v7.n12.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

AVANÇOS NA SEGURANÇA TRANSFUSIONAL: SISTEMAS IMUNO-HEMATOLÓGICOS, HEMOVIGILÂNCIA E PREVENÇÃO DE ERROS

ADVANCES IN TRANSFUSION SAFETY: IMMUNOHEMATOLOGICAL SYSTEMS, HEMOVIGILANCE, AND ERROR PREVENTION

AVANCES EN LA SEGURIDAD TRANSFUSIONAL: SISTEMAS INMUNOHEMATOLÓGICOS, HEMOVIGILANCIA Y PREVENCIÓN DE ERRORES

Ana Luísa Alves de Oliveira[1], Ana Vitória de Almeida Rodrigues[1], Dhullya Roberth Ferreira Carlos[1], Kamilly Vitoria Morais de Araujo[1], Laysa Vieira da Silva[1], Jalsi Tacon Arruda[2]

https://doi.org/10.47820/recima21.v7i12.9834

PUBLICADO: 12/2026

RESUMO

A hemoterapia é uma modalidade terapêutica vital, porém as reações transfusionais e incompatibilidades imunológicas representam eventos adversos graves. O objetivo deste estudo é sintetizar as evidências científicas sobre a prevenção desses eventos, destacando os grupos sanguíneos analisados e os protocolos de segurança. Método: Trata-se de uma revisão integrativa da literatura nas bases MEDLINE (PubMed), LILACS e SciELO, incluindo estudos publicados entre 2016 e 2026. A amostra final constituiu-se de 12 artigos. Resultados: A compatibilidade ABO/RhD e a análise de sistemas estendidos (Kell, Kidd, Duffy) são fundamentais, especialmente na prevenção da aloimunização em pacientes politransfundidos. Contudo, a literatura demonstra que as falhas mais críticas ocorrem na etapa pré-analítica (erros de identificação). Barreiras ativas de segurança, como a dupla checagem rigorosa à beira do leito pela enfermagem, a automação e a rastreabilidade (RFID/códigos de barras), são imprescindíveis. Constatou-se também uma subnotificação sistêmica nos registros de hemovigilância no Brasil. Discussão/Conclusão: A segurança transfusional contemporânea exige uma abordagem sistêmica, preditiva e multiprofissional. A integração entre a imuno-hematologia laboratorial avançada (genotipagem), a vigilância ativa e a implementação do Patient Blood Management consolida-se como o padrão-ouro. Evitar transfusões clinicamente desnecessárias atua como a barreira definitiva para mitigar riscos.

PALAVRAS-CHAVE: Transfusão Sanguínea. Incompatibilidade de Grupos Sanguíneos. Segurança do Paciente. Hemovigilância. Gerenciamento do Sangue do Paciente.

ABSTRACT

Hemotherapy is a vital therapeutic modality, but transfusion reactions and immunological incompatibilities pose severe adverse risks. This study aims to synthesize scientific evidence on the prevention of these events, highlighting analyzed blood groups and safety protocols. Method: An integrative literature review was conducted using MEDLINE (PubMed), LILACS, and SciELO databases, including studies published between 2016 and 2026. The final sample comprised 12 articles. Results: ABO/RhD compatibility and extended system analysis (Kell, Kidd, Duffy) are fundamental, particularly in preventing alloimmunization in polytransfused patients. However, literature demonstrates that the most critical failures occur in the pre-analytical stage (misidentification errors). Active safety barriers, such as rigorous bedside double-checking by nursing staff, automation, and traceability (RFID/barcodes), are indispensable. Systemic underreporting in hemovigilance records in Brazil was also identified. Discussion/Conclusion: Contemporary transfusion safety requires a systemic, predictive, and multiprofessional approach.

[1] Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA.
[2] Universidade Estadual de Goiás – UEG.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

The integration of advanced laboratory immunohematology (genotyping), active vigilance, and the implementation of Patient Blood Management is established as the gold standard. Avoiding clinically unnecessary transfusions serves as the ultimate barrier to mitigating risks.

KEYWORDS: *Blood Transfusion. Blood Group Incompatibility. Patient Safety. Hemovigilance. Patient Blood Management.*

RESUMEN
La hemoterapia es una modalidad terapéutica vital, sin embargo, las reacciones transfusionales y las incompatibilidades inmunológicas representan eventos adversos graves. El objetivo de este estudio es sintetizar la evidencia científica sobre la prevención de estos eventos, destacando los grupos sanguíneos analizados y los protocolos de seguridad. Método: Se trata de una revisión integradora de la literatura en las bases de datos MEDLINE (PubMed), LILACS y SciELO, incluyendo estudios publicados entre 2016 y 2026. La muestra final estuvo constituida por 12 artículos. Resultados: La compatibilidad ABO/RhD y el análisis de sistemas extendidos (Kell, Kidd, Duffy) son fundamentales, especialmente en la prevención de la aloinmunización en pacientes politransfundidos. Sin embargo, la literatura demuestra que los fallos más críticos ocurren en la etapa preanalítica (errores de identificación). Las barreras activas de seguridad, como la doble comprobación rigurosa a pie de cama por parte del personal de enfermería, la automatización y la trazabilidad (RFID/códigos de barras), son imprescindibles. También se constató una subnotificación sistémica en los registros de hemovigilancia en Brasil. Discusión/Conclusión: La seguridad transfusional contemporánea exige un enfoque sistémico, predictivo y multiprofesional. La integración entre la inmunohematología de laboratorio avanzada (genotipificación), la vigilancia activa y la implementación del Patient Blood Management se consolida como el patrón oro. Evitar transfusiones clínicamente innecesarias actúa como la barrera definitiva para mitigar los riesgos.

PALABRAS CLAVE: *Transfusión Sanguínea. Incompatibilidad de Grupos Sanguíneos. Seguridad del Paciente. Hemovigilancia. Gestión de la Sangre del Paciente.*

1. INTRODUÇÃO

A hemoterapia é uma modalidade terapêutica indispensável e de alto impacto no suporte a pacientes críticos, cirúrgicos e oncológicos. Por caracterizar-se essencialmente como um transplante de tecido biológico alogênico, essa prática clínica deve ser rigorosamente pautada pela medicina baseada em evidências para mitigar os riscos imunológicos e infecciosos inerentes à exposição antigênica (HARMENING, 2019). Nesse cenário, as reações transfusionais agudas e as incompatibilidades eritrocitárias despontam como eventos adversos críticos. Quando não prevenidas, essas complicações comprometem severamente a segurança do paciente, prolongam o tempo de internação hospitalar e elevam expressivamente as taxas de morbimortalidade intra-hospitalar, impactando diretamente no sucesso de desfechos operatórios de grande porte (DELANEY *et al.*, 2016; OBI *et al.*, 2026).

Historicamente, a introdução de métodos laboratoriais de altíssima sensibilidade, como o Teste de Ácido Nucleico (NAT), reduziu drasticamente a transmissão de patógenos, transferindo o foco do risco transfusional contemporâneo para os eventos de natureza

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

imunológica e para a falha humana (BRASIL, 2013; MARTINS; NÓBREGA, 2018). O avanço contínuo das técnicas imuno-hematológicas e a adoção da fenotipagem eritrocitária estendida tornaram-se pilares essenciais não apenas para garantir a compatibilidade básica nos sistemas ABO e RhD, mas também para mitigar o risco de aloimunização complexa, exigindo profunda compreensão de suas bases genéticas (BARRETO *et al.*, 2026), especialmente em populações dependentes de múltiplas transfusões (SALEH *et al.*, 2018; CONTELLI *et al.*, 2024). Contudo, as evidências apontam que a excelência analítica na bancada do laboratório é insuficiente se desvinculada de uma gestão de riscos sistêmica no ambiente assistencial (ALMEIDA, 2026).

