



AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE PROTOCOLOS DE TRANSFUÇÃO MACIÇA COM MAIOR RAZÃO DE PLASMA E PLAQUETAS EM VÍTIMAS DE TRAUMA NO AMBIENTE PRÉ-HOSPITALAR TÁTICO

ASSESSMENT OF THE IMPLEMENTATION OF MASSIVE TRANSFUSION PROTOCOLS WITH A HIGHER RATIO OF PLASMA AND PLATELETS IN TRAUMA VICTIMS IN THE TACTICAL PRE-HOSPITAL ENVIRONMENT

EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PROTOCOLOS DE TRANSFUSIÓN MASIVA CON MAYOR PROPORCIÓN DE PLASMA Y PLAQUETAS EN VÍCTIMAS DE TRAUMA EN EL ENTORNO PREHOSPITALARIO TÁCTICO

Ana Luisa Lacerda Oliveira¹, Artur Santos Kumaira², Nayla Santos Attoni³, Mariana Deschamps Vilela⁴, Ana Carolina Cruz Nogueira⁵, Fernanda de Assis Marquez⁶, Felipe de Sá Benício⁷, Gabriela Guerra Falcão⁸, Isabela Gontijo⁹, João Lucas Campos Nunes Hübner¹⁰, Rayna Gardoni Lopes Martins de Brito¹¹, Rafaela Salvi e Souza¹², Arthur Rodrigues de Senna e Silva¹³, Verônica Cecília Silva¹⁴, Fábio Vinícius Rocha¹⁵

DOI: 10.54899/dcs.v23i86.4557

¹ Graduanda em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: analulacerda@gmail.com

² Graduando em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: arturskumaira@gmail.com

³ Graduanda em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: naylasattoni@gmail.com

⁴ Graduanda em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: marideschampsvilela@gmail.com

⁵ Graduanda em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: acnc12nogueira@gmail.com

⁶ Graduanda em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: fefemarquez2010@hotmail.com

⁷ Graduando em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: f3lp04@gmail.com

⁸ Graduanda em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: gabigfalcao@gmail.com

⁹ Graduanda em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: isabelagontijo9@gmail.com

¹⁰ Graduando em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: joaohubnercampos@gmail.com

¹¹ Graduanda em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: raynamabrito@yahoo.com.br

¹² Graduanda em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: rafasalvi579@gmail.com

¹³ Graduando em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: arthursennas@icloud.com

¹⁴ Graduanda em Medicina, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: veronicaceciliamed@gmail.com

¹⁵ Graduado em Medicina, Universidade Federal do Pampa - (UNIPAMPA), Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: fabio.vrocha@hotmail.com

Recibido: 26/12/2025 | Aceptado: 28/12/2025 | Publicación en línea: 03/01/2026.

RESUMO

Introdução: O trauma é uma causa global de mortalidade, com hemorragia responsável por aproximadamente 40% das mortes. A coagulopatia induzida por trauma (CIT) afeta 25-35% dos pacientes, exigindo intervenções precoces. **Objetivo:** Avaliar a implementação de Protocolos de Transfusão Maciça (PTM) com maiores proporções de plasma e plaquetas no ambiente pré-hospitalar tático, caracterizando práticas, analisando desfechos, identificando barreiras e facilitadores, e propondo recomendações. **Metodologia:** Revisão narrativa da literatura com busca no PubMed/MEDLINE. De 585 artigos identificados, 26 foram filtrados por meta-análises, ensaios clínicos randomizados e revisões dos últimos 5 anos; 18 artigos foram selecionados para análise final com base na relevância e qualidade. **Resultados:** As práticas atuais demonstram o predomínio do sangue total e plasma liofilizado em cenários táticos. Critérios de ativação incluem pressão arterial ≤ 90 mmHg e lactato ≥ 3 mmol/L. Proporções elevadas (1:1:1) reduzem a mortalidade em subgrupos específicos quando administradas nas primeiras 6 horas, corrigindo a CIT. As barreiras principais são a logística complexa e a variabilidade na aderência. Os facilitadores incluem o plasma líquido (vida útil de 26 dias) e testes viscoelásticos point-of-care (TEG/ROTEM). **Conclusão:** A implementação de PTMs com altas proporções é viável e benéfica, exigindo sistemas integrados com protocolos claros, produtos adequados e monitoramento preciso. Recomenda-se a otimização da seleção de pacientes, a padronização de desfechos e programas contínuos de qualidade.

