FARESI
FACULDADE DA REGIÃO SISALEIRA

BACHARELADO EM BIOMEDICINA

CARÉN MARIA GRIGORIO DOS SANTOS

DESAFIOS TRANSFUSIONAIS EM PACIENTES COM ANEMIA FALCIFORME POLITRANSFUNDIDOS

CONCEIÇÃO DO COITÉ-BA

2026

CARÉN MARIA GRIGORIO DOS SANTOS

DESAFIOS TRANSFUSIONAIS EM PACIENTES COM ANEMIA FALCIFORME POLITRANSFUNDIDOS

Artigo científico apresentado à Faculdade da Região Sisaleira como Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.

Orientador: Isla Costa Silva

Coorientador: Anderson Felipe Pinto Souza

CONCEIÇÃO DO COITÉ-BA
2026

Ficha Catalográfica elaborada por:
Keite Birne de Lira – Bibliotecária
CRB: 5/1953

S237 Santos, Carén Maria Grigorio dos
Desafios transfusionais em pacientes com anemia falciforme politransfundidos. / Carén Maria Grigorio dos Santos– Conceição do Coité: FARESI, 2026.
23f.;

Orientadora: Profa. Isla Costa Silva
Coorientador: Prof. Anderson Felipe Pinto Souza
Artigo cientifico (bacharel) em Biomedicina. – Faculdade da Região Sisaleira - FARESI. Conceição do Coité, 2026.

1. Anemia Falciforme. 2. Transfusão. 3. Compatibilidade sanguínea. I. Faculdade da Região Sisaleira – FARESI. II. Silva, Isla Costa. III. Souza, Anderson Felipe Pinto. IV. Título.

CDD: 616.152

CARÉN MARIA GRIGORIO DOS SANTOS

DESAFIOS TRANSFUSIONAIS EM PACIENTES COM ANEMIA FALCIFORME POLITRANSFUNDIDOS

Artigo científico apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Biomedicina, pela Faculdade da Região Sisaleira.

Aprovado em 16 de junho de 2026.

Banca Examinadora:

Anderson Felipe Pinto Souza
Isla Costa Silva
Rafael Reis Bacelar Antón



Rafael Reis Bacelar Antón
Presidente da banca examinadora
Coordenação de TCC – FARESI

Conceição do Coité – BA
2026

DESAFIOS TRANSFUSIONAIS EM PACIENTES COM ANEMIA FALCIFORME POLITRANSFUNDIDOS

Carén Maria Grigorio dos Santos [1]
Isla Costa Silva [2]
Anderson Felipe Pinto Souza [3]

RESUMO

A anemia falciforme é uma hemoglobinopatia hereditária que frequentemente requer transfusões sanguíneas repetidas como parte do tratamento de suas complicações agudas e crônicas. Entretanto, a terapia transfusional em pacientes politransfundidos está associada a importantes desafios, principalmente a aloimunização eritrocitária, que dificulta a obtenção de sangue compatível e aumenta o risco de reações transfusionais. Este estudo teve como objetivo analisar os principais desafios transfusionais em pacientes com anemia falciforme politransfundidos, destacando a importância da utilização de hemocomponentes filtrados, da fenotipagem eritrocitária e da genotipagem molecular como estratégias para aumentar a segurança transfusional. Os resultados demonstraram que a compatibilização estendida reduz significativamente o risco de aloimunização e melhora os desfechos clínicos, embora ainda existam limitações relacionadas à disponibilidade de hemocomponentes compatíveis e à diversidade genética da população. Dessa forma, conclui-se que a adoção de protocolos transfusionais individualizados é fundamental para minimizar complicações e melhorar a qualidade de vida desses pacientes.

Palavras-chave: Anemia Falciforme; Transfusão; Compatibilidade sanguínea.

ABSTRACT

Sickle cell disease is a hereditary hemoglobinopathy that often requires repeated blood transfusions as part of the treatment of its acute and chronic complications. However, transfusion therapy in multi-transfused patients is associated with significant challenges, especially erythrocyte alloimmunization, which makes it difficult to obtain compatible blood and increases the risk of transfusion reactions. This study aimed to analyze the main transfusion challenges in multi-transfused patients with sickle cell disease, highlighting the importance of using filtered blood components, erythrocyte phenotyping, and molecular genotyping as strategies to improve transfusion safety. The results demonstrated that extended matching significantly reduces the risk of alloimmunization and improves clinical outcomes, although limitations related to the availability of compatible blood components and the genetic diversity of the population still remain. Therefore, it is concluded that the adoption of individualized transfusion protocols is essential to minimize complications and improve the quality of life of these patients.

Keywords: Sickle Cell Disease; Transfusion; Blood Compatibility.