Para transpor essa vulnerabilidade, a literatura científica tem enfatizado a necessidade urgente de integrar as inovações diagnósticas a protocolos restritivos à beira do leito. A implementação de estratégias de controle operacionais, que se iniciam, impreterivelmente, com o consentimento informado do receptor (PEREIRA; BRUNETTA; CIPOLOTTI, 2025), a automação da rastreabilidade bidirecional (*vein-to-vein*) e a obrigatoriedade de barreiras ativas de dupla checagem tornaram-se vitais para interceptar o erro humano, especialmente aquele gerado por vieses cognitivos em decisões de urgência, que figura como a principal etiologia dos incidentes transfusionais severos na rotina diária (PEREIRA ROCHA *et al.*, 2023; ENTEZARI MEYBODI *et al.*, 2026). Somado a isso, a consolidação do *Patient Blood Management* (PBM) tem se estabelecido como uma diretriz transversal incontornável para evitar transfusões clinicamente desnecessárias, atuando como a forma mais primária de prevenção de danos (MONTANO-PEDROSO *et al.*, 2024).

Apesar da disponibilidade de aparatos regulatórios rigorosos e inovações biotecnológicas (BRASIL, 2026), constata-se uma dispersão considerável de dados na literatura que evidencia uma assimetria preocupante: o descompasso entre os expressivos avanços da imuno-hematologia e a efetiva adesão à cultura de segurança na prática clínica. Essa fragmentação do conhecimento, agravada pela persistente e perigosa subnotificação de eventos adversos nos sistemas oficiais de hemovigilância, cria um cenário que empobrece a análise epidemiológica e dificulta a tomada de decisão assertiva pelos gestores de saúde (GRANDI *et al.*, 2018; BRASIL, 2022a,b; GOMES; CUNHA, 2025; SILVA *et al.*, 2025). Consequentemente, torna-se imprescindível compilar e sistematizar essa literatura para subsidiar o aprimoramento contínuo dos protocolos institucionais, otimizar a tradução do conhecimento laboratorial para a assistência e preservar a integridade física dos receptores.

Com base nessa lacuna, o presente estudo tem por objetivo reunir e sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre a prevenção de incompatibilidades e reações adversas em transfusões sanguíneas, destacando os principais grupos sanguíneos analisados e a eficácia dos protocolos de segurança aplicados na hemoterapia contemporânea.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

2. METODOLOGIA

2.1. Desenho do estudo

O presente estudo caracteriza-se como uma Revisão Integrativa da Literatura, método que permite a síntese de múltiplos estudos publicados, com diferentes delineamentos, proporcionando uma compreensão abrangente do fenômeno investigado. Para a formulação da pergunta norteadora, empregou-se a estratégia PICo: P (População/Problema) pacientes submetidos à hemoterapia; I (Interesse) estratégias preventivas e análise aprofundada dos principais grupos sanguíneos; e Co (Contexto) o ambiente de segurança operacional da hemoterapia recente. Diante da lacuna evidenciada na translação do conhecimento científico laboratorial para a segurança operacional diária, delimitou-se a seguinte pergunta: “Como as estratégias preventivas e a análise aprofundada dos principais grupos sanguíneos impactam a redução de reações transfusionais e incompatibilidades na hemoterapia recente?”.

2.2. Estratégia de busca

O levantamento bibliográfico foi conduzido de maneira sistemática e abrangente nas bases de dados eletrônicas MEDLINE (via PubMed), LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde) e SciELO (Scientific Electronic Library Online). Para garantir a padronização e a sensibilidade da busca, foram utilizados descritores controlados e indexados nos vocabulários estruturados DeCS (Descritores em Ciências da Saúde) e MeSH (Medical Subject Headings). Os termos selecionados foram: "Transfusão Sanguínea" (Blood Transfusion), "Incompatibilidade Sanguínea" (Blood Group Incompatibility), "Reações Transfusionais" (Transfusion Reaction) e "Segurança do Paciente" (Patient Safety). A estratégia de busca foi estruturada utilizando o cruzamento dos descritores por meio dos operadores booleanos AND (para intersecção) e OR (para soma), resultando na seguinte estratégia matriz: ("Transfusão Sanguínea" OR "Blood Transfusion") AND ("Incompatibilidade Sanguínea" OR "Blood Group Incompatibility") AND ("Reações Transfusionais" OR "Transfusion Reaction") AND ("Segurança do Paciente" OR "Patient Safety").

2.3. Critérios de inclusão e exclusão

Para a seleção da amostra foram estabelecidos critérios rigorosos de elegibilidade. Critérios de Inclusão: artigos científicos de estudos originais (observacionais, transversais, coortes), bem como revisões integrativas ou sistemáticas, disponíveis na íntegra de forma gratuita ou via acesso institucional. O recorte temporal abrangeu os últimos 10 anos (2016 a 2026), visando capturar as atualizações tecnológicas e imunológicas mais recentes do setor. Os idiomas aceitos foram o português, inglês e espanhol. Os estudos deveriam responder de maneira direta à pergunta norteadora e aos objetivos propostos. Excepcionalmente, foram

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

incluídas resoluções normativas e marcos legais estruturantes de órgãos de classe (como a Resolução nº 227/2013 do Conselho Federal de Biomedicina) e diretrizes ministeriais oficiais essenciais para a fundamentação jurídica e regulatória da atuação profissional. Foram excluídos editoriais, cartas ao editor, resumos de anais de congressos, opiniões de especialistas, teses, dissertações, monografias e diretrizes ministeriais avulsas (que não se enquadrassem como marcos normativos estruturantes). Estudos duplicados entre as bases de dados ou que fugissem tangencialmente do escopo central da imuno-hematologia e da segurança transfusional também foram removidos.

2.4. Extração e análise de dados

A seleção e o rastreio dos estudos seguiram um protocolo rigoroso, reportado de acordo com as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). O processo ocorreu em etapas distintas, independentes e estruturadas. Inicialmente, foi realizada a leitura exploratória de títulos e resumos por dois revisores atuando de forma independente e às cegas, mediante a aplicação estrita dos filtros de elegibilidade preestabelecidos. Quaisquer divergências nesta etapa foram resolvidas por consenso ou mediante a intervenção de um terceiro revisor sênior.

Os artigos que atenderam aos critérios preliminares foram recuperados em sua versão integral para uma leitura analítica aprofundada. Para a extração, organização e sistematização dos dados, utilizou-se uma matriz de síntese elaborada no Microsoft Excel®, contemplando as seguintes variáveis: autoria, ano de publicação, país, desenho metodológico, objetivo principal, principais achados imuno-hematológicos, limitações e conclusões. Por fim, os dados extraídos foram submetidos à análise descritiva e agrupados por similaridade semântica, originando eixos temáticos que fundamentaram a discussão sobre a segurança na hemoterapia.

Por se tratar de um estudo de revisão integrativa, fundamentado exclusivamente na análise de dados secundários oriundos de estudos primários previamente publicados e de acesso em bases de dados de domínio público, a presente pesquisa não envolveu intervenção clínica, coleta de dados primários ou contato direto com seres humanos. Consequentemente, o estudo está dispensado da submissão e avaliação pelo sistema Comitê de Ética em Pesquisa / Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CEP/CONEP), em estrita consonância com as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil, notadamente a Resolução nº 466/2012 e o artigo 1º, parágrafo único, incisos I e II da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Ressalta-se, contudo, que o rigor metodológico, os preceitos éticos e os direitos de propriedade intelectual dos autores dos estudos incluídos foram rigorosamente respeitados por meio da correta citação e referenciação.