Palavras-chave: Transfusão Maciça. Atendimento Pré-hospitalar. Trauma Hemorrágico. Coagulopatia Induzida por Trauma.

ABSTRACT

Introduction: Trauma is a global cause of mortality, with hemorrhage accounting for approximately 40% of deaths. Trauma-Induced Coagulopathy (TIC) affects 25-35% of patients, requiring early intervention. **Objective:** To assess the implementation of Massive Transfusion Protocols (MTPs) with higher ratios of plasma and platelets in the tactical pre-hospital environment, characterizing practices, analyzing outcomes, identifying barriers and facilitators, and proposing recommendations. **Methodology:** Narrative literature review with a search in PubMed/MEDLINE. From 585 identified articles, 26 were filtered for meta-analyses, randomized clinical trials, and reviews from the last 5 years; 18 articles were selected for final analysis based on relevance and quality. **Results:** Current practices show the predominance of whole blood and lyophilized plasma in tactical scenarios. Activation criteria include blood pressure ≤ 90 mmHg and lactate ≥ 3 mmol/L. High ratios (1:1:1) reduce mortality in specific subgroups when administered within the first 6 hours, correcting TIC. Main barriers are complex logistics and variability in adherence. Facilitators include liquid plasma (26-day shelf life) and point-of-care viscoelastic tests (TEG/ROTEM). **Conclusion:** The implementation of MTPs with high ratios is feasible and beneficial, requiring integrated systems with clear protocols, suitable products, and precise monitoring. Optimization of patient selection, outcome standardization, and continuous quality programs are recommended.

Keywords: Massive Transfusion. Pre-hospital Management. Hemorrhagic Trauma. Trauma-induced Coagulopathy.

RESUMEN

Introducción: El trauma es una causa global de mortalidad, con hemorragia responsable de aproximadamente el 40% de las muertes. La Coagulopatía Inducida por Trauma (CIT) afecta al 25-35% de los pacientes, requiriendo intervención temprana. **Objetivo:** Evaluar la implementación de Protocolos de Transfusión Masiva (PTM) con mayores proporciones de plasma y plaquetas en el entorno táctico prehospitalario, caracterizando prácticas, analizando resultados, identificando barreras y facilitadores, y proponiendo recomendaciones. **Metodología:** Revisión narrativa de la literatura con búsqueda en PubMed/MEDLINE. De 585 artículos identificados, 26 fueron filtrados por meta-análisis, ensayos clínicos aleatorizados y revisiones de los últimos 5 años; 18 artículos fueron seleccionados para el análisis final basado en relevancia y calidad. **Resultados:** Las prácticas actuales demuestran el predominio de la sangre total y el plasma liofilizado en escenarios tácticos. Los criterios de activación incluyen presión arterial ≤ 90 mmHg y lactato ≥ 3 mmol/L. Las proporciones elevadas (1:1:1) reducen la mortalidad en subgrupos específicos cuando se administran en las primeras 6 horas, corrigiendo la CIT. Las principales barreras son la logística compleja y la variabilidad en la adherencia. Los facilitadores incluyen plasma líquido (vida útil de 26 días) y pruebas viscoelásticas point-of-care (TEG/ROTEM). **Conclusión:** La implementación de PTM con altas proporciones es viable y beneficiosa, requiriendo sistemas integrados con protocolos claros, productos adecuados y monitoreo preciso. Se recomienda la optimización de la selección de pacientes, la estandarización de resultados y programas continuos de calidad.

Palabras clave: Transfusión Masiva. Gestión Prehospitalaria. Trauma Hemorrágico. Coagulopatía Inducida por Trauma.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

O trauma representa uma das principais causas de mortalidade global, sendo a hemorragia não controlada responsável por aproximadamente 40% das mortes relacionadas a lesões traumáticas (Canton et al., 2021; Roehl & Grottke, 2021). A coagulopatia induzida por trauma (CIT) constitui uma condição fisiopatológica complexa que se desenvolve em até 25-35% dos pacientes traumatizados no momento da admissão hospitalar, agravando significativamente o prognóstico desses indivíduos (Roehl & Grottke, 2021). Esta condição, caracterizada pela tríade letal de coagulopatia, hipotermia e acidose, demanda intervenções terapêuticas precoces e agressivas para sua prevenção e reversão (Van Der Horst et al., 2023).