[1]Discente do curso de Bacharelado em Biomedicina da Faculdade da Região Sisaleira (FARESI). E-mail: caren.maria@faresi.edu.br.
[2]Docente dos cursos de saúde e Coordenador do curso de Biomedicina da Faculdade da Região Sisaleira (FARESI). E-mail: docente.isla.costa@faresi.edu.br.
[3]Biomédico da Agência Transfusional de Serrinha. E-mail: andersonfelipeblv@outlook.com

INTRODUÇÃO

A anemia falciforme é uma hemoglobinopatia de origem africana, decorrente da presença do gene S, que se disseminou para diferentes regiões do mundo, especialmente durante o período escravocrata, o que explica sua maior prevalência em determinadas populações. Trata-se de uma doença genética, hereditária e crônica, com possibilidades limitadas de cura, caracterizada pela alteração da forma das hemácias em condições de redução ou ausência de oxigênio, quando estas assumem o formato de foice (Ministério da Saúde, 2022). Estima-se que a condição esteja presente em cerca de 5% da população mundial, com aproximadamente 275 mil novos casos registrados anualmente, configurando-se como um relevante problema de saúde pública (Melnikof *et al.*, 2021).

A falcização das hemácias, devido a presença da hemoglobina S (HbS) prejudica o transporte adequado de oxigênio, favorecendo a ocorrência de episódios de vaso-oclusão. Na ausência de tratamento, a progressão da doença pode levar à isquemia dos tecidos, desencadeando crises de dor intensa e comprometimento funcional de órgãos como baço, cérebro, pulmões e rins (Santana *et al*., 2024).

Diante disso, para minimizar os danos causados aos pacientes com anemia falciforme, algumas terapias são adotadas, entre elas destaca-se a terapia transfusional, que permanece como uma das principais estratégias no tratamento da anemia falciforme, sendo amplamente indicada em situações clínicas graves, como prevenção de acidente vascular cerebral, síndrome torácica aguda e anemia severa. Além disso, a transfusão contribui para a redução dos níveis de hemoglobina S e melhora da oxigenação tecidual, sendo frequentemente associada a outras abordagens terapêuticas, como o uso de hidroxiureia e transplante de medula óssea, no manejo global da doença (BRASIL, 2024).

Em contrapartida, embora o fato da transfusão de sangue contribuir para a prevenção de complicações mais graves, prolongando a sobrevida dos pacientes, a terapia transfusional se depara com limitações significativas. Yawn *et al.* (2024), destacam que entre as principais complicações, evidenciam-se a sobrecarga de ferro e a aloimunização eritrocitária, especialmente em pacientes politransfundidos.

A aloimunização eritrocitária é considerada uma importante complicação da terapia transfusional, ocorrendo após a exposição do paciente a antígenos

eritrocitários não próprios, o que leva à formação de aloanticorpos e pode dificultar transfusões futuras (CRUZ *et al*., 2011).

O presente trabalho tem como objetivo analisar os principais desafios transfusionais em pacientes com anemia falciforme politransfundidos, com ênfase nas complicações associadas à terapia transfusional, bem como nas estratégias adotadas para promover maior segurança e eficácia no tratamento desses indivíduos.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo descritivo e qualitativo, conduzido por meio de uma revisão integrativa da literatura. O desenvolvimento desta revisão ocorreu em seis etapas: 1) Determinação do tema e análise dos dados; 2) Definição dos descritores de pesquisa; 3) Busca sistematizada nas bases de dados, seguida da triagem preliminar dos artigos, por meio da leitura dos títulos e resumos; 4) Leitura Integral das literaturas selecionadas, possibilitando a extração dos dados de interesse; 5) Análise crítica, interpretação e comparação dos achados. 6) Síntese e apresentação dos resultados encontrados.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados , SciELO e PubMed, reconhecidas pela relevância e abrangência na área da saúde. Para a construção da estratégia de busca, foram utilizados os descritores: anemia falciforme, transfusão sanguínea e compatibilidade sanguínea, de modo a ampliar e refinar os resultados obtidos.

Como critérios de inclusão, foram considerados estudos que abordassem diretamente a temática proposta, publicados nos idiomas português, inglês ou espanhol, no período de 2016 a 2026, e que apresentassem os descritores no título e/ou resumo. Foram excluídos artigos duplicados, estudos que não apresentavam aderência ao objetivo da pesquisa, publicações cujo conteúdo não estivesse diretamente relacionado ao tema investigado e fora do corte temporal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca inicial nas bases de dados resultou na identificação de 1.102 publicações, sendo 855 provenientes da SciELO e 247 da PubMed. Na etapa de

triagem, realizada por meio da leitura dos títulos, foram selecionados 73 estudos que apresentavam maior aderência aos descritores previamente estabelecidos. Posteriormente, procedeu-se à análise dos resumos dessas publicações, o que possibilitou a seleção de 52 artigos com alinhamento ao tema proposto. Após a remoção de duplicidades e exclusão daqueles que não atendiam integralmente aos critérios de elegibilidade, os estudos remanescentes foram submetidos à leitura completa. Ao final desse processo, 39 artigos foram considerados pertinentes e incluídos na composição desta revisão.

Em conformidade com os critérios metodológicos previamente estabelecidos, foram selecionados 10 artigos para compor a etapa de resultados e discussão deste estudo. As produções incluídas, apresentadas no Quadro 01, encontram-se organizadas em ordem alfabética e compreendem publicações no período de 2005 a 2024. Observou-se um aumento progressivo no número de estudos relacionados à terapia transfusional em pacientes com anemia falciforme, com ênfase nos indivíduos politransfundidos. Esse crescimento evidencia a relevância do tema no cenário científico atual, especialmente diante dos desafios associados às complicações transfusionais, como a aloimunização e a sobrecarga de ferro, reforçando sua importância para a prática clínica e para a saúde pública.