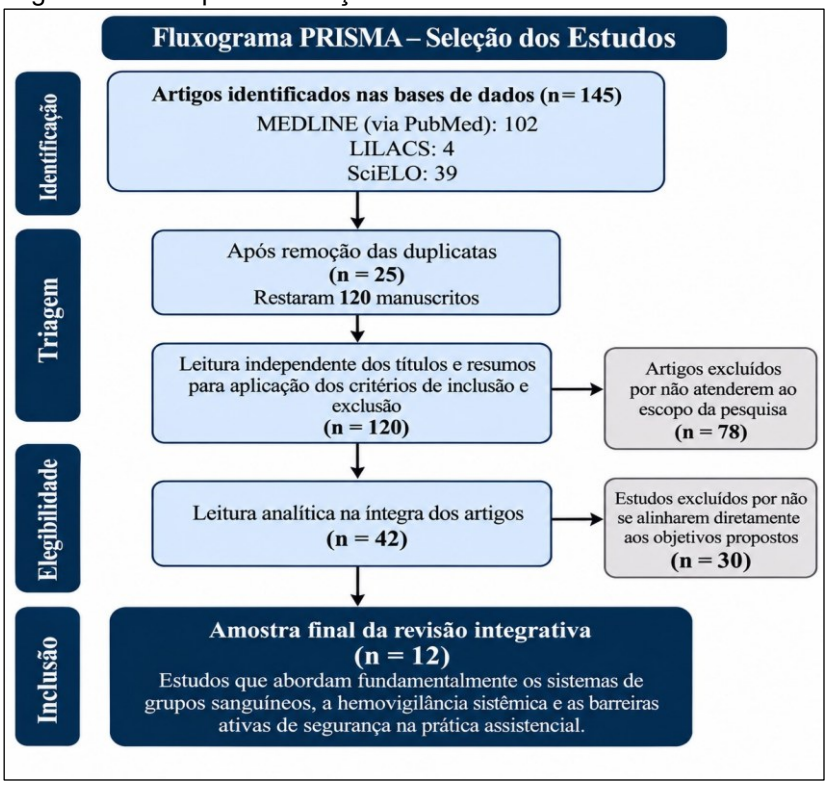
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

3. RESULTADOS

A estratégia de busca inicial nas bases de dados resultou na identificação de 145 artigos potencialmente elegíveis, distribuídos da seguinte forma: 102 na MEDLINE (via PubMed), 4 na LILACS e 39 na SciELO. Na primeira etapa de triagem, realizou-se a remoção dos estudos em duplicidade (n=25), restando 120 manuscritos. Em seguida, procedeu-se à leitura independente dos títulos e resumos para a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, resultando na eliminação de 78 trabalhos que não atendiam ao escopo primário da pesquisa.

Os 42 artigos selecionados nesta fase avançaram para a etapa de leitura analítica na íntegra. Após a avaliação criteriosa do rigor metodológico e da aderência à pergunta norteadora, 30 estudos foram excluídos por não se alinharem diretamente aos objetivos propostos. Consequentemente, a amostra final desta revisão integrativa foi constituída por 12 estudos (conforme ilustrado no fluxograma PRISMA), os quais abordam fundamentalmente os sistemas de grupos sanguíneos, a hemovigilância sistêmica e as barreiras ativas de segurança na prática assistencial (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma das etapas de seleção dos estudos incluídos nesta revisão



Fonte: dados da pesquisa (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Para fins de visualização e sistematização dos dados extraídos, as principais características dos 12 estudos que compõem a amostra final desta revisão integrativa estão apresentadas no Quadro 1. A matriz de síntese detalha as informações referentes à autoria, ano de publicação, desenho metodológico (incluindo objetivo) e os principais resultados que estruturam a base de evidências discutida neste estudo.

Quadro 1. Síntese dos artigos incluídos na Revisão Integrativa da Literatura

Autoria (Ano)	**Desenho Metodológico e Objetivo**	**Principais Resultados e Conclusões**
Delaney *et al.* (2016)	Desenho: Revisão narrativa. Objetivo: Fornecer uma revisão clínica embasada em evidências sobre a fisiopatologia, diagnóstico, manejo e prevenção de reações adversas transfusionais.	Demonstra que a Reação Transfusional Hemolítica Aguda (RTHA) resulta frequentemente de falhas pré-analíticas e erros de identificação (*wrong-blood-in-tube*). Aponta a Sobrecarga Circulatória (TACO) e a Lesão Pulmonar (TRALI) como as principais causas de morbimortalidade atual. Conclui que a segurança definitiva exige tecnologias de código de barras à beira do leito aliadas à restrição rigorosa de indicações via *Patient Blood Management* (PBM).
Grandi *et al.* (2018)	Desenho: Estudo transversal retrospectivo (n=1.548 notificações). Objetivo: Descrever a ocorrência de reações transfusionais imediatas em um hospital de alta complexidade.	Constatou que o Concentrado de Hemácias foi o hemocomponente responsável por 72,5% dos casos, sendo a Reação Febril Não Hemolítica Leve a manifestação mais comum. Os sinais clínicos predominantes foram hipertermia, sudorese e calafrios. Conclui que o monitoramento ativo e a notificação rigorosa são imprescindíveis para o aprimoramento contínuo do ciclo do sangue.
Sobral, Göttems e Santana (2020)	Desenho: Estudo observacional e analítico retrospectivo (n=516 transfusões). Objetivo: Identificar reações transfusionais imediatas em pacientes idosos internados em hospital público.	Identificou uma incidência de reações adversas de apenas 2,3%, índice significativamente inferior aos parâmetros internacionais. Conclui que esse dado reflete uma expressiva subnotificação no sistema de hemovigilância, atribuída, possivelmente, ao déficit de monitoramento contínuo à beira do leito e ao sub-reconhecimento de manifestações atípicas em pacientes geriátricos pela equipe assistencial.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Autoria (Ano)	Desenho Metodológico e Objetivo	Principais Resultados e Conclusões
Frazão *et al.* (2021)	Desenho: Estudo bibliométrico. Objetivo: Mapear o perfil da produção científica global sobre a segurança do paciente durante a hemotransfusão.	Evidenciou que a literatura enfatiza maciçamente o protagonismo da enfermagem na etapa de administração do hemocomponente. O estudo aponta que, apesar da inserção tecnológica (rastreabilidade), a vulnerabilidade ao erro humano persiste. Conclui que a adoção estrita de protocolos de dupla checagem e a identificação positiva do paciente configuram-se como as barreiras ativas mais determinantes para a segurança.
Rodrigues Pinheiro *et al.* (2022)	Desenho: Protocolo de Revisão de Escopo (*Scoping Review* - JBI/PRISMA-ScR). Objetivo: Validar um protocolo metodológico para mapear conhecimentos das equipes de saúde sobre hemovigilância ambulatorial.	Estrutura bases para a investigação de um cenário clínico de alta vulnerabilidade: o paciente ambulatorial crônico. O estudo alerta para a massiva subnotificação de reações transfusionais tardias nesses pacientes, evidenciando que a dissociação temporal entre a infusão e o surgimento de sintomas (ex: febre domiciliar) enfraquece diretamente a cadeia de notificação e o sistema de hemovigilância.
Pereira Rocha *et al.* (2023)	Desenho: Revisão integrativa da literatura (n=18 artigos). Objetivo: Analisar o protagonismo da equipe de enfermagem na segurança do processo de administração de hemocomponentes.	Enfatiza a obrigatoriedade da aferição e monitoramento dos sinais vitais, especialmente nos primeiros 15 minutos de infusão, janela crítica para o surgimento de reações fulminantes (RTHA e choque anafilático). Conclui que a excelência da compatibilização laboratorial depende intimamente da capacidade de foco e do rigor técnico da enfermagem, atuando como a última barreira profilática antes da infusão.
Céspedes *et al.* (2024)	Desenho: Revisão narrativa. Objetivo: Propor diretrizes estratégicas estruturadas para a adoção institucional do *Patient Blood Management* (PBM).	Formula um modelo prático baseado na otimização da massa eritrocitária pré-operatória, minimização rigorosa de perdas intraoperatórias (hemostasia/recuperação celular) e tolerância clínica à anemia pós-operatória. Conclui que a aplicação dessa mudança de paradigma (Plano de 10 Passos) reduz a exposição a alógenos, mitigando a morbimortalidade e os custos inerentes à terapia transfusional.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Autoria (Ano)	Desenho Metodológico e Objetivo	Principais Resultados e Conclusões
Montano-Pedroso *et al.* (2024)	Desenho: Consenso de especialistas (Painel Delphi / ABHH). Objetivo: Estabelecer diretrizes nacionais baseadas em evidências para o uso de agentes antifibrinolíticos no PBM.	Recomenda fortemente o uso profilático do ácido tranexâmico para minimizar perdas em cirurgias de grande porte. Demonstra que a intervenção farmacológica é custo-efetiva e reduz a necessidade de transfusões alogênicas sem elevar o risco tromboembólico. Conclui que evitar o sangramento é a estratégia mais segura para eliminar os riscos de incompatibilidade inerentes à hemoterapia.
Gomes e Cunha (2025)	Desenho: Estudo epidemiológico transversal (período: 2020-2024). Objetivo: Avaliar a correlação entre a produção hemoterápica e as taxas oficiais de subnotificação no Brasil.	Confirmou a existência de subnotificação crônica e expressiva no sistema nacional, evidenciando assimetrias regionais onde a alta demanda hemoterápica não se reflete nas notificações de eventos (NOTIVISA). Conclui que essa ausência de dados mascara falhas operacionais e impede os gestores de adotarem medidas corretivas e profiláticas eficazes nos serviços de saúde.
Nobre *et al.* (2025)	Desenho: Revisão integrativa da literatura. Objetivo: Mapear desafios operacionais no controle de riscos e analisar estratégias de hemovigilância eficazes.	Demonstra que a dependência exclusiva da vigilância humana gera falhas sistêmicas críticas. Conclui que o controle de riscos eficiente exige a implantação de tecnologias automatizadas e bloqueios sistêmicos (*hard-stops* laboratoriais) capazes de impedir eletronicamente a liberação de bolsas incompatíveis ou amostras divergentes do histórico imuno-hematológico do paciente.
Basavarajegowda, Zubair e Shastry (2026)	Desenho: Revisão narrativa e atualização de condutas. Objetivo: Sintetizar protocolos de segurança já consolidados na prática da medicina transfusional contemporânea.	Ratifica que erros não laboratoriais são as principais causas de reações fatais. Destaca a obrigatoriedade da concordância estrita na tipagem ABO/RhD e o uso da Pesquisa de Anticorpos Irregulares (PAI). Determina a validade máxima de 3 dias para amostras pré-transfusionais em pacientes com histórico imune recente, concluindo que a hemoterapia segura exige comunicação interprofissional estreita.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Autoria (Ano)	Desenho Metodológico e Objetivo	Principais Resultados e Conclusões
Oliveira da Silva *et al.* (2026)	Desenho: Revisão de literatura / Base normativa. Objetivo: Analisar as atribuições e a responsabilidade técnica do profissional biomédico na gestão proativa de riscos.	Enfatiza que a atuação do biomédico transcende a execução de testes. Como responsável pelo controle de qualidade e validação de reagentes, sua *expertise* atua como a barreira profilática primária do ciclo do sangue. Conclui que o rigor analítico desse profissional é fundamental para blindar o sistema laboratorial, impedindo que hemocomponentes incompatíveis sejam encaminhados para a equipe assistencial.

