qualidade das amostras na análise de reticulócitos

A contagem de reticulócitos é utilizada para avaliar a atividade eritropoiética, auxiliar no acompanhamento das anemias e monitorar a resposta terapêutica e a recuperação hematopoética. A confiabilidade desses resultados depende do controle das etapas pré-analítica, analítica e pós-analítica, uma vez que falhas em qualquer uma delas podem comprometer a interpretação clínica (Leonart, 2007; Urbina; Palomino, 2018).

A fase pré-analítica merece atenção especial, pois o tempo entre a coleta e a análise, a temperatura e as condições de armazenamento podem influenciar a estabilidade dos reticulócitos. Durante a conservação da amostra, essas células continuam o processo de maturação, com redução progressiva do RNA residual. Essas alterações podem modificar a contagem de reticulócitos e a distribuição de suas frações de maturação, comprometendo a representatividade dos resultados em relação às condições do paciente no momento da coleta (Urbina; Palomino, 2018).

A qualidade analítica também depende da padronização dos procedimentos, da manutenção e calibração dos equipamentos e da utilização de controles internos e externos. Embora os analisadores hematológicos automatizados ofereçam maior padronização e reprodutibilidade, seu desempenho deve ser monitorado continuamente. A contagem manual, por sua vez, exige protocolos bem definidos e profissionais capacitados, considerando sua maior dependência da avaliação do observador (Leonart, 2007).

Nesse contexto, o controle de qualidade deve abranger todas as etapas do processo laboratorial, incluindo procedimentos operacionais padronizados, treinamento da equipe, monitoramento dos equipamentos e cumprimento das condições recomendadas para coleta, transporte e armazenamento. A definição de limites adequados para o tempo de processamento e a temperatura de conservação contribui para reduzir alterações pré-analíticas e aumentar a confiabilidade dos parâmetros reticulocitários (Leonart, 2009; Urbina; Palomino, 2018).

3. Materiais e métodos

3.1 Delineamento do estudo e seleção das amostras

Trata-se de um estudo experimental, prospectivo, de abordagem quantitativa, realizado em um laboratório privado de análises clínicas, com amostras de sangue periférico de recém-nascidos e de sangue de cordão umbilical. Foram selecionadas amostras neonatais por apresentarem, fisiologicamente, maior número de reticulócitos em comparação aos indivíduos adultos, favorecendo a avaliação das variações desse parâmetro durante o armazenamento.

O estudo foi realizado após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (CEPEH), sob o CAAE nº 00322926.0.0000.0109 e parecer nº 8.669.259, respeitando os princípios éticos aplicáveis à pesquisa envolvendo seres humanos.

Foram inicialmente incluídas 20 amostras, coletadas em tubos contendo ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), com volume mínimo de 3 mL. Foram consideradas elegíveis as amostras íntegras, sem evidências macroscópicas de coagulação ou hemólise e cuja análise inicial pudesse ser realizada imediatamente após a coleta. Foram excluídas amostras com volume insuficiente, coagulação, hemólise, anticoagulante inadequado ou falhas analíticas que impedissem a obtenção dos resultados. Após a exclusão de uma amostra, 19 foram incluídas na análise final.

3.2 Condições de armazenamento e tempos de análise

Cada amostra foi avaliada imediatamente após a coleta (tempo zero) e submetida a duas condições de armazenamento: temperatura ambiente (22–25 °C) e refrigeração (2–8 °C). As análises subsequentes foram realizadas após 6, 12, 18 e 24 horas. Os resultados obtidos nos diferentes intervalos foram comparados para avaliar as variações dos parâmetros reticulocitários ao longo do tempo e entre as duas condições de armazenamento.

3.3 Avaliação laboratorial

As análises foram realizadas em um analisador hematológico automatizado Beckman Coulter® DxH 900®, submetido ao controle interno da qualidade conforme a rotina do laboratório. Foram avaliados dois parâmetros: a contagem relativa de reticulócitos (%) e a fração de reticulócitos imaturos (immature reticulocyte fraction — IRF), ambos disponibilizados pelo equipamento.