Nas últimas duas décadas, observou-se uma transformação paradigmática na abordagem da ressuscitação do paciente traumatizado. O modelo tradicional, fundamentado primariamente

na administração de cristaloides e de concentrados de hemácias, cedeu espaço para estratégias que minimizam o uso de cristaloides e enfatizam a transfusão balanceada de hemocomponentes o mais precocemente possível após a lesão, abordagem comumente denominada ressuscitação de controle de danos (Pusateri et al., 2025). Esta mudança conceitual foi substancialmente influenciada pela experiência militar em conflitos recentes, que demonstrou os benefícios da transfusão sanguínea pré-hospitalar e da ressuscitação remota de controle de danos, como intervenções que proporcionam benefícios de sobrevivência (Rangrass, 2022).

Os protocolos de transfusão maciça (PTM) constituem diretrizes institucionais desenvolvidas para otimizar a administração de hemocomponentes em pacientes com hemorragia grave. A definição de transfusão maciça varia entre instituições, sendo comumente caracterizada como a administração de 10 ou mais unidades de concentrado de hemácias em 24 horas, ou alternativamente, como a transfusão de pelo menos 3 unidades de concentrado de hemácias dentro da primeira hora de admissão (Bouzat et al., 2023; Qiao et al., 2021). A ativação destes protocolos tipicamente ocorre quando os pacientes apresentam pressão arterial sistólica igual ou inferior a 90 mmHg, frequência cardíaca superior a 120 batimentos por minuto, exame FAST positivo, instabilidade hemodinâmica persistente e sangramento ativo (Qiao et al., 2021).

A utilização balanceada de hemocomponentes em proporção 1:1:1 (plasma:plaquetas:hemácias) demonstrou ser uma estratégia terapêutica eficaz na prevenção e mitigação da CIT, resultando na redução da mortalidade relacionada à hemorragia traumática (Van Der Horst et al., 2023). Em diversos países, a transfusão precoce com proporções de componentes sanguíneos de 1:1 (plasma:hemácias), 1:2, ou 1:1:1 (plasma:plaquetas:hemácias), com ou sem adjuvantes como concentrados de fatores ou ácido tranexâmico, tornou-se o padrão de cuidado para transfusão intra-hospitalar após hemorragia traumática Pusateri et al. (2025). Múltiplos estudos demonstraram diminuição da mortalidade com proporções mais elevadas de plasma ou plaquetas em relação às hemácias, particularmente quando administradas nas primeiras 6 horas, resultando em menores volumes totais de transfusão devido à correção precoce da coagulopatia do trauma e à mitigação da lesão endotelial (Ladhani et al., 2021).

O manejo pré-hospitalar do paciente traumatizado evoluiu consideravelmente nas últimas décadas (Rangrass, 2022). A administração pré-hospitalar de sangue e plasma representa uma extensão emergente do conceito de ressuscitação de controle de danos no cenário civil (Roehl & Grottke, 2021). O ensaio PROPPR reportou diminuição da mortalidade relacionada ao trauma e falência multiorgânica para cada redução de 15 minutos no tempo até o controle do sangramento

e da coagulação Roehl & Grottke (2021), evidenciando a importância crítica da intervenção precoce.

Contudo, em ambientes austeros militares e táticos, a utilização balanceada de hemocomponentes em proporção 1:1:1 apresenta desafios significativos devido à disponibilidade limitada de produtos sanguíneos, particularmente plasma e plaquetas (Van Der Horst et al., 2023). Reconhecendo as barreiras na implementação de programas de transfusão sanguínea pré-hospitalar relacionadas ao suprimento de sangue e custos, alternativas como o plasma líquido têm sido advogadas para adoção pelos serviços médicos de emergência (Rajesh et al., 2025).

Estudos recentes avaliaram a eficácia e segurança da transfusão pré-hospitalar de plasma em pacientes em risco de choque hemorrágico. O ensaio clínico randomizado multicêntrico de Jost et al., incluindo 150 pacientes traumatizados tratados em ambiente pré-hospitalar, comparou a transfusão de plasma liofilizado ao cuidado padrão com solução salina. Similarmente, o ensaio RePHILL avaliou o uso de hemácias pré-hospitalares e de plasma liofilizado na ressuscitação de trauma em pacientes adultos com hipotensão presumivelmente devida a choque hemorrágico (Hamed et al., 2024).

Apesar dos avanços significativos na compreensão da ressuscitação hemostática e dos benefícios demonstrados das proporções elevadas de plasma e plaquetas no ambiente hospitalar, persistem lacunas importantes no conhecimento científico. A transfusão de plasma é recomendada como intervenção inicial na maioria dos protocolos de hemorragia maior para ressuscitação de trauma; entretanto, com a disponibilidade de novos componentes sanguíneos, agentes terapêuticos e investigações para coagulopatia, os benefícios marginais de proporções elevadas de plasma em relação às hemácias permanecem incertos (Mitra et al., 2025).