Fonte: dados da pesquisa (2026).

4. DISCUSSÃO

A presente revisão permitiu evidenciar que a segurança transfusional depende de um conjunto de estratégias destinadas a prevenir incompatibilidades sanguíneas, identificar precocemente possíveis reações adversas e reduzir falhas ao longo do processo hemoterápico. A transfusão sanguínea constitui uma importante ferramenta terapêutica, mas exige controle rigoroso em todas as suas etapas, desde a avaliação do paciente e a solicitação do hemocomponente até a administração, o monitoramento e o acompanhamento posterior. A necessidade de integração entre as etapas laboratoriais e assistenciais é ressaltada pela literatura sobre prevenção, diagnóstico e manejo das reações transfusionais (BRASIL, 2013; DELANEY *et al.*, 2016).

4.1. Base imuno-hematológica e riscos de incompatibilidade

A compatibilidade nos sistemas ABO e RhD constitui o pilar inegociável da terapia transfusional, visto que a quebra dessa regra, inclusive nas práticas envolvendo transfusão de plaquetas e plasma incompatíveis, resulta nos eventos adversos mais graves e agudos da hemoterapia, sendo o sistema ABO um mediador crítico nas bases imunológicas da aloimunização (DUNBAR *et al.*, 2025; BARRETO *et al.*, 2026). A presença de antígenos A e B nas hemácias e dos anticorpos correspondentes no plasma determina a compatibilidade básica. Os anticorpos do sistema ABO, predominantemente da classe IgM, são altamente eficientes na ativação da via clássica do complemento. Uma incompatibilidade ABO desencadeia, portanto, uma Reação Transfusional Hemolítica Aguda (RTHA) caracterizada por hemólise intravascular maciça, liberação de citocinas inflamatórias, choque vasoativo, coagulação intravascular disseminada (CIVD) e insuficiência renal aguda, muitas vezes com desfecho fatal, cuja

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

magnitude de dano e letalidade é amplamente documentada pelos relatórios globais de hemovigilância (DELANEY *et al.*, 2016; OYEKAN *et al.*, 2025).

Em paralelo, o sistema Rh possui relevância clínica crítica, especialmente o antígeno D, cuja natureza proteica o torna altamente imunogênico. Diferente do ABO, a aloimunização ao antígeno D induz a formação de anticorpos da classe IgG (notadamente IgG1 e IgG3), que não fixam complemento de forma eficiente, mas opsonizam as hemácias transfundidas, provocando uma hemólise extravascular severa mediada por macrófagos no sistema reticuloendotelial, sobretudo no baço. Dessa maneira, a tipagem ABO/RhD exata é a linha de base biológica da segurança, cuja eficácia preventiva depende visceralmente de protocolos sanitários rigorosos (BRASIL, 2013; BRASIL, 2017; BRASIL, 2026).

Imediatamente abaixo da hierarquia de risco do sistema ABO, figuram os antígenos proteicos dos sistemas Rh (com ênfase no antígeno D, mas estendendo-se aos antígenos C, c, E, e) e Kell (K), cuja incompatibilidade exige classificação precisa e monitoramento contínuo para prevenção de reações hemolíticas (TAVARES, 2026). A segurança transfusional contemporânea exige ir além do rastreio ABO/RhD, dado que antígenos de sistemas estendidos possuem considerável relevância clínica e são os principais perpetradores das reações adversas retardadas. A diversidade antigênica das hemácias, englobando sistemas como Kell, Kidd, Duffy e MNS, evidencia a complexidade biológica do processo de compatibilização (SALEH *et al.*, 2018).

O antígeno K (Kell), por exemplo, além de altamente imunogênico, possui a particularidade de expressar-se precocemente nos precursores eritroides; anticorpos anti-K podem, portanto, causar não apenas hemólise, mas supressão da eritropoiese. Outro grande desafio imuno-hematológico reside na característica sorológica insidiosa do sistema Kidd (Jka/Jkb). Os aloanticorpos desse sistema são notórios por apresentarem queda rápida e progressiva de títulos no plasma, tornando-se frequentemente indetectáveis nos testes pré-transfusionais sorológicos de rotina. A reexposição ao antígeno induz uma resposta anamnéstica robusta, culminando na Reação Transfusional Hemolítica Tardia (RTHT). Esse fenômeno reforça a premissa de que um teste laboratorial atual negativo não invalida o histórico do paciente, tornando o registro imuno-hematológico vital (DELANEY *et al.*, 2016).