3.4 Análise estatística

Os dados foram organizados em planilha eletrônica e analisados no software GraphPad Prism®, versão 10.1. Inicialmente, foi realizada análise descritiva, com apresentação dos resultados como média e desvio-padrão (DP), e a normalidade foi avaliada pelo teste de Shapiro –Wilk.

Para avaliar os efeitos do tempo e da temperatura de armazenamento sobre a contagem relativa de reticulócitos, foi utilizada análise de variância de duas vias para medidas repetidas (two-way repeated-measures ANOVA), com correção de Greenhouse–Geisser para os efeitos que envolviam o tempo. As comparações entre as condições de armazenamento em cada intervalo foram realizadas pelo teste t pareado ou pelo teste de Wilcoxon para dados pareados, conforme a distribuição das diferenças, com ajuste dos valores de p pelo método de Holm–Bonferroni. Para comparar os diferentes tempos de armazenamento dentro de cada condição, foram utilizados o teste de Friedman e, quando aplicável, o teste de comparações múltiplas de Dunn. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

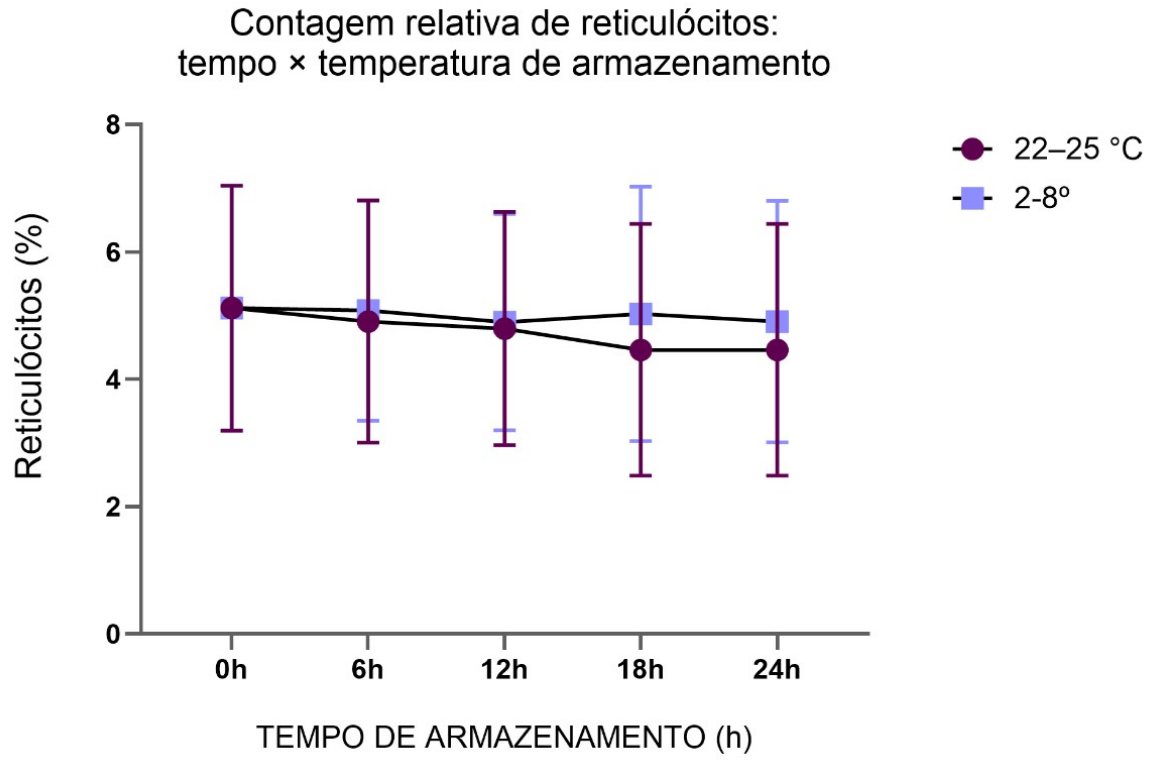
4. Resultados e discussão

A análise dos parâmetros reticulocitários foi realizada em 19 amostras. Conforme apresentado na Figura 1, a ANOVA de duas vias para medidas repetidas não identificou efeito significativo do tempo de armazenamento ($p = 0,1226$) nem interação significativa entre tempo e temperatura ($p = 0,0561$). Entretanto, foi observado efeito principal significativo da temperatura de armazenamento ($p = 0,0036$).