Quadro 01: Estudos selecionados.

Autor/ano	Título	Objetivo	Resultados
Arnoni *et al.* (2022)	*Alelos variantes do RHCE* e risco de aloimunização em brasileiros	Investigar a influência das variantes do gene RHCE no desenvolvimento de aloimunização em pacientes brasileiros submetidos a transfusões sanguíneas frequentes.	Foi observado que variantes do sistema Rh aumentavam significativamente o risco de formação de anticorpos irregulares. O estudo destacou que essas alterações dificultam a compatibilidade sanguínea em pacientes politransfundidos com anemia falciforme.

Castilho *et al*. (2023)	Efeitos da transfusão profilática de glóbulos vermelhos (GV) com compatibilidade antigênica ampliada na aloimunização em pacientes com doença falciforme (DF)	Avaliar a eficácia do pareamento eritrocitário ampliado na prevenção de aloimunização em pacientes com anemia falciforme.	O estudo aponta que a compatibilidade estendida reduziu a frequência de aloanticorpos e melhorou a segurança transfusional.
Chou *et al*. (2013)	Terapia transfusional para doença falciforme: um ato de equilíbrio	Discutir os principais desafios relacionados à terapia transfusional em pacientes com anemia falciforme.	O estudo destacou que transfusões frequentes aumentam o risco de aloimunização, reações hemolíticas tardias e dificuldade de encontrar sangue compatível. Os autores reforçaram a importância do pareamento estendido de antígenos para minimizar complicações.
Costa Neto *et al*. (2020)	O haplótipo FcγR2B B2.4 prevê um risco aumentado de aloimunização de glóbulos vermelhos em	Investigar fatores genéticos associados ao risco de aloimunização eritrocitária em pacientes com doença falciforme.	Foi observada associação entre o haplótipo FcγR2B B2.4 e maior risco de desenvolvimento de aloanticorpos. Os autores sugerem que fatores genéticos podem

	pacientes com doença falciforme.		influenciar a resposta imunológica às transfusões sanguíneas.
Dinardo *et al.* (2019)	Diversidade do fator Rh e suporte transfusional em pacientes brasileiros com doença falciforme e anticorpos Rh inexplicáveis.	Investigar a diversidade de variantes do sistema Rh em pacientes brasileiros com doença falciforme que desenvolveram anticorpos após transfusões.	O estudo demonstrou grande diversidade de variantes RH entre os pacientes, dificultando a compatibilidade sanguínea e favorecendo a aloimunização. Os autores destacaram a importância da genotipagem eritrocitária para melhorar a segurança transfusional.
Moura Neto *et al*. (2017)	O alelo *DAU* e a aloimunização anti-D apresentam alta frequência em pacientes brasileiros com doença falciforme.	Investigar a relação entre variantes do sistema Rh e a aloimunização em pacientes brasileiros com anemia falciforme.	Encontrou alta frequência do alelo DAU associada ao desenvolvimento de anticorpos anti-D após transfusões repetidas. Os autores destacaram que as variantes Rh dificultam a compatibilidade sanguínea e aumentam os riscos transfusionais em pacientes politransfundidos.
Murao e Viana (2005)	Fatores de risco para aloimunização em pacientes com doença falciforme	Identificar os principais fatores de risco para aloimunização em pacientes com anemia falciforme submetidos a	Pacientes politransfundidos apresentavam maior risco de desenvolver aloanticorpos, principalmente contra os sistemas Rh e Kell. O

		transfusões sanguíneas repetidas.	aumento do número de transfusões e da exposição a diferentes doadores dificultava a compatibilidade sanguínea e aumentava os desafios transfusionais.
SANTOS, L. A. et al. (2024)	Investigação de reações transfusionais tardias em pacientes com doença falciforme politransfundidos na Amazônia brasileira.	Investigar reações transfusionais tardias em pacientes com anemia falciforme submetidos a transfusões frequentes.	Os resultados mostraram alta frequência de aloimunização e presença de anticorpos irregulares, como anti-D, anti-E e anti-K. Também foram identificadas reações hemolíticas tardias, evidenciando a dificuldade no manejo transfusional desses pacientes.
Pessoni *et al.* (2018)	Aloimunização de glóbulos vermelhos em pacientes hospitalizados: reações transfusionais e baixa taxa de identificação de aloanticorpos.	Investigar a ocorrência de aloimunização e reações transfusionais em pacientes submetidos à transfusão sanguínea.	Foram percebidas falhas na identificação de anticorpos irregulares e ocorrência de reações hemolíticas relacionadas à incompatibilidade eritrocitária. Os achados reforçam os desafios laboratoriais e transfusionais em pacientes que recebem múltiplas transfusões.
Zanette *et al*. (2010)	Aloimunização e perfil clínico de pacientes com	Avaliar a frequência de aloimunização e o perfil clínico de	Demonstrou que a aloimunização dificultava a obtenção de bolsas

	doença falciforme de Salvador, Brasil.	pacientes com anemia falciforme submetidos a múltiplas transfusões.	compatíveis e aumentava o risco de reações transfusionais.

Fonte: Autor (2026).