Essa complexidade antigênica alcança seu ápice no manejo de pacientes politransfundidos, que representam o desafio clínico contemporâneo da aloimunização (CONTELLI *et al.*, 2024). Populações dependentes de suporte transfusional contínuo, como indivíduos com doença falciforme, talassemias e síndromes mielodisplásicas, são cronicamente expostas a milhares de antígenos eritrocitários estranhos, transformando-se no grupo de maior

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

vulnerabilidade para o desenvolvimento de aloanticorpos complexos (SANTOS; CASTILHO, 2025).

A literatura aponta que a aloimunização não é um evento puramente aleatório, mas multifatorial, sofrendo potencial influência das bases genéticas e imunológicas do próprio sistema ABO do receptor (BARRETO *et al.*, 2026). Ela é impulsionada pela expressiva heterogeneidade populacional e pela disparidade genético-étnica entre doadores e receptores (como na doença falciforme, em que predominam receptores de ascendência africana), cuja diversidade molecular, especialmente no sistema Rh, apresenta alto grau de polimorfismo no Brasil (MAFRA *et al.*, 2026). Além disso, o estado imunológico do receptor no momento da transfusão é determinante: a presença de inflamação aguda atua como um sinal de perigo (*danger signal*) que hiperativa as células apresentadoras de antígenos, favorecendo a resposta dos linfócitos T e a consequente formação de aloanticorpos (SALEH *et al.*, 2018). Quando o paciente se torna aloimunizado a múltiplos antígenos, a probabilidade estatística de encontrar bolsas de sangue compatíveis cai drasticamente, gerando atrasos críticos no atendimento e aumentando a morbimortalidade.

Para mitigar esses riscos profundos, a hemoterapia moderna está migrando de uma abordagem reativa para uma conduta profilática, ancorada na evolução tecnológica. A implementação da fenotipagem eritrocitária estendida (no mínimo para RhCE e Kell) como protocolo profilático para pacientes politransfundidos já demonstrou reduzir substancialmente as taxas de aloimunização. Contudo, o padrão-ouro atual, apontado pelas evidências, especialmente para otimizar os desfechos e mitigar a aloimunização em pacientes com doença falciforme, é a genotipagem eritrocitária por biologia molecular (SALEH *et al.*, 2018; SANTOS; CASTILHO, 2025).

A genotipagem contorna todas as limitações da sorologia tradicional: ela não sofre interferência de hemácias transfundidas circulantes, não é afetada por reações autoimunes positivas (Teste de Antiglobulina Direto – TAD positivo) e consegue identificar variantes alélicas fracas ou parciais que a sorologia classificaria erroneamente, uma realidade clínica de extrema relevância face à expressiva diversidade genética do gene RHD documentada em doadores de sangue no território brasileiro (MAFRA *et al.*, 2026). A aplicação dessa tecnologia permite pareamentos genotípicos altamente precisos, prevenindo reações adversas, preservando o estoque de sangue raro e garantindo a segurança imunológica do paciente a longo prazo.

4.2. Protocolos laboratoriais e prevenção de erros

A rigorosidade analítica dos exames pré-transfusionais constitui a barreira física e imunológica primária contra incompatibilidades. A evolução técnica desses procedimentos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

reconfigurou o panorama da segurança laboratorial (MARTINS; NÓBREGA, 2018). A transição histórica das metodologias clássicas de aglutinação em tubo para a tecnologia de aglutinação em coluna (gel-teste ou microplacas) proporcionou um nível de padronização, sensibilidade e objetividade antes inatingível.

A metodologia em gel elimina variáveis críticas como a força de ressuspensão do botão de hemácias pelo operador, garantindo reações estáveis que podem ser documentadas fotograficamente e interpretadas por softwares automatizados. Essa alta sensibilidade é crucial para a Pesquisa de Anticorpos Irregulares (PAI) e para a prova de compatibilidade cruzada mediada por antiglobulina humana (fase de Coombs), reduzindo consideravelmente os resultados falso-negativos para anticorpos IgG de relevância clínica. Contudo, a robustez dessa barreira analítica exige calibração técnica constante, dependendo do uso de painéis de hemácias de triagem rigorosamente fenotipados e da adesão estrita às normas sanitárias que governam as boas práticas do ciclo do sangue, etapa analítica onde a excelência e o rigor técnico do biomédico atuam como a principal barreira preventiva (BRASIL, 2017; TAVARES, 2026).

A despeito da crescente excelência analítica e automação, o sistema transfusional permanece perigosamente vulnerável à falha humana pré e pós-analítica, que figura como a principal etiologia de eventos adversos graves e óbitos evitáveis na hemoterapia. A literatura é taxativa ao demonstrar que o laboratório raramente erra a tipagem de uma amostra, mas rotineiramente recebe amostras trocadas. O fenômeno *Wrong Blood in Tube* (WBIT), caracterizado pela coleta de sangue do paciente "A" em um tubo rotulado com o nome do paciente "B", é o evento adverso pré-analítico mais temido. Ele sabota a infraestrutura laboratorial: testes imuno-hematológicos perfeitos aplicados a uma amostra erroneamente identificada resultarão na liberação de um hemocomponente letal para o paciente real que o receberá, sendo esta a causa primária das transfusões ABO incompatíveis contemporâneas (BRASIL, 2013; OYEKAN *et al.*, 2025). Esses erros são exacerbados pela sobrecarga de trabalho das equipes e pela pressa em cenários de emergência, como no atendimento ao trauma, onde vieses cognitivos frequentemente induzem a falhas críticas de julgamento, comprovando que a alta tecnologia de bancada é insuficiente se a coleta e a identificação à beira do leito, conforme preconizado pelas diretrizes globais de segurança clínica (WHO, 2018), falharem (ENTEZARI MEYBODI *et al.*, 2026).

Inserido nesse ecossistema de alto risco técnico, o profissional biomédico assume a posição de gestor máximo do risco analítico. A automação não substitui o raciocínio clínico-laboratorial, essencial para a resolução de investigações imuno-hematológicas complexas que fogem à rotina. O protagonismo do biomédico é exigido na elucidação de discrepâncias ABO (como subgrupos A, quimerismo ou deficiência de anticorpos naturais em imunossuprimidos), no

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

manejo de panaglutinações causadas por autoanticorpos quentes ou frios (exigindo técnicas complexas de eluição e adsorção) e, mais recentemente, na mitigação de interferências medicamentosas. O uso de anticorpos monoclonais terapêuticos, como o Daratumumabe (anti-CD38) no mieloma múltiplo, causa panreatividade nos testes de antiglobulina humana, exigindo que o biomédico aplique tratamentos químicos nas hemácias (como o DTT – ditiotreitol) para contornar a interferência e garantir transfusões seguras. Além dessa expertise técnica resolutiva, a execução rigorosa do Controle de Qualidade interno é a garantia diária inegociável de que os reagentes e protocolos operacionais são capazes de detectar antígenos e anticorpos fracos (BRASIL, 2013).

Para que o trabalho laboratorial de excelência se converta em prevenção real, é mandatória a convergência entre processos biológicos e barreiras sistêmicas. A segurança transfusional exige camadas de redundância. O uso de tecnologias de código de barras bidimensional ou identificação por radiofrequência (*Radio Frequency Identification* – RFID) na pulseira do paciente e nas bolsas de sangue, integrado ao Sistema de Informação Laboratorial, impõe uma barreira rígida contra trocas (BRASIL, 2013; 2022a).