Nas comparações entre as condições de armazenamento em cada intervalo, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas em 6 horas ($p = 0,0536$) e 12 horas ($p = 0,3747$). Entretanto, foram identificadas diferenças em 18 horas ($p = 0,0092$) e 24 horas ($p = 0,0327$), após ajuste para comparações múltiplas pelo método de Holm–Bonferroni.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O
Saber. ISSN: 2675-9128. São Paulo - SP.
Ano VII, v.1 2026 | submissão: 04/10/2026 | aceito: 11/10/2026 | publicação: 16/10/2026

Figura 1 – Variação da contagem relativa de reticulócitos (%) em função do tempo e da temperatura de armazenamento.



Nota: Os dados são apresentados como média ± DP de 19 amostras, avaliadas nos tempos de 0, 6, 12, 18 e 24 horas, sob temperatura ambiente (22–25 °C) e refrigeração (2–8 °C). A análise foi realizada por ANOVA de duas vias para medidas repetidas, com correção de Geisser–Greenhouse para os efeitos que envolvem o tempo. Não foram observados efeitos significativos do tempo ($p = 0,1226$) nem da interação entre tempo e temperatura ($p = 0,0561$). Foi observado efeito principal significativo da temperatura de armazenamento ($p = 0,0036$). Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

As comparações entre as condições de armazenamento em cada tempo de análise não identificaram diferenças estatisticamente significativas em 6 horas ($p = 0,0536$) e 12 horas ($p = 0,3747$). Entretanto, foram observadas diferenças significativas em 18 horas ($p = 0,0092$) e 24 horas ($p = 0,0327$). Esses resultados indicam diferenças entre as condições de armazenamento nos períodos finais avaliados, embora a ANOVA global não tenha identificado interação significativa entre tempo e temperatura.

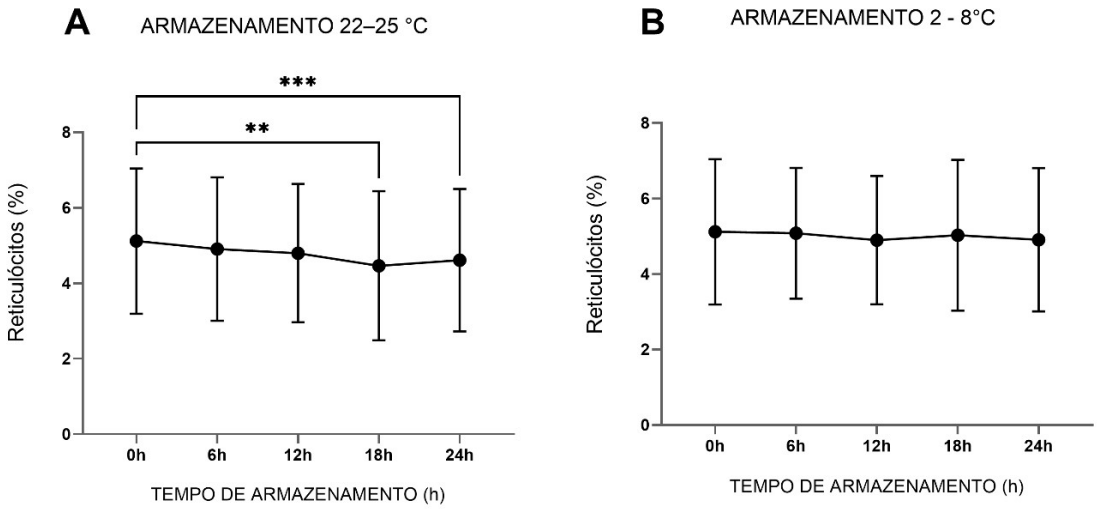
Nas amostras armazenadas à temperatura ambiente (Fig. 2A), foi observada diferença significativa nos valores de reticulócitos entre os tempos avaliados (teste de Friedman, $p = 0,0003$). Nas comparações múltiplas pelo teste de Dunn, foram identificadas diferenças significativas entre o tempo inicial (0 h) e 18 horas ($p = 0,0059$), bem como entre 0 h e 24 horas ($p = 0,0010$). As demais comparações não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Já nas amostras armazenadas sob refrigeração (Fig. 2B), não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nos valores de reticulócitos entre os tempos avaliados