ANEMIAS

A anemia é caracterizada pela redução patológica da concentração de hemoglobina no sangue, resultante de diferentes mecanismos fisiopatológicos que comprometem o transporte de oxigênio aos tecidos. Trata-se de uma condição clínica multifatorial, podendo ser classificada de acordo com critérios morfológicos, como o volume corpuscular médio das hemácias, sendo dividida em três tipos principais: microcíticas, normocíticas e macrocíticas. Além disso, pode ser classificada conforme sua etiologia, incluindo diminuição da produção eritrocitária, perdas sanguíneas ou aumento da destruição das hemácias (Barbosa *et al*., 2018). De modo geral, as anemias podem ser agrupadas em três grandes categorias fisiopatológicas: anemias por deficiência na produção de hemácias (como as anemias carenciais), anemias por perda sanguínea e anemias hemolíticas, caracterizadas pela destruição precoce dos eritrócitos (De Santis, 2019).

ANEMIAS HEMOLÍTICAS

As anemias hemolíticas caracterizam-se pela destruição precoce dos eritrócitos, levando à redução da sua vida média e a um aumento compensatório da eritropoiese. Esse grupo de anemias pode ter origem hereditária ou adquirida, incluindo alterações de membrana, defeitos enzimáticos, hemoglobinopatias e mecanismos imunológicos. Entre as hemoglobinopatias, destaca-se a anemia falciforme, uma doença genética em que a hemoglobina S sofre polimerização em condições de baixa oxigenação, resultando em deformação das hemácias, hemólise crônica e manifestações clínicas sistêmicas importantes, como anemia, crises vaso-oclusivas e lesão de órgãos (Rees *et al*., 2010).

ANEMIA FALCIFORME

A anemia falciforme configura-se como uma patologia hereditária que compromete significativamente a função dos eritrócitos, células responsáveis pelo transporte de oxigênio aos tecidos e pela remoção do dióxido de carbono proveniente do metabolismo celular. Diferentemente das condições fisiológicas, nas quais essas células apresentam formato discoide e elevada flexibilidade, na presença da doença ocorre alteração estrutural que as torna mais rígidas e aderentes, assumindo morfologia em forma de foice. Essas modificações interferem diretamente na dinâmica do fluxo sanguíneo, favorecendo a ocorrência de obstruções vasculares, episódios álgicos recorrentes e comprometimento progressivo de múltiplos órgãos (Silva *et al.*, 2018).

Do ponto de vista genético, trata-se de uma hemoglobinopatia decorrente de uma mutação no gene da cadeia beta da hemoglobina (HBB), localizado no cromossomo 11, caracterizada pela substituição do ácido glutâmico pela valina na posição 6, originando a hemoglobina S (HbS). Essa alteração confere propriedades anormais à molécula, que, em condições de baixa oxigenação, sofre polimerização, desencadeando a deformação das hemácias. A doença apresenta herança autossômica recessiva, manifestando-se principalmente em indivíduos homozigotos (HbSS), enquanto os heterozigotos (HbAS) geralmente permanecem assintomáticos, podendo apresentar manifestações apenas em situações de estresse fisiológico (Díaz-Matallana *et al*., 2021; Viloria *et al*., 2016).

A polimerização da HbS provoca rigidez celular e perda da deformabilidade das hemácias, favorecendo sua adesão ao endotélio vascular e desencadeando episódios de vaso-oclusão. Como consequência, ocorre redução do fluxo sanguíneo, levando à isquemia tecidual, inflamação crônica e hemólise contínua. Esse processo reduz a sobrevida das hemácias e resulta em um quadro de anemia hemolítica crônica. Além disso, a interação entre hemácias falcizadas, leucócitos e células endoteliais intensifica a obstrução da microcirculação, contribuindo para lesões progressivas em múltiplos órgãos (Zago e Pinto, 2007; Díaz-Matallana *et al.*, 2021).

As manifestações clínicas da doença estão diretamente relacionadas à hemólise crônica e aos episódios vaso-oclusivos. Entre os sinais e sintomas mais frequentes, destacam-se as crises dolorosas recorrentes, consideradas a principal manifestação da doença, além de fadiga, palidez, icterícia e maior predisposição a

infecções devido à asplenia funcional. Também podem ocorrer complicações como atraso no crescimento, crises aplásticas, sequestro esplênico e eventos graves, a exemplo do acidente vascular cerebral. Essas alterações podem comprometer diferentes sistemas do organismo, impactando de forma significativa a qualidade de vida, a morbidade e a mortalidade dos indivíduos acometidos (Viloria *et al.*, 2016; Borges e Santos, 2022; Oliveira *et al.*, 2017).

HEMOTRANSFUSÃO NO TRATAMENTO DA ANEMIA FALCIFORME

A terapia transfusional desempenha papel fundamental no tratamento da anemia falciforme, sendo amplamente utilizada tanto no manejo de complicações agudas quanto na prevenção de eventos crônicos associados à doença. Seu principal objetivo é aumentar a capacidade de transporte de oxigênio, reduzir a concentração de hemoglobina S circulante e melhorar a perfusão tecidual (Han *et al*., 2021). Entre as principais indicações estão o tratamento do acidente vascular cerebral (AVC) agudo e sua prevenção secundária, a síndrome torácica aguda, crises anêmicas graves, sequestro esplênico, preparo para procedimentos cirúrgicos e acompanhamento de gestações de alto risco, realização de protocolos transfusionais crônicos em pacientes com maior risco de complicações neurológicas. Além disso, muitos indivíduos necessitam de transfusões recorrentes devido à hemólise crônica característica da doença e à incapacidade da medula óssea em compensar adequadamente a destruição das hemácias, o que leva à exposição frequente a múltiplos doadores (Linder; Chou, 2021).