No entanto, o fator humano, fortemente suscetível a vieses cognitivos sob estresse, ainda dita o sucesso da implantação dessas ferramentas (ENTEZARI MEYBODI *et al.*, 2026). A segurança efetiva depende do estabelecimento de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) rigorosos, dupla checagem paramétrica e, sobretudo, do amadurecimento de uma Cultura Justa (*Just Culture*) no ambiente hospitalar (ALMEIDA, 2026). Ambientes punitivos ocultam erros; serviços maduros encorajam a notificação de quase falhas (*near misses*), permitindo que o laboratório e a gestão da qualidade reestruturem preventivamente os fluxos antes que a falha alcance o leito do paciente.

4.3. Hemovigilância e gestão tecnológica de riscos

A hemovigilância ultrapassa a notificação passiva de eventos; ela se estabelece como a engrenagem epidemiológica central do monitoramento pós-liberação e da segurança sistêmica. No ecossistema hemoterápico brasileiro, que evoluiu expressivamente nas últimas décadas com a consolidação da segurança infecciosa (MARTINS; NÓBREGA, 2018), não se trata de uma mera exigência regulatória para o preenchimento de formulários, mas de uma vigilância ativa desenhada para rastrear e analisar o perfil epidemiológico dos eventos adversos relacionados à transfusão (SILVA *et al.*, 2025), mitigando a morbidade muitas vezes subnotificada (BRASIL, 2022a,b).

A patogênese das reações transfusionais exibe um amplo espectro clínico-fisiopatológico que exige rigor investigativo. Eventos adversos variam desde a Reação Febril Não Hemolítica

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

(frequentemente mediada pelo acúmulo de citocinas pró-inflamatórias, como IL-1 e IL-6, durante o armazenamento da bolsa) até síndromes catastróficas. Sem a notificação compulsória e a investigação minuciosa de cada desvio fisiológico, o serviço de saúde opera às cegas, incapaz de correlacionar, por exemplo, picos de reações febris com falhas nos protocolos de desleucocitação universal ou problemas na cadeia de frio (ALMEIDA, 2026).

A observação clínica do receptor não é, portanto, uma formalidade, mas a última e mais crítica barreira fisiológica contra o dano irreversível. A literatura destaca que a identificação precoce dos gatilhos clínicos à beira do leito exige altíssimo preparo da equipe assistencial. O reconhecimento de um broncoespasmo e hipotensão súbita (sugerindo reação anafilática grave mediada por IgE e anticorpos anti-IgA em indivíduos deficientes ou a emergente síndrome de alfa-gal associada à transfusão) ou o desenvolvimento de um edema pulmonar agudo não cardiogênico atrelado à TRALI (Lesão Pulmonar Aguda Relacionada à Transfusão, deflagrada por anticorpos anti-HLA ou anti-HNA do doador ativando neutrófilos do receptor) exige uma resposta imediata. A conduta padrão ouro determina a interrupção do fluxo de sangue, a manutenção da via venosa com solução salina e a deflagração do protocolo de investigação imuno-hematológica reversa. Essa investigação envolve o retorno da bolsa ao laboratório e a coleta de novas amostras do paciente para a repetição das tipagens ABO/RhD, execução do Teste de Antiglobulina Direto (TAD) para detectar hemácias opsonizadas in vivo, além da inspeção visual rigorosa para detecção de hemoglobinemia e hemoglobinúria, sinais inequívocos de lise eritrocitária (DUNBAR *et al.*, 2025).

Para que a investigação de qualquer evento adverso opere com precisão, a rastreabilidade bidirecional absoluta (*vein-to-vein*) é imperativa. A governança do ciclo do sangue exige que a mitigação de riscos se inicie na rigorosa seleção e triagem clínica do doador (MENDOZA-RANGEL *et al.*, 2026), garantindo que cada hemocomponente seja auditável desde a punção venosa até a via infusional do receptor, meta que as instituições hospitalares têm buscado atingir por meio de sistemas de rastreabilidade eletrônica e tecnologia RFID (BRASIL, 2013; BRASIL, 2017; ALMEIDA, 2026). A implementação de Sistemas de Informação Laboratorial (LIS) robustos, acoplados à leitura paramétrica de códigos de barras ou a implementação avançada de tecnologia RFID, cujos benefícios na rastreabilidade e segurança intra-hospitalar são amplamente validados na literatura (SILVA; CORREIA; SILVEIRA, 2026), nas pulseiras dos pacientes e bolsas de sangue, tem demonstrado eficácia superior na interceptação do erro e institui o que a engenharia de segurança chama de *hard-stops* (bloqueios de segurança rígidos).

Esses algoritmos impedem eletronicamente a liberação de bolsas com validade expirada, sorologia reagente ou tipagem incompatível. Paralelamente, o aprimoramento do

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

arsenal diagnóstico com a genotipagem eritrocitária em larga escala atua retrospectivamente na hemovigilância de reações complexas, onde a biologia molecular elucida aloimunizações ocultas e variantes alélicas (como as complexas mutações do gene RHD prevalentes na população brasileira) que escaparam à averiguação sorológica convencional e que culminaram em eventos tardios (SALEH *et al.*, 2018; MAFRA *et al.*, 2026).

A sofisticação tecnológica e os algoritmos de investigação são estéreis se não estiverem alicerçados em uma cultura de segurança madura. A subnotificação e a escassez de análises críticas sobre os eventos adversos (SILVA *et al.*, 2025), muitas vezes motivadas pelo medo de punição e retaliação profissional, mascaram o risco real e perpetuam falhas latentes na cadeia transfusional.

A hemovigilância deve atuar como o pilar da aprendizagem organizacional, a exemplo do modelo consolidado pelo sistema SHOT (*Serious Hazards of Transfusion* — Riscos Graves da Transfusão) no Reino Unido (OYEKAN *et al.*, 2025), rompendo com o paradigma punitivo focado no indivíduo para adotar uma Análise de Causa Raiz voltada aos processos institucionais.

A conversão da análise de *near misses* (quase-acidentes ou incidentes sem danos) em indicadores de qualidade consolida uma gestão de riscos inteligente, permitindo requalificar a equipe, revisar procedimentos operacionais e implementar novas barreiras físicas e digitais antes que o erro atinja um novo paciente. Assim, a hemovigilância não encerra o processo transfusional, mas o realimenta continuamente, assegurando a melhoria contínua e a proteção integral desde a captação e triagem do doador até a ponta assistencial no receptor (BRASIL, 2022a,b; MENDOZA-RANGEL *et al.*, 2026).

4.4. Visão sistêmica e gerenciamento do sangue do paciente

A segurança transfusional contemporânea exige a ruptura do paradigma de que a compatibilidade é um problema isolado da bancada laboratorial. O laboratório de imuno-hematologia executa a etapa analítica crítica de pareamento antígeno-anticorpo, mas a eficácia profilática desse ato biológico é nula se desvinculada da beira do leito. A segurança sistêmica e a prevenção do erro dependem, invariavelmente, de uma orquestração multiprofissional contínua baseada em protocolos de qualidade institucionais (ALMEIDA, 2026).

A equipe assistencial atua na captação do histórico clínico imunológico, na obtenção de um termo de consentimento transfusional estruturado e esclarecedor (PEREIRA; BRUNETTA; CIPOLOTTI, 2025), na identificação do paciente, no monitoramento hemodinâmico infusivo e no pronto reconhecimento dos gatilhos patológicos de uma reação, seguindo rigorosas diretrizes de prática clínica (WHO, 2018). Simultaneamente, o serviço de hemoterapia — ancorado na atuação crítica do biomédico (TAVARES, 2026) — garante a rastreabilidade sistêmica, o

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

fracionamento adequado e o resguardo imunológico do produto, além de garantir a eficácia da seleção primária de doadores (MENDOZA-RANGEL *et al.*, 2026).