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O
Saber. ISSN: 2675-9128. São Paulo - SP.
Ano VII, v.1 2026 | submissão: 04/10/2026 | aceito: 11/10/2026 | publicação: 16/10/2026

(teste de Friedman, p = 0,6225). As médias apresentaram pouca variação ao longo das 24 horas de armazenamento, sem diferenças significativas entre as avaliações.

Figura 2 – Variação da contagem relativa de reticulócitos durante o armazenamento à temperatura ambiente (22–25 °C) e armazenamento sob refrigeração (2–8 °C).

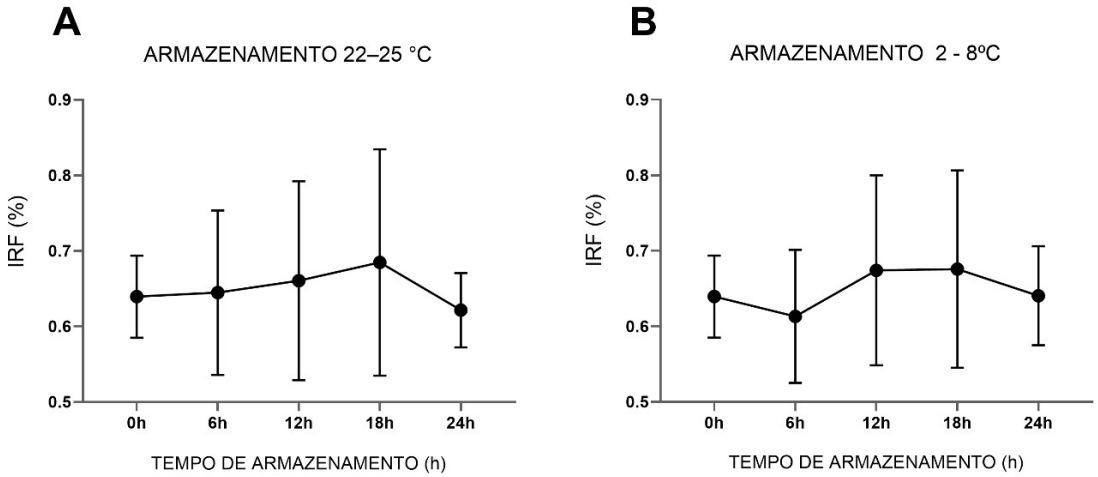


Nota: (A) Os dados são apresentados como média ± DP de 19 amostras. A comparação global entre os tempos foi realizada pelo teste de Friedman (p = 0,0003), seguido pelo teste de comparações múltiplas de Dunn. Foram identificadas diferenças significativas entre 0 e 18 horas (p = 0,0059) e entre 0 e 24 horas (p = 0,0010). **p < 0,01; ***p < 0,001. (B) Não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre os tempos de armazenamento pelo teste de Friedman (p = 0,6225). Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A fração de reticulócitos imaturos (IRF) não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os tempos de armazenamento, tanto nas amostras mantidas à temperatura ambiente (teste de Friedman, p = 0,6240) quanto naquelas sob refrigeração (p = 0,7581). Embora tenham sido observadas pequenas oscilações nas médias ao longo das 24 horas, não foi identificada alteração temporal significativa em nenhuma das condições avaliadas (Figura 3).