Apesar de seus benefícios, a terapia transfusional está associada a importantes desafios. Entre eles, destaca-se a dificuldade na obtenção de sangue compatível, especialmente devido à diversidade de antígenos eritrocitários entre doadores e receptores, o que é particularmente relevante em populações com maior variabilidade genética. Nesse contexto, a aloimunização eritrocitária configura-se como uma das principais complicações, sendo definida pela produção de anticorpos contra antígenos das hemácias transfundidas. Pacientes com anemia falciforme apresentam maior risco para esse fenômeno em decorrência das transfusões repetidas, podendo desenvolver reações hemolíticas tardias e dificuldades crescentes para futuras compatibilizações sanguíneas (Campbell-Lee *et al*., 2018; Boateng *et al*., 2019). Além disso, fatores imunológicos individuais e a expressão de

antígenos eritrocitários específicos influenciam diretamente a ocorrência da aloimunização, tornando o manejo transfusional mais complexo (Wong *et al*., 2022).

Dessa forma, embora a hemotransfusão seja fundamental na redução da morbimortalidade associada à anemia falciforme, seu uso deve ser cuidadosamente indicado e monitorado, a fim de minimizar complicações como sobrecarga de ferro, reações transfusionais e, sobretudo, a aloimunização, que representa um dos principais desafios clínicos no acompanhamento desses pacientes (Linder e Chou, 2021).

ALOIMUNIZAÇÃO EM PACIENTES COM ANEMIA FALCIFORME

A aloimunização eritrocitária corresponde à formação de anticorpos pelo sistema imunológico do receptor contra antígenos presentes nas hemácias transfundidas, os quais são reconhecidos como estranhos. Esse processo inicia-se a partir da exposição a antígenos eritrocitários não próprios, sendo necessário que haja reconhecimento antigênico, processamento e apresentação desses antígenos por moléculas do complexo principal de histocompatibilidade (HLA) às células T auxiliares, que, por sua vez, ativam linfócitos B, culminando na produção de aloanticorpos específicos. Entretanto, a simples exposição antigênica não é suficiente para desencadear a resposta imune, sendo influenciada por fatores como a imunogenicidade dos antígenos, características genéticas do indivíduo e a presença de estímulos inflamatórios que potencializam a resposta imunológica (Dinardo, 2018; Campbell-lee *et al*., 2018) .

Na anemia falciforme, a aloimunização apresenta relevância ainda maior devido à necessidade frequente de transfusões sanguíneas e ao estado inflamatório crônico característico da doença, o que favorece a ativação do sistema imune. Estudos demonstram que o risco de aloimunização aumenta proporcionalmente ao número de transfusões realizadas, além de ser influenciado por diferenças antigênicas entre doadores e receptores, especialmente em populações geneticamente distintas, dificultando a compatibilidade sanguínea adequada (Campbell-Lee *et al*., 2018; Boateng *et al*., 2019) .

A importância clínica da aloimunização está relacionada ao potencial desenvolvimento de complicações graves decorrentes da formação de aloanticorpos. Entre essas complicações, destacam-se as reações hemolíticas

tardias, caracterizadas pela destruição das hemácias transfundidas e, em determinadas situações, também das hemácias do próprio paciente. Além disso, a presença desses anticorpos dificulta a identificação de unidades sanguíneas compatíveis para transfusões futuras, o que pode retardar o tratamento e aumentar o risco de eventos adversos. Dessa forma, a aloimunização constitui um dos principais desafios da terapia transfusional, especialmente em pacientes que necessitam de transfusões recorrentes (Boateng *et al*., 2019; Campbell-Lee *et al.*, 2018).

IDENTIFICAÇÃO DE ALOANTICORPOS ATRAVÉS DA PESQUISA DE ANTICORPOS IRREGULARES

A pesquisa de anticorpos irregulares (PAI) é realizada pelo método da antiglobulina indireta (teste de Coombs indireto), com o objetivo de detectar anticorpos presentes no soro do paciente contra antígenos eritrocitários. Nessa técnica, o soro do paciente é incubado com hemácias reagentes de painel conhecido, contendo diferentes antígenos dos sistemas sanguíneos como Rh, Kell, Kidd e Duffy. Caso haja anticorpos irregulares, ocorre ligação antígeno-anticorpo durante a incubação, sendo posteriormente evidenciada pela adição do reagente de antiglobulina humana, que promove aglutinação visível. Esse método é amplamente utilizado na triagem pré-transfusional para prevenção de reações hemolíticas e aloimunização (Murao; Viana, 2005).

Quando a PAI apresenta resultado positivo, realiza-se a identificação do anticorpo irregular por meio de painéis eritrocitários com diferentes perfis antigênicos. A comparação dos padrões de reatividade permite identificar anticorpos específicos, como anti-D, anti-K ou anti-E. Após essa etapa, testes adicionais como a prova cruzada e a avaliação de compatibilidade transfusional são realizados para garantir a segurança da transfusão sanguínea, principalmente em pacientes politransfundidos, como os com doença falciforme, pois reduz significativamente o risco de reações transfusionais e aloimunização (Pessoni *et al*., 2018; Leal *et al.*, 2023).