A ocorrência de um evento adverso demanda, portanto, uma resposta integrada: a avaliação clínica imediata deve cruzar dados com a reinvestigação laboratorial (*look-back*) para elucidação diagnóstica. Essa comunicação intersetorial retroalimenta o sistema de hemovigilância, transformando falhas pontuais e *near misses* em insumos epidemiológicos para a revisão de protocolos e requalificação direcionada da equipe (BRASIL, 2013; DELANEY *et al.*, 2016).

É nesse cenário de convergência sistêmica que o *Patient Blood Management* (PBM) ascende não apenas como um protocolo de uso racional, mas como a principal e mais avançada estratégia de segurança transfusional atual. A premissa central do PBM altera profundamente a lógica clínica, sendo hoje classificada como uma urgência global de saúde pública (WHO, 2021): ao fomentar a decisão compartilhada e a transparência no consentimento informado (PEREIRA; BRUNETTA; CIPOLOTTI, 2025), a forma mais eficaz de prevenir uma incompatibilidade imunológica, uma infecção transmitida por transfusão ou uma aloimunização grave é, essencialmente, evitar a exposição desnecessária ao hemocomponente alogênico.

Do ponto de vista fisiopatológico, o sangue transfundido é um transplante de tecido líquido que carrega imunomoduladores intrínsecos. Transfusões evitáveis expõem o receptor a microquimerismo, imunossupressão transitória (TRIM - *Transfusion-Related Immunomodulation*) e risco inerente de reações. Assim, o PBM baseia-se na avaliação crítica da real hipóxia tecidual e não apenas na correção automática de um valor laboratorial isolado de hemoglobina, que frequentemente induz a transfusões excessivas, uma má prática fortemente desencorajada pelas diretrizes clínicas globais (WHO, 2018), e impacta negativamente os desfechos clínicos em cenários de alta complexidade, como as cirurgias cardiovasculares (OBI *et al.*, 2026).

A operacionalização do PBM estrutura-se em três pilares fundamentais, todos desenhados para mitigar o risco transfusional primário, diretrizes preconizadas mundialmente (WHO, 2021): a otimização da hematopoiese do paciente, a minimização de hemorragias e perdas sanguíneas iatrogênicas, e a tolerância fisiológica à anemia aguda.

O primeiro pilar atua na otimização da massa eritrocitária basal do paciente (diagnóstico e tratamento precoce da anemia, deficiência de ferro ou carências vitamínicas). O segundo foca na minimização do sangramento cirúrgico ou iatrogênico (uso de agentes antifibrinolíticos, como o ácido tranexâmico, técnicas cirúrgicas hemostáticas e máquinas de recuperação celular intraoperatória). O terceiro pilar baseia-se na tolerância fisiológica à anemia aguda, adotando limiares transfusionais restritivos e embasados em evidências, avaliando o estado cardiovascular individual para otimizar a sobrevida pós-operatória (OBI *et al.*, 2026). Essa abordagem

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

multiprofissional reduz drasticamente a morbimortalidade, poupa estoques escassos de hemocomponentes fenotipados e protege pacientes de aloimunizações que dificultariam, ou até impossibilitariam, suporte transfusional futuro.

Os avanços delineados nesta revisão demonstram que a medicina transfusional é um campo biotecnológico e gerencial em constante evolução. A sofisticação da genotipagem eritrocitária ampliou exponencialmente a capacidade preditiva contra aloimunizações e reações retardadas (SALEH *et al.*, 2018). Contudo, essa alta tecnologia genômica, aliada à automação sorológica e aos sistemas de rastreabilidade (RFID/código de barras), atinge seu ápice preventivo apenas quando inserida em uma cultura institucional madura (BRASIL, 2022a,b). A verdadeira segurança emerge do hibridismo entre o rigor analítico imuno-hematológico, a vigilância clínica incansável, a gestão preditiva de riscos (hemovigilância ativa) e a filosofia clínica restritiva imposta pelo PBM. Prevenir incompatibilidades e reações adversas exige, portanto, compreender a transfusão de sangue como o último recurso terapêutico de excelência, administrado de forma fenotipicamente compatível, rastreável e unicamente quando o benefício clínico superar, de maneira inequívoca, o risco biológico inerente à exposição.

4.5. Limitações deste estudo e perspectivas futuras

Embora esta revisão forneça um panorama abrangente e atualizado sobre os protocolos de prevenção na hemoterapia, o estudo apresenta limitações inerentes ao seu escopo metodológico. A principal restrição reside na expressiva heterogeneidade dos estudos primários incluídos, que englobam metodologias variadas e refletem cenários institucionais, tecnológicos e sanitários altamente díspares. Além disso, o viés de publicação (segundo o qual inovações bem-sucedidas tendem a ser mais reportadas do que falhas sistêmicas), os critérios rígidos de elegibilidade e a indexação restrita nas bases de dados consultadas podem limitar a captura da totalidade das evidências, especialmente no que tange a eventos adversos subnotificados. Portanto, as conclusões aqui sintetizadas devem ser interpretadas sob a ótica dessas barreiras metodológicas, reconhecendo que a velocidade das inovações em biologia molecular pode ultrapassar a janela temporal da literatura consolidada.

Diante das lacunas identificadas, é fundamental que pesquisas futuras ultrapassem a análise puramente descritiva. Recomenda-se fortemente a condução de estudos de custo-efetividade e ensaios clínicos pragmáticos que avaliem o impacto direto de inovações disruptivas. É necessário mensurar os desfechos clínicos a longo prazo da implementação da genotipagem eritrocitária profilática em populações de alto risco (como as recentes abordagens de pareamento molecular em pacientes falciformes propostas por SANTOS e CASTILHO, 2025), a real eficácia das tecnologias avançadas de rastreabilidade (como o monitoramento bidirecional *vein-to-vein*)

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

na mitigação do erro humano, e o impacto na morbimortalidade após a adoção estrita das práticas de *Patient Blood Management* em diferentes ecossistemas assistenciais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A segurança transfusional contemporânea rompeu definitivamente com o modelo laboratorial puramente reativo, consolidando-se como um processo preditivo, amparado pela biologia molecular e pela vigilância contínua. As evidências sintetizadas demonstram que a excelência no ciclo do sangue ultrapassa a alta sensibilidade dos testes imuno-hematológicos convencionais. Ela exige a expertise clínico-laboratorial contínua dos profissionais, a adoção de tecnologias de rastreabilidade que blindem o sistema contra o erro humano pré-analítico e a robustez analítica da hemovigilância ativa. O fortalecimento dessa cultura multiprofissional, atrelado às premissas do *Patient Blood Management*, garante não apenas a prevenção de reações hemolíticas graves e aloimunizações, mas eleva a transfusão a seu patamar definitivo: uma terapia celular de alta precisão, administrada com absoluto rigor imunológico e estrita racionalidade clínica.

Declaração de uso de Inteligência Artificial (IA): A tecnologia de inteligência artificial Gemini 1.5 Pro foi empregada como ferramenta de suporte para estruturar o artigo e organizar o referencial teórico. A curadoria das fontes, a validação clínica das correlações e a aprovação final do conteúdo foram conduzidas exclusivamente pelos autores, que se responsabilizam plenamente pelos dados e conclusões apresentados.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. C. **Gestão do ciclo do sangue e a segurança do paciente em hemoterapia**. São Paulo: Editora Atheneu, 2026.

BARRETO, J. G. *et al.* Potencial influência do sistema ABO na aloimunização eritrocitária: uma revisão integrativa das bases genéticas e imunológicas. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 7, n. 11, e7119069, 2026. DOI: https://doi.org/10.47820/recima21.v7i11.9069.