Testes viscoelásticos como tromboelastografia (TEG) e tromboelastometria rotacional (ROTEM) predizem transfusão maciça e coagulopatia em desenvolvimento mais precocemente do que os testes convencionais de coagulação, dentro de 15 minutos, utilizando testes rápidos (Brill et al., 2021). Estas ferramentas podem guiar a ressuscitação após trauma e direcionar a transfusão precoce de plasma fresco congelado quando a avaliação clínica não ativa um protocolo de transfusão maciça (Brill et al., 2021). No entanto, sua aplicabilidade e integração nos PTM em ambiente tático pré-hospitalar requerem investigação adicional.

O presente estudo tem como objetivo principal avaliar a implementação de protocolos de transfusão maciça, com proporções mais elevadas de plasma e plaquetas, em vítimas de trauma no ambiente tático pré-hospitalar. Especificamente, busca-se: (1) caracterizar as práticas atuais

de implementação de PTM em cenários táticos; (2) analisar os desfechos clínicos associados à utilização de proporções elevadas de hemocomponentes; (3) identificar barreiras e facilitadores para a implementação efetiva destes protocolos; e (4) propor recomendações baseadas em evidências para otimização da ressuscitação hemostática pré-hospitalar.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura. A busca foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE utilizando a seguinte estratégia de busca:

("Massive Transfusion"[Mesh] OR "Blood Transfusion"[Mesh] OR "Transfusion Reaction"[Mesh] OR massive transfusion protocol*[tiab] OR MTP[tiab] OR balanced transfusion[tiab] OR damage control resuscitation[tiab] OR 1:1:1 transfusion[tiab]) AND ("Blood Component Transfusion"[Mesh] OR "Plasma"[Mesh] OR "Platelet Transfusion"[Mesh] OR plasma ratio[tiab] OR platelet ratio[tiab] OR high plasma[tiab] OR fresh frozen plasma[tiab] OR FFP[tiab]) AND ("Emergency Medical Services"[Mesh] OR "Ambulances"[Mesh] OR "Prehospital Care"[Mesh] OR prehospital[tiab] OR pre-hospital[tiab] OR tactical[tiab] OR battlefield[tiab] OR combat[tiab] OR air ambulance*[tiab] OR helicopter emergency medical service*[tiab]) AND ("Wounds and Injuries"[Mesh] OR "Trauma Centers"[Mesh] OR trauma[tiab] OR hemorrhagic shock[tiab] OR severe injury[tiab] OR penetrating trauma[tiab] OR blunt trauma[tiab])

Inicialmente, foram identificados 585 artigos. Para refinar os resultados e garantir maior relevância e qualidade metodológica, após a aplicação dos filtros para meta-análises, ensaios clínicos randomizados, revisões e revisões sistemáticas, realizados em humanos, nos últimos 5 anos, resultaram 26 artigos.

Desses, 18 artigos foram selecionados e utilizados na presente análise, com base na aderência ao tema, na qualidade metodológica e na relevância para os objetivos da revisão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização das Práticas Atuais de Implementação de Protocolos de Transfusão Maciça em Cenários Táticos

Evolução Paradigmática da Ressuscitação em Trauma

A implementação de protocolos de transfusão maciça (PTM) em cenários táticos pré-hospitalares representa uma das transformações mais significativas na medicina de emergência nas últimas duas décadas. Observou-se uma transição fundamental da ressuscitação, baseada primariamente em cristaloides e concentrados de hemácias, para estratégias que minimizam cristaloides e enfatizam componentes sanguíneos, para alcançar uma transfusão balanceada o mais precocemente possível após a lesão, abordagem comumente denominada ressuscitação de controle de danos (Pusateri et al., 2025). Esta mudança paradigmática foi substancialmente influenciada pela experiência militar em conflitos recentes, que demonstrou os benefícios da transfusão sanguínea pré-hospitalar como intervenção que proporciona benefício de sobrevivência (Rangrass, 2022).