HEMOCOMPONENTES FILTRADOS COMO ESTRATÉGIA PARA MINIMIZAR A ALOIMUNIZAÇÃO EM PACIENTES FALCÊMICOS

A leucorredução por filtração é uma estratégia transfusional que consiste na remoção de leucócitos dos hemocomponentes antes ou após o armazenamento, com o objetivo de reduzir reações imunológicas adversas. Esse processo diminui significativamente a quantidade de células leucocitárias capazes de expressar antígenos HLA e liberar citocinas inflamatórias, fatores diretamente associados ao desenvolvimento de aloimunização em pacientes politransfundidos. Em pacientes com doença falciforme, que necessitam de transfusões repetidas ao longo da vida, a utilização de concentrados de hemácias leucorreduzidos reduz a ativação imunológica e contribui para menor formação de aloanticorpos, sendo uma medida amplamente recomendada na prática transfusional moderna (Sharma e Marwaha, 2010; Dzik *et al.*, 1994).

Além disso, estudos demonstram que a remoção de leucócitos por filtros pré-transfusionais está associada à redução de aloimunização contra antígenos eritrocitários e HLA, diminuindo também a incidência de reações transfusionais febris não hemolíticas. Em pacientes com doença falciforme, essa estratégia é ainda mais relevante devido à alta taxa de exposição transfusional e maior risco de resposta imune secundária. Apesar de não eliminar totalmente o risco de aloimunização — especialmente contra antígenos do sistema Rh e Kell —, a leucorredução representa uma importante medida adjuvante na segurança transfusional e deve ser associada à fenotipagem ou genotipagem estendida para maior eficácia (Sharma e Marwaha, 2010).

FENOTIPAGEM DE HEMOCOMPONETES COMO PRINCIPAL ALTERNATIVA PARA POLITRANSFUNDIDOS SENSIBILIZADOS

A fenotipagem de hemocomponentes consiste na identificação dos antígenos eritrocitários presentes nas hemácias de doadores e receptores, além dos sistemas ABO e RhD, incluindo outros sistemas clinicamente relevantes, como Rh (C, c, E, e), Kell, Kidd, Duffy, Lewis, Luth e MNS. Esse processo tem como objetivo garantir maior compatibilidade entre o sangue transfundido e o receptor, especialmente em pacientes politransfundidos, como aqueles com anemia falciforme, que apresentam alto risco de desenvolver aloimunização. Nesses indivíduos, a repetida exposição a diferentes antígenos eritrocitários aumenta a probabilidade de reconhecimento

imunológico de estruturas não próprias, desencadeando a produção de aloanticorpos e complicações transfusionais o que reforça a necessidade de métodos que visem diminuir os riscos destas exposições. (Campbell-Lee *et al*., 2018).

O processo de fenotipagem pode ser realizado por métodos sorológicos tradicionais, baseados na utilização de anticorpos específicos para detectar a presença ou ausência de determinados antígenos na superfície das hemácias. Entretanto, em pacientes politransfundidos, esse método pode apresentar limitações importantes, uma vez que a presença de hemácias transfundidas circulantes pode interferir na interpretação dos resultados, gerando fenótipos mistos ou inconclusivos. Nesse contexto, a genotipagem molecular tem sido amplamente incorporada como ferramenta complementar, permitindo a identificação dos genes responsáveis pela expressão dos antígenos eritrocitários e possibilitando uma caracterização mais precisa do perfil antigênico do paciente (Leal *et al.*, 2023).

Com base na literatura de Santos e Castilho (2025), a importância da fenotipagem estendida reside principalmente na sua capacidade de reduzir o risco de aloimunização e melhorar os desfechos clínicos dos pacientes. Estratégias que utilizam a compatibilização ampliada de antígenos demonstram diminuição significativa na formação de aloanticorpos, especialmente quando incluem sistemas além do ABO e RhD, como Kell, Duffy e Kidd. Além disso, a utilização de técnicas de genotipagem permite identificar variantes genéticas, como alelos do sistema Rh, que não são detectados pelos métodos sorológicos convencionais, contribuindo para uma compatibilidade mais precisa e segura.

Apesar dos avanços na implementação da fenotipagem e da genotipagem eritrocitária, ainda existem importantes desafios para sua aplicação em larga escala. Entre as principais dificuldades, destacam-se a obtenção de bolsas de sangue com compatibilidade estendida, especialmente em populações com elevada diversidade genética, a baixa captação de doadores e as limitações técnicas dos métodos sorológicos. Além disso, discrepâncias entre genótipo e fenótipo, bem como a presença de variantes raras de antígenos eritrocitários, podem comprometer a segurança transfusional. Estudos demonstram que divergências entre resultados sorológicos e moleculares podem ocorrer em parcela significativa dos pacientes,

aumentando o risco de incompatibilidades não detectadas e de reações transfusionais (Santos e Castilho, 2025).