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O
Saber. ISSN: 2675-9128. São Paulo - SP.
Ano VII, v.1 2026 | submissão: 04/10/2026 | aceito: 11/10/2026 | publicação: 16/10/2026

Figura 3 – Variação da fração de reticulócitos imaturos (IRF) em função do tempo e da temperatura de armazenamento.



Nota: Os dados são apresentados como média ± DP de 19 amostras, avaliadas nos tempos de 0, 6, 12, 18 e 24 horas. (A) Amostras armazenadas à temperatura ambiente; (B) amostras armazenadas sob refrigeração. Não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre os tempos pelo teste de Friedman nas amostras mantidas à temperatura ambiente ($p = 0,6240$) ou sob refrigeração ($p = 0,7581$).

Nossos resultados revelam que a contagem relativa de reticulócitos apresentou redução significativa após 18 horas de armazenamento à temperatura ambiente, enquanto, sob refrigeração (2–8 °C), não foram observadas diferenças significativas ao longo das 24 horas. Esse achado é parcialmente concordante com Rocha et al. (2024), que relataram estabilidade dos reticulócitos e do índice de reticulócitos imaturos (IRF) em amostras refrigeradas por até 72 horas. Embora os períodos de estabilidade observados sejam distintos, os resultados reforçam a importância da temperatura de armazenamento para a preservação dos parâmetros reticulocitários.

A influência da temperatura sobre a estabilidade dos parâmetros hematológicos também foi observada por Dalanhol et al. (2010), que identificaram alterações significativas no hematócrito, no volume corpuscular médio (VCM) e na amplitude de distribuição dos eritrócitos (RDW) em amostras mantidas à temperatura ambiente, com resultados discrepantes após 12 horas de armazenamento. Essas alterações não foram observadas nas mesmas condições sob refrigeração. Os autores consideraram satisfatória a liberação dos resultados entre 12 e 24 horas após a coleta. Embora o estudo tenha avaliado parâmetros hematológicos distintos dos reticulócitos, seus achados reforçam a relevância das condições de armazenamento para a confiabilidade dos exames laboratoriais. Neste estudo, o efeito principal significativo da temperatura na ANOVA de duas vias ($p = 0,0036$) também evidencia a influência dessa variável sobre a contagem relativa de reticulócitos.

Adicionalmente, Ferreira et al. (2023) também investigaram os efeitos do tempo e da temperatura de armazenamento sobre a morfologia celular e observaram equinocitose artefatual em 35% das amostras após 8 horas à temperatura ambiente, atingindo 100% após 24 horas. Sob refrigeração, essa alteração foi observada em todas as amostras apenas após 48 horas, enquanto os leucócitos permaneceram estáveis por até 12 horas. Os autores concluíram que a refrigeração retarda as alterações morfológicas e recomendaram o processamento das amostras em até 12 horas à temperatura ambiente e 24 horas sob refrigeração.

Embora esses achados se refiram à morfologia celular, e não especificamente aos parâmetros reticulocitários, eles reforçam a importância do controle da temperatura e do tempo de armazenamento. No presente estudo, a redução significativa da contagem relativa de reticulócitos foi identificada a partir de 18 horas à temperatura ambiente, resultado que destaca a necessidade de considerar a estabilidade específica de cada parâmetro laboratorial.

Em relação à IRF, não foram observadas diferenças significativas ao longo das 24 horas de armazenamento, tanto à temperatura ambiente quanto sob refrigeração. Esse resultado é parcialmente concordante com Rocha et al. (2024), que relataram apenas uma leve redução da correlação ao longo de 72 horas em amostras refrigeradas.

Entretanto, Khalid et al. (2025) observaram redução significativa da contagem manual de reticulócitos após 24 horas sob refrigeração (2–8 °C), de 2,99% para 2,41%, divergindo dos resultados obtidos para a contagem relativa de reticulócitos no presente estudo. Essa diferença deve ser interpretada considerando as particularidades metodológicas, uma vez que os autores destacaram a dependência do observador e a baixa reprodutibilidade da contagem manual, além da ausência de comparação com métodos automatizados.