Em muitos países, a transfusão precoce com proporções de componentes sanguíneos de 1:1 (plasma:hemácias), 1:2 ou 1:1:1 (plasma:plaquetas:hemácias), com ou sem adjuvantes como concentrados de fatores ou ácido tranexâmico, tornou-se o padrão de cuidado para transfusão intra-hospitalar após hemorragia traumática (Pusateri et al., 2025). Esta padronização reflete o reconhecimento de que a utilização balanceada de produtos sanguíneos constitui uma estratégia terapêutica eficaz na prevenção e mitigação da coagulopatia induzida por trauma (CIT), resultando em redução da mortalidade relacionada à hemorragia traumática (Van Der Horst et al., 2023).

Definições Operacionais e Critérios de Ativação

Definições de Transfusão Maciça

A caracterização precisa das práticas atuais requer compreensão das definições operacionais utilizadas. A definição de transfusão maciça varia entre instituições, sendo

comumente caracterizada como a administração de 10 ou mais unidades de concentrado de hemácias em 24 horas (Qiao et al., 2021). Alternativamente, uma definição mais pertinente ao trauma agudo e hemorragia sugere a utilização de 10 ou mais unidades de concentrado de hemácias administradas desde o departamento de emergência até a admissão na unidade de terapia intensiva, incluindo uso durante intervenção cirúrgica imediata (Qiao et al., 2021).

O ensaio PROCOAG estabeleceu critérios mais específicos, definindo pacientes em risco de transfusão maciça como aqueles que receberam transfusão de pelo menos 1 unidade de concentrado de hemácias durante o cuidado pré-hospitalar ou dentro de 1 hora da admissão, associado a um escore ABC (Assessment of Blood Consumption) de pelo menos 2 ou avaliação clínica do médico assistente indicando risco de transfusão maciça (Bouzat et al., 2023). A transfusão maciça propriamente dita foi definida como a administração de pelo menos 3 unidades de concentrado de hemácias no momento da admissão ou de pelo menos 10 unidades nas primeiras 24 horas (Bouzat et al., 2023).

Critérios Clínicos de Ativação

A ativação dos PTM em cenários táticos segue parâmetros clínicos bem estabelecidos. A ativação tipicamente ocorre quando os pacientes apresentam pressão arterial sistólica igual ou inferior a 90 mmHg, frequência cardíaca superior a 120 batimentos por minuto, exame FAST positivo, instabilidade hemodinâmica persistente e sangramento ativo (Qiao et al., 2021). Adicionalmente, o risco de coagulopatia é considerado elevado quando há observação inicial de pressão arterial sistólica inferior a 70 mmHg ou índice de choque (calculado como frequência cardíaca dividida pela pressão arterial sistólica) superior a 1,1 (Jost et al., 2022).

A coagulopatia traumática aguda é definida como PTr (tempo de protrombina/valor de referência normal do laboratório) superior a 1,2, enquanto a coagulopatia traumática aguda grave é definida como PTr superior a 1,5 (Bouzat et al., 2023). Estes parâmetros laboratoriais complementam a avaliação clínica na determinação da necessidade de ativação do protocolo.

Importância da Ativação Precoce

A literatura demonstra a importância crítica da ativação precoce dos PTM. Em estudo multicêntrico incluindo 12 centros de trauma Nível I nos Estados Unidos, cada minuto de atraso

na ativação de um protocolo de transfusão maciça foi associado a um aumento incremental de 5% na mortalidade (Brill et al., 2021). Este achado ressalta a necessidade de sistemas de triagem eficientes e de critérios de ativação claramente definidos em cenários táticos.

Produtos Sanguíneos Utilizados em Cenários Táticos

Sangue Total

Em ambientes táticos, a utilização de sangue total tem ganhado destaque como alternativa aos componentes fracionados. A administração de sangue total iniciada no ambiente pré-hospitalar pode melhorar a gravidade precoce do choque, a coagulopatia e a sobrevivência quando comparada aos fluidos tradicionais de ressuscitação, como cristaloides ou terapia com componentes (Rangrass, 2022). Estudos *in vitro* demonstraram que, embora o conteúdo plaquetário do sangue total armazenado diminua, as plaquetas mantêm suas características de coagulação *in vitro* quando armazenadas a 4 °C por 14 dias em sangue total (Van Der Horst et al., 2023).

Como o sangue total é um produto único contendo todos os componentes necessários, pode ser utilizado para implementar uma política de transfusão 1:1:1 também em cenários pré-hospitalares com capacidade limitada de armazenamento a 2 °C–6 °C (Van Der Horst et al., 2023). Reconhecendo esta vantagem logística, o Comitê de Cuidados de Combate Tático do Sistema de Trauma Conjunto Militar (Military JTS Committee on Tactical Combat Casualty Care) adotou o sangue total armazenado a frio como produto principal de transfusão em 2021 (Van Der Horst et al., 2023).