Outros fatores também dificultam a adequada seleção de hemocomponentes compatíveis, como a realização de transfusões em diferentes serviços de saúde, a ausência de histórico transfusional completo e a idade avançada dos pacientes, aspectos que comprometem a rastreabilidade transfusional. Mesmo com a adoção de estratégias de compatibilização ampliada, a aloimunização ainda pode ocorrer, principalmente devido à presença de antígenos de baixa frequência ou de variantes genéticas não identificadas pelos testes convencionais (Castilho *et al.*, 2018).

Os impactos clínicos da fenotipagem adequada são significativos, incluindo a redução da incidência de aloimunização, menor ocorrência de reações hemolíticas tardias, melhor sobrevida das hemácias transfundidas e diminuição da necessidade de transfusões frequentes. Além disso, a compatibilização mais precisa contribui para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes, reduzindo complicações e facilitando o manejo terapêutico a longo prazo. Por outro lado, a ausência de fenotipagem adequada pode levar a um ciclo progressivo de formação de anticorpos, dificultando cada vez mais a obtenção de sangue compatível e aumentando o risco de eventos adversos graves (Zheng *et al.*, 2023).

CONCLUSÃO

A anemia falciforme é uma importante hemoglobinopatia hereditária e um relevante problema de saúde pública devido às suas múltiplas complicações clínicas e elevada morbimortalidade. Nesse contexto, a terapia transfusional desempenha papel essencial no controle de complicações agudas, na prevenção de danos crônicos e na melhoria da qualidade de vida dos pacientes. No entanto, indivíduos politransfundidos apresentam maior risco de complicações transfusionais, principalmente aloimunização eritrocitária, dificuldade na obtenção de sangue compatível, reações transfusionais e sobrecarga de ferro, tornando o manejo clínico mais complexo. Dessa forma, estratégias como o uso de hemocomponentes filtrados, a fenotipagem eritrocitária estendida e a genotipagem molecular mostram-se fundamentais para aumentar a segurança transfusional, reduzir incompatibilidades e minimizar a formação de aloanticorpos. Apesar dos avanços da medicina transfusional, ainda existem limitações relacionadas à disponibilidade de

hemocomponentes compatíveis, à diversidade genética da população e às dificuldades técnicas dos métodos sorológicos e moleculares. Além disso, a escassez de estudos brasileiros recentes sobre os desafios transfusionais em pacientes com anemia falciforme reforça a necessidade de novas pesquisas e da ampliação do acesso a métodos avançados de compatibilização sanguínea, visando maior segurança transfusional e melhores desfechos clínicos.

REFERÊNCIAS

ARNONI, C. P. *et al*. **RHCE variant alleles and risk of alloimmunization in Brazilians.** Immunohematology, v. 38, n. 4, p. 123–129, 2022. DOI: 10.21307/immunohematology-2022-054.

AYALA VILORIA, A. J. *et al*. **Anemia de células falciformes: una revisión.** Revista Colombiana, 2016. Disponível em: https://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-55522016000300014. Acesso em: 05 maio 2026.

BARBOSA, D. L. *et al*. **Prevalência e caracterização da anemia em idosos**. Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia, 2018.

BARCELLINI, W.; FATTIZZO, B. **The changing landscape of autoimmune hemolytic anemia**. Frontiers in Immunology, v. 11, p. 946, 2020. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32655543/. Acesso em: 05 maio 2026.

BOATENG, L. A. *et al*. **Red blood cell alloimmunization in transfused patients with sickle cell disease.** Transfusion Medicine Reviews, 2019. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31345590/. Acesso em: 05 maio 2026.

BORGES, A. P. O.; SANTOS, K. A. **Anemia: anemia falciforme. Anais do UNIC – Congresso Regional de Práticas Investigativas,** v. 5, n. 1, 2022.

BRASIL. **Updating the Brazilian clinical practice guidelines for sickle cell disease. Hematology, Transfusion and Cell Therapy,** 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/htct/a/34sb9YZD4YLjj3KLndkJLvx/. Acesso em: 06 abr. 2026.

CAMPBELL-LEE, S. A. *et al*. **Red blood cell alloimmunization in sickle cell disease.** Transfusion, 2018. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29570817/. Acesso em: 05 maio 2026.

CAPPELLINI, M. D.; MUSALLAM, K. M.; TAHER, A. T. **Iron deficiency anaemia revisited. Journal of Internal Medicine**, v. 287, n. 2, p. 153–170, 2020. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31665543/. Acesso em: 05 maio 2026.

CASTILHO, L. *et al*. **Optimized antigen-matched in sickle cell disease patients**. 2018. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6158589/.

CHOU, S. T. **Transfusion therapy for sickle cell disease: a balancing act. Hematology American Society of Hematology Education Program**, v. 2013, n. 1, p. 439–446, 2013. DOI: 10.1182/asheducation-2013.1.439.

COSTA NETO, A. *et al*. FcγR2B B2.4 **haplotype predicts increased risk of red blood cell alloimmunization in sickle cell disease patients.** Transfusion, v. 60, n. 7, p. 1573–1578, 2020.

CRUZ, R. O. *et al*. **Incidência de aloimunização eritrocitária em pacientes poli transfundidos.** Einstein (São Paulo), São Paulo, v. 9, n. 2, p. 173–178, 2011.

DE SANTIS, G. C. **Anemia: definição, fisiopatologia e classificação.** Revista de Medicina de Ribeirão Preto, 2019.