Em conjunto, essas evidências sugerem que a estabilidade dos parâmetros reticulocitários pode variar conforme o método analítico empregado, reforçando a importância de considerar as características do procedimento utilizado ao comparar estudos e estabelecer condições de armazenamento.

5. Conclusão

Os resultados demonstraram que a temperatura de armazenamento influenciou significativamente a contagem relativa de reticulócitos. Nas amostras mantidas à temperatura ambiente, foram observadas reduções significativas após 18 e 24 horas, enquanto, sob refrigeração (2–8 °C), não foram identificadas diferenças significativas ao longo das 24 horas

avaliadas. Para o índice de IRF, não foram observadas alterações significativas em nenhuma das condições de armazenamento.

Esses achados reforçam a importância do controle do tempo e da temperatura na fase pré-analítica para a confiabilidade dos resultados reticulocitários. A refrigeração mostrou-se uma alternativa associada à manutenção dos valores de reticulócitos durante o período avaliado, embora sejam necessários estudos adicionais para confirmar esses achados em diferentes populações, condições de armazenamento e sistemas analíticos.

Referências

ABDRHMAN, B. Reticulocyte indexes and their significance. Med Discoveries, v. 3, n. 3, art. 1135, 2024.

AL-GHANANIM, R. T.; NALBANT, D.; SCHMIDT, R. L.; CRESS, G. A.; ZIMMERMAN, M. B.; WIDNESS, J. A. Reticulocyte Hemoglobin Content During the First Month of Life in Critically Ill Very Low Birth Weight Neonates Differs From Term Infants, Children, and Adults. Journal of Clinical Laboratory Analysis, v. 30, n. 4, p. 326-334, 2016.

BECKMAN COULTER. COULTER DxH Retic Pack 628021: instruções de uso (Instructions for Use). Revision AB. Brea, CA: Beckman Coulter, 2023.

BRIGGS, C.; CULP, N.; DAVIS, B.; D'ONOFRIO, G.; ZINI, G.; MACHIN, S. J. ICSH guidelines for the evaluation of blood cell analysers including those used for differential leucocyte and reticulocyte counting. International Journal of Laboratory Hematology, v. 36, n. 6, p. 613–627, 2014.

CERRI, A. C.; DIONISIO, L. M. Análise do perfil de reticulócitos em recém natos. Hematology, Transfusion and Cell Therapy, v. 46, supl. 4, p. S657-S658, 2024.

DALANHOL, M. et al. Efeitos quantitativos da estocagem de sangue periférico nas determinações do hemograma automatizado. Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia, v. 32, n. 1, p. 16-22, 2010.

FERREIRA, A. F. et al. Influência do tempo e temperatura de estocagem na morfologia do sangue periférico em K3EDTA. Hematology, Transfusion and Cell Therapy, v. 45, supl. 4, p. S93, 2023.

GEORGE, Linet; BASU, Debdatta; KAR, Rakhee. Comparison Between Manual and Automated Methods of Counting Reticulocytes and the Effect of Sample Storage on Reticulocyte Count: A Cross-Sectional Study from Southern India. Indian Journal of Hematology and Blood Transfusion, v. 38, n. 1, p. 106–110, 2022.

GOIS, J. C.; SUTANA, V. L.; FIGUEIREDO, R. C.; RIOS, D. R. A. Contagem de reticulócitos na prática clínica: um exame pouco utilizado. Revista Médica de Minas Gerais, v. 29, p. e-2007, 2019.

HALL, John E.; HALL, Michael E. Guyton & Hall: tratado de fisiologia médica. 14. ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan, 2021

JOÃO, A. R.; PINTO, S.; COSTA, E. Subpopulações dos reticulócitos e fração de reticulócitos imaturos como indicadores de aumento da eritropoese em doentes com anemia por deficiência de ferro. Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia, v. 30, n. 3, p. 188-192, 2008.