Plasma Liofilizado

O plasma liofilizado emergiu como alternativa viável para cenários táticos com limitações logísticas significativas. Ensaio clínico randomizado multicêntrico avaliaram a transfusão pré-hospitalar de plasma liofilizado em pacientes traumatizados com alto risco de choque hemorrágico e coagulopatia associada (Jost et al., 2022). Os desfechos avaliados incluíram a necessidade de transfusão maciça de sangue predefinida como transfusão de mais de 10 unidades de hemácias dentro de 24 horas após a lesão, e a necessidade de transfusões hospitalares de

componentes sanguíneos em pontos temporais precoces (6-24 horas) (Jost et al., 2022).

Plasma Líquido

O plasma líquido tem sido defendido como alternativa prática ao sangue total para a ressuscitação pré-hospitalar de trauma. Esta revisão avalia alternativas baseadas em plasma, particularmente o plasma líquido, como modalidade terapêutica viável e custo-efetiva (Rajesh et al., 2025). O plasma líquido oferece vida útil refrigerada de 26 dias, em comparação com o limite de 5 dias do plasma fresco congelado descongelado, eliminando os desafios associados ao congelamento e descongelamento, enquanto mantém a eficácia clínica (Rajesh et al., 2025). Análises econômicas preliminares ressaltam as vantagens do plasma líquido, demonstrando redução de desperdício e menores custos em comparação ao sangue total, especialmente quando em parceria com um sistema hospitalar (Rajesh et al., 2025).

Parâmetros de Monitoramento e Triage

Lactato Pré-Hospitalar

O lactato pré-hospitalar demonstrou ser um preditor de mortalidade, cirurgia emergente e cuidados de ressuscitação (Canton et al., 2021). Estudos evidenciaram que o lactato é mais preditivo de desfechos do que a pressão arterial sistólica e o índice de choque no campo, apresentando utilidade em algoritmos de triagem para ativação de trauma (Canton et al., 2021). Um limiar de lactato pré-hospitalar ≥ 3 mmol/L poderia ser incorporado aos protocolos de plasma pré-hospitalar como indicação potencial de transfusão, além dos sinais tradicionais de choque hemorrágico, para potencialmente capturar pacientes com choque oculto mais propensos a se beneficiar desta terapia intensiva em recursos (Canton et al., 2021).

Testes Viscoelásticos Point-of-Care

Os testes viscoelásticos, como tromboelastografia (TEG) e tromboelastometria rotacional (ROTEM), predizem transfusão maciça e coagulopatia em desenvolvimento mais precocemente do que os testes convencionais de coagulação, dentro de 15 minutos, utilizando testes rápidos

(Brill et al., 2021). TEG e ROTEM direcionam a transfusão precoce de plasma fresco congelado quando a avaliação clínica não ativou um protocolo de transfusão maciça (Brill et al., 2021). A implementação destes testes em cenários táticos representa um avanço significativo na capacidade de monitoramento e de tomada de decisão em tempo real.

Estrutura de Qualidade e Aderência aos Protocolos

A caracterização das práticas atuais deve considerar a estrutura de qualidade subjacente à implementação dos PTM. Donabedian descreveu três aspectos distintos da qualidade do cuidado: estrutura, processo e desfecho (Easterday et al., 2024). Neste modelo, validado para o cuidado ao trauma, melhorias na estrutura levam a melhorias nos processos que, por sua vez, melhoram os desfechos (Easterday et al., 2024). A conformidade com as proporções de transfusão dos PTM pode ser estudada para determinar se leva à melhoria nos desfechos dos pacientes (Easterday et al., 2024).

Heterogeneidade e Necessidade de Padronização

A falta de diretrizes uniformes para transfusão pré-hospitalar de componentes sanguíneos persiste, dependendo de parâmetros diversos e da experiência do médico (Hamed et al., 2024). Esta inconsistência contínua em componentes, desfechos e definição de desfechos primários e secundários em ensaios de transfusão pré-hospitalar destaca tanto a necessidade de clareza urgente no relato de desfechos em ensaios de alta qualidade quanto apresenta um desafio para revisões sistemáticas e análises atuais e futuras que visam fornecer diretrizes baseadas em evidências para o cuidado ao paciente (Tucker et al., 2021). O relato padronizado é essencial para meta-análises; portanto, a inconsistência e heterogeneidade no uso de componentes e relato de desfechos podem ter impacto significativo além de um único ensaio clínico e continuar a impactar recomendações de tratamento em diretrizes e prática clínica baseada em evidências (Tucker et al., 2021).