DÍAZ-MATALLANA, M. *et al.* **Anemia falciforme: una revisión sobre el genotipo de la enfermedad, haplotipos, diagnóstico y estudios asociados.** Revista Médica de Chile, 2021. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0034-98872021000901322. Acesso em: 05 maio 2026.

DINARDO, C. L. **Red blood cell alloantibodies and autoantibodies: different presentation, same physiopathology. Hematology, Transfusion and Cell Therapy,** 2018. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30057979/. Acesso em: 05 maio 2026.

DINARDO, C. L. *et al*. **Diversity of RH and transfusion support in Brazilian sickle cell disease patients with unexplained Rh antibodies. Transfusion,** v. 59, n. 10, p. 3228–3235, 2019.

DZIK, S. *et al*. **HLA antigens on leukocyte fragments and plasma proteins: prestorage leukoreduction by filtration. Vox Sanguinis**, v. 66, n. 2, p. 104–111, 1994. DOI: 10.1111/j.1423-0410.1994.tb00290.x.

HAN, H.; HENSCH, L.; TUBMAN, V. N. **Indications for transfusion in the management of sickle cell disease.** Hematology, 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34889416/. Acesso em: 05 maio 2026.

LEAL, G. N. *et al*. **Effects of prophylactic RBC transfusion with extended antigen matching on alloimmunization in patients with SCD**. PubMed, 2023.

LEAL, I. *et al*. **Effects of prophylactic red blood cell transfusion with extended antigen matching on alloimmunization in patients with sickle cell disease.** Transfusion and Apheresis Science, v. 62, n. 6, p. 103813, 2023. DOI: 10.1016/j.transci.2023.103813.

LINDER, G. E.; CHOU, S. T. **Red cell transfusion and alloimmunization in sickle cell disease**. Haematologica, 2021.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Doença falciforme: diretrizes básicas da linha de cuidado**. Brasília: Ministério da Saúde, 2022.

MOURA NETO, J. P. *et al*. **The DAU Allele and Anti-D Alloimmunization Present With High Frequency in Brazilian Sickle Cell Disease Patients.** PubMed, 2017.

MURAO, M.; VIANA, M. B. **Risk factors for alloimmunization by patients with sickle cell disease. Brazilian Journal of Medical and Biological Research,** v. 38, n. 5, p. 675–682, 2005. DOI: 10.1590/S0100-879X2005000500004.

OLIVEIRA, M. S. *et al*. **Investigation of Delayed Transfusion Reactions in Sickle Cell Disease Patients Polytransfused in the Brazilian Amazon**. PubMed, 2024.

PESSONI, L. L. *et al*. **Red blood cell alloimmunization among hospitalized patients: transfusion reactions and low alloantibody identification rate. Hematology, Transfusion and Cell Therapy**, v. 40, n. 4, p. 326–331, 2018. DOI: 10.1016/j.htct.2018.04.001.

PIEL, F. B.; STEINBERG, M. H.; REES, D. C. **Sickle cell disease. New England Journal of Medicine,** v. 376, n. 16, p. 1561–1573, 2017. DOI: 10.1056/NEJMra1510865.

REES, D. C.; WILLIAMS, T. N.; GLADWIN, M. T. **Sickle-cell disease. The Lancet, v**. 376, n. 9757, p. 2018–2031, 2010. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)61029-X.

SANTANA, R. C. *et al.* **Tecnologias educacionais para autocuidado de crianças com anemia falciforme: revisão integrativa. Cogitare Enfermagem**, v. 29, 2024.

SANTOS, T. D.; CASTILHO, L. **Improving transfusion outcomes in sickle cell disease through extended red blood cell molecular matching. Immunohematology,** 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41511045/.

SECRETARIA MUNICIPAL DA SAÚDE DE SÃO PAULO. **Linha de cuidados em doença falciforme na atenção básica**. São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/saude/Manual_Anemia_Falciforme3_14_5_2021.pdf.

SHARMA, R. R.; MARWAHA, N. **Leukoreduced blood components: advantages and strategies for its implementation in developing countries. Asian Journal of Transfusion Science**, v. 4, n. 1, p. 3–8, 2010. DOI: 10.4103/0973-6247.59384.

SILVA, A. P. et al. **Características socioeconômicas e nutricionais de crianças e adolescentes com anemia falciforme.** Revista Paulista de Pediatria, 2018.

WONG, K. *et al.* **HLA Class II regulation of immune response in sickle cell disease. Vox Sanguinis**, 2022. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36102140/. Acesso em: 05 maio 2026.

YAWN, B. P. et al. **Management of sickle cell disease: 2024 update. Journal of Clinical Medicine**, 2024.

ZAGO, M. A.; PINTO, A. C. S. **Fisiopatologia das doenças falciformes: da mutação genética à influência de múltiplos órgãos. Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, 2007. Disponível em: https://repositorio.usp.br/item/001689593. Acesso em: 05 maio 2026.

ZANETTE, D. L. *et al*. **Alloimmunization and Clinical Profile of Sickle Cell Disease Patients from Salvador-Brazil.** PubMed, 2010.

ZHENG, Y. *et al.* **Proinflammatory state promotes red blood cell alloimmunization. Blood Advances**, 2023. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37023228/.