KHALID, A.; GHAZANFAR, M.; MUSTAFA, A.; BASHIR, R.; ABDAL, H. Effect of sample storage at 2–8 °C for 24 hours on reticulocyte count determined by manual method. Pakistan Journal of Health Sciences, v. 6, n. 6, p. 195–199, 2025.

LEONART, M. S. S. A importância do controle de qualidade para a contagem de reticulócitos por métodos visual e automatizado. Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia, v. 29, n. 3, p. 303-305, 2007.

MACÊDO, L. B.; et al. A eritropoese e o eritrograma: uma revisão. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, v. 9, n. 4, p. 716-732, 2015.

MANKAR, P. D. et al. Enhancing Quality in Hematology Laboratory Testing: A Comprehensive Review of Preanalytical Phase Errors and Prevention Strategies. Journal of Applied Hematology, v. 15, n. 2, p. 95–101, 2024.

MAST, A. E.; BLINDER, M. A.; DIETZEN, D. J. Reticulocyte hemoglobin content. American Journal of Hematology, Hoboken, v. 83, n. 4, p. 307–310, 2008.

NEGRI, Janaina Lauxen. Metabolismo do ferro e eritropoiese. Revista Eletrônica Virtual AC&T Científica, São José do Rio Preto, 2017.

PAIVA, H. H.; REGO, E. M. Hematopoese: regulação e microambiente. In: Tratado de Hematologia. São Paulo: Atheneu, 2014. p. 11-14.

PARODI, Emilia; ROMANO, Francesca; RAMENGHI, Ugo. How we use reticulocyte parameters in workup and management of pediatric hematologic diseases. Frontiers in Pediatrics, Lausanne, v. 8, art. 588617, 2020

RINGORINGO, H. P.; PURNAMASARI, L.; YUNANTO, A.; SYAHADATINA, M.; HIDAYAH, N. Reference range of complete blood count, Ret-He, immature reticulocyte fraction, reticulocyte production index in healthy babies aged 1–4 months. Scientific Reports, v. 13, n. 423, 2023.

ROCHA, B. F.; MOURAD, S. C.; TAKIHI, I. Y.; BRITO, M. P.; CHAUFFAILLE, M. L.; SILVA, M. C. A.; PERAZZIO, A. D. S. B.; GONÇALVES, M. V.; SANDES, A. F. Influência do tempo e temperatura de armazenamento na estabilidade de reticulócitos e seus derivados. Hematology, Transfusion and Cell Therapy, v. 46, supl. 4, p. S175, 2024.

SCHAPKAITZ, E.; PILLAY, D. Prolonged storage-induced changes in haematology parameters referred for testing. African Journal of Laboratory Medicine, v. 4, n. 1, 2015.

SILVA, Paulo Henrique da et al. Hematologia laboratorial: teoria e procedimentos. Porto Alegre: Artmed, 2016.

SILVA JUNIOR, Francisco C.; ODONGO, Fatuma C. A.; DULLEY, Frederico L. Células-tronco hematopoéticas: utilidades e perspectivas. Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia, São Paulo, v. 31, supl. 1, p. 53-58, 2009

URBINA, Adriana; PALOMINO, Fernando. In vitro kinetics of reticulocyte subtypes: maturation after red blood cell storage in additive solution-1 (AS-1). Hematology, Transfusion and Cell Therapy, v. 40, n. 2, p. 143-150, 2018.

ZAGO, Marco Antonio; FALCÃO, Roberto Passetto; PASQUINI, Ricardo (ed.). Tratado de hematologia. São Paulo: Atheneu, 2014.

ZHOU, Hongyin; HUANG, Yaxin; ZHUANG, Ruijian; XIONG, Shunyan; ZOU, Jiaming; LI, Tianji; HU, Yonggang. Automated reticulocyte counting: advances, standardization challenges, and clinical accessibility. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, v. 64, n. 2, p. 269–279, 2026.