Análise dos Desfechos Clínicos Associados à Utilização de Proporções Elevadas de Hemocomponentes

A avaliação dos desfechos clínicos associados ao uso de proporções elevadas de plasma e plaquetas em relação às hemácias revela um panorama de evidências substanciais, embora com nuances. A combinação de plasma e concentrado de hemácias demonstrou maior redução na mortalidade quando comparada ao uso de plasma ou hemácias isolados, ou mesmo de cristaloides (Ladhani et al., 2021). Estudos pré-hospitalares corroboram que proporções mais elevadas de plasma ou de plaquetas estão associadas a uma diminuição da mortalidade em comparação a proporções balanceadas tradicionais (Ladhani et al., 2021). Um benefício operacional significativo é que a administração dessas proporções elevadas nas primeiras seis horas resulta em um volume total de transfusão menor, efeito atribuído à correção precoce da coagulopatia, à mitigação da lesão endotelial e à redução do uso de cristaloides (Ladhani et al., 2021). A aderência estrita a esses protocolos é crucial, visto que o não cumprimento das proporções predefinidas tem sido associado a maior mortalidade (Easterday et al., 2024).

Evidências de ensaios clínicos randomizados (ECRs) acrescentam camadas de compreensão. Os ensaios COMBAT e PAMPer sugerem um benefício de mortalidade com o uso de plasma fresco congelado pré-hospitalar para subgrupos específicos: vítimas de trauma contuso, com tempo de transporte superior a 20 minutos, choque grave (lactato elevado), lesão cerebral traumática e necessidade moderada de transfusão (Jost et al., 2022). Contudo, o ensaio RePHILL, que avaliou hemácias e plasma liofilizados versus cristaloides no pré-hospitalar, não identificou diferenças significativas no desfecho primário, composto por mortalidade ou por clearance de lactato (Hamed et al., 2024). Análises secundárias, como a do ensaio PATCH-Trauma, fornecem dados mais granulares, indicando que, em pacientes submetidos à transfusão maciça hospitalar, uma proporção elevada de plasma ($\geq 1:2$ em relação às hemácias) foi associada a menor mortalidade em 28 dias após ajuste para múltiplos confundidores (Mitra et al., 2025).

O mecanismo central do benefício reside no enfrentamento da Coagulopatia Induzida por Trauma (CIT), uma disfunção complexa de alta mortalidade, na qual a hemorragia é a principal causa de morte prevenível (Brill et al., 2021; Jost et al., 2022). Sua fisiopatologia envolve mediadores endoteliais e inflamatórios, agravados por fatores como a hemodiluição e a hipotermia (Jost et al., 2022). A utilização balanceada de hemocomponentes, em proporção 1:1:1 (plasma:plaquetas:hemácias), mostra-se eficaz na prevenção e mitigação da CIT. O sangue total

é especialmente relevante para o cenário tático, pois permite implementar essa política com um único produto, facilitando o armazenamento (2 °C–6 °C) mesmo em ambientes com capacidade limitada (Van Der Horst et al., 2023). Estudos *in vitro* indicam que as plaquetas no sangue total mantêm características de coagulação por até 14 dias nessas condições (Van Der Horst et al., 2023). Alternativamente, o ensaio FiiRST-2 investigou o uso de concentrados de fatores (fibrinogênio e complexo protrombínico) em comparação com plasma na ressuscitação inicial de trauma, embora seus resultados específicos não tenham sido detalhados no texto fornecido (Luz et al., 2025).

O lactato destaca-se não apenas como um marcador prognóstico robusto da gravidade do choque (Canton et al., 2021), mas também como um potencial mediador do benefício do plasma. A redução dos níveis de lactato após a ressuscitação com plasma pré-hospitalar parece estar associada a benefício na mortalidade (Canton et al., 2021). Isso levanta a possibilidade de incorporar um limiar de lactato (e.g., ≥ 3 mmol/L) aos protocolos de triagem para identificar pacientes com "choque oculto" que mais se beneficiariam da terapia, otimizando o uso de recursos escassos (Canton et al., 2021).

O monitoramento viscoelástico (TEG/ROTEM) surge como uma ferramenta valiosa para orientar a ressuscitação de forma direcionada. Esses testes predizem a necessidade de transfusão maciça e identificam a coagulopatia mais precocemente do que os testes convencionais (dentro de 15 minutos), sendo aplicáveis mesmo em cenários complexos como tiroteios em massa (Brill et al., 2021; Qiao et al., 2021).

Quanto aos desfechos secundários, enquanto algumas meta-análises indicam que o plasma pode não afetar significativamente a mortalidade ou a falência de múltiplos órgãos em todas as populações, ele está associado à redução do uso de concentrado de hemácias e a alterações no INR na admissão (Abuelazm et al., 2024; Jost et al., 2022).

As considerações logísticas são fundamentais para a implementação. Tempos de transporte prolongados e dificuldade de acesso ao paciente justificam os protocolos pré-hospitalares (Roehl & Grottke, 2021). Produtos como o plasma líquido (vida útil de 26 dias refrigerado) apresentam vantagens logísticas em relação ao plasma fresco congelado, reduzindo desperdício e os desafios de manuseio (Rajesh et al., 2025). Em cenários militares ou austeros, em que a hemorragia é a principal causa de morte, a ênfase deve recair na transfusão precoce e balanceada, minimizando o uso de cristaloides (Pusateri et al., 2025).

Identificação de Barreiras e Facilitadores à Implementação Efetiva dos Protocolos

A implementação bem-sucedida de Protocolos de Transfusão Maciça (PTM) no ambiente pré-hospitalar tático enfrenta obstáculos multifatoriais, mas também é impulsionada por facilitadores estratégicos. Uma análise desses elementos é crucial para otimizar a prática clínica.

Barreiras Logísticas e Operacionais

O principal entrave reside no suprimento e na logística de produtos sanguíneos, com implicações de custo significativas (Rajesh et al., 2025). Em cenários militares e táticos austeros, a disponibilidade imediata de plasma e plaquetas é particularmente desafiadora (Van Der Horst et al., 2023). As operações nesses ambientes, que englobam combate, assistência humanitária e resposta a desastres, são caracterizadas por grandes distâncias, infraestrutura degradada e condições hostis, o que complica ainda mais a cadeia de suprimentos (Pusateri et al., 2025).

Limitações específicas dos produtos convencionais agravam o problema: o plasma fresco congelado exige um processo de descongelamento que consome tempo crítico, enquanto as plaquetas têm vida útil curta e exigem armazenamento delicado, tornando-as pouco práticas para o pré-hospitalar remoto (Pusateri et al., 2025).

Barreiras na Aderência e na Prática Clínica

Estudos de melhoria de qualidade revelam oportunidades substanciais para aumentar a aderência institucional aos PTM (Easterday et al., 2024). Aplicando o modelo de Donabedian (estrutura-processo-desfecho) ao trauma, fica claro que melhorias na estrutura (e.g., protocolos, suprimentos) devem levar a melhorias no processo (e.g., aderência às proporções) para, por fim, melhorar os desfechos (Easterday et al., 2024).

A variabilidade na prática clínica inicial entre líderes de equipe, antes mesmo da ativação formal do PTM, impacta diretamente as proporções de transfusão alcançadas (Easterday et al., 2024). A dificuldade na coleta prospectiva de dados precisos sobre o momento exato de cada transfusão introduz um viés de sobrevivência difícil de contornar, e a interpretação inconsistente dos critérios de ativação entre profissionais gera inconsistência na implementação (Easterday et al., 2024).

Facilitadores Estratégicos para a Implementação

Diante das barreiras, o desenvolvimento de produtos sanguíneos alternativos destaca-se como um facilitador primordial. O plasma liofilizado oferece vantagens logísticas decisivas, como estabilidade em temperatura ambiente e reconstituição rápida (Jost et al., 2022). Paralelamente, o plasma líquido é defendido como uma alternativa prática, com disponibilidade ampliada, eficácia comparável e custo-efetividade favorável (Rajesh et al., 2025). Recomenda-se priorizá-lo no pré-hospitalar até que o sangue total de baixo título de O se torne mais acessível (Rajesh et al., 2025).

A integração de tecnologias point-of-care, como os testes viscoelásticos (TEG/ROTEM), facilita a decisão clínica em tempo real. Parâmetros do ROTEM (como CA e MCF) predizem consistentemente coagulopatia, necessidade de transfusão maciça e mortalidade, permitindo guiar a ressuscitação e direcionar a transfusão de plasma de forma precoce e precisa (Brill et al., 2021).

Adicionalmente, a administração precoce de ácido tranexâmico (TXA) é um adjuvante farmacológico crítico. A janela terapêutica é estreita: cada atraso de 15 minutos na administração aumenta