BASAVARAJEGOWDA, A.; ZUBAIR, M.; SHASTRY, S. Pretransfusion testing. *In*: **StatPearls** [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK585033/.

BRASIL. Conselho Federal de Biomedicina. **Resolução nº 227, de 7 de maio de 2013.** Dispõe sobre as atribuições do biomédico na área da hemoterapia e bancos de sangue. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 222, 24 maio 2013.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Manual para o Sistema Nacional de Hemovigilância no Brasil**. Brasília, DF: ANVISA, 2022a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa IN nº 196, de 25 de novembro de 2022.** Institui o Manual para o Sistema Nacional de Hemovigilância no Brasil. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 nov. 2022b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 158, de 12 de setembro de 2017.** Determina o regulamento técnico das boas práticas no ciclo do sangue. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 11.685, de 2 de julho de 2026.** Redefine o conjunto de regulamentos técnicos da área de sangue e hemoterapia. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 jul. 2026.

CÉSPEDES, I. C. *et al.* Patient Blood Management Program Implementation: comprehensive recommendations and practical strategies. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 39, n. 5, e20240205, 2024. DOI: https://doi.org/10.21470/1678-9741-2024-0205.

CONTELLI, H. S. *et al.* Assessment of erythrocyte alloimmunization among patients treated at a Brazilian university hospital. **Hematology, Transfusion and Cell Therapy**, v. 46, supl. 5, p. S128-S135, nov. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.htct.2024.04.128.

DELANEY, M. *et al.* Transfusion reactions: prevention, diagnosis, and treatment. **The Lancet**, v. 388, n. 10061, p. 2825-2836, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01313-6.

DUNBAR, N. M. *et al.* ABO-mismatched platelet and plasma transfusion practices and the potential for transfusion-related alpha-gal syndrome: The Biomedical Excellence for Safer Transfusion Collaborative Study. **Transfusion**, v. 65, n. 9, p. 1621-1629, set. 2025. DOI: https://doi.org/10.1111/trf.18338.

ENTEZARI MEYBODI, M. J. *et al.* Cognitive biases in early trauma transfusions: lessons from three rare cases of acute hemolytic reaction. **Clinical Case Reports**, v. 14, n. 6, e72944, jun. 2026. DOI: https://doi.org/10.1002/ccr3.72944.

FRAZÃO, J. M. *et al.* Segurança do paciente na hemotransfusão: uma revisão bibliométrica. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e152101119363, 2021. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19363.

GOMES, M. D. S.; CUNHA, K. C. D. S. Subnotificação na hemovigilância: discrepâncias regionais entre produção hemoterápica e notificações de eventos adversos no Brasil (2020-2024). **Hematology, Transfusion and Cell Therapy**, v. 47, supl. 3, 105951, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.htct.2025.105951.

GRANDI, J. L. *et al.* Hemovigilância: a experiência da notificação de reações transfusionais em Hospital Universitário. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 52, e03331, 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/S1980-220X2017010603331.

HARMENING, D. (Ed.). **Modern blood banking & transfusion practices**. 7. ed. Philadelphia: F.A. Davis Company, 2019.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

MAFRA, A. L. A. *et al.* Genetic diversity of the RHD gene in blood donors from the Brazilian Central-West. **Hematology, Transfusion and Cell Therapy**, v. 48, n. 4, 106506, jul. 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.htct.2026.106506.

MARTINS, T. S.; NÓBREGA, J. O. T. Segurança transfusional no Brasil: dos primórdios ao NAT. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 50, n. 2, p. 123-130, 2018.

MENDOZA-RANGEL, M. F.; CAMPOS-AGUIRRE, E.; BENÍTEZ-ARVIZU, G. Eficacia de la selección del donador en un banco de sangre. **Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social**, v. 64, n. 5, e7035, set. 2026. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.21462833.

MONTANO-PEDROSO, J. C. *et al.* Consensus of the Brazilian Association of Hematology, Hemotherapy and Cellular Therapy on patient blood management. **Hematology, Transfusion and Cell Therapy**, v. 46, supl. 1, p. S1-S4, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.htct.2024.02.011.

NOBRE, D. B. *et al.* Hemovigilância e controle de riscos: desafios e estratégias para a segurança das transfusões sanguíneas. **Lumen Et Virtus**, v. 16, n. 51, e7296, 2025. DOI: https://doi.org/10.56238/levv16n51-026.

OBI, O. S. *et al.* Impact of red blood cell transfusion on clinical outcomes after cardiovascular surgery: a reconstructed time-to-event meta-analysis. **Journal of Cardiothoracic Surgery**, v. 21, n. 1, 850, jul. 2026. DOI: https://doi.org/10.1186/s13019-026-04549-0.

OLIVEIRA DA SILVA, A. *et al.* Atuação do biomédico na segurança transfusional: qualidade do ciclo do sangue e gestão de riscos em hemoterapia. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 7, n. 6, e768058, 2026. DOI: https://doi.org/10.47820/recima21.v7i6.8058.

OYEKAN, F. *et al.* Quantifying harms associated with red cell ABO incompatible blood transfusion: a systematic review of the UK SHOT literature. **Transfusion Medicine Reviews**, v. 39, n. 3, 150906, jul. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tmrv.2025.150906.

PEREIRA ROCHA, C. *et al.* Hemotransfusões e a importância da equipe de enfermagem: revisão integrativa de literatura. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 9, e493928, 2023. DOI: https://doi.org/10.47820/recima21.v4i9.3928.

PEREIRA, V.; BRUNETTA, D.; CIPOLOTTI, R. Transfusion consent in Brazil: a nationwide survey of practices and form content. **Vox Sanguinis**, v. 120, n. 12, p. 1254-1258, dez. 2025. DOI: https://doi.org/10.1111/vox.70104.

RODRIGUES PINHEIRO, A. M. *et al.* Conhecimentos sobre hemovigilância aplicada ao paciente ambulatorial: protocolo de revisão de escopo. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 11, e3112105, 2022. DOI: https://doi.org/10.47820/recima21.v3i11.2105.

SALEH, R. M. *et al.* Transfusion medicine and molecular genetic methods. **International Journal of Preventive Medicine**, v. 9, 45, 2018. DOI: https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_232_16.

SANTOS, T. D.; CASTILHO, L. Improving transfusion outcomes in sickle cell disease through extended red blood cell molecular matching. **Immunohematology**, v. 41, n. 4, p. 117-123, dez. 2025. DOI: https://doi.org/10.2478/immunohematology-2025-017.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

SILVA, L. B. R. *et al.* Hemovigilância no Brasil: uma análise dos eventos adversos relacionados à transfusão de sangue e hemoderivados. **Revista DELOS**, v. 18, n. 67, e5072, 2025. DOI: https://doi.org/10.55905/rdelosv18.n67-081.

SILVA, S.; CORREIA, A.; SILVEIRA, J. Implementação da tecnologia RFID na saúde: benefícios, desafios e aplicações em instituições hospitalares - revisão sistemática. **Proceedings of Research and Practice in Allied and Environmental Health**, v. 3, n. 2, p. 35, 2026. DOI: https://doi.org/10.26537/prpaeh.v3i2.6156.

SOBRAL, P. A. S.; GÖTTEMS, L. B. D.; SANTANA, L. A. Hemovigilância e segurança do paciente: análise de reações transfusionais imediatas em idosos. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 73, supl. 3, e20190735, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/0034-7167-2019-0735.

TAVARES, I. C. C. **Reações transfusionais**: classificação, prevenção e atuação do biomédico. São José do Rio Preto: AC&T – Academia de Ciências e Tecnologia, 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Clinical transfusion practice**: **guidelines for medical interns.** Geneva: WHO, 2018. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/WHO-EHT-10.05.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **The urgent need to implement patient blood management: policy brief.** Geneva: WHO, 2021. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240035744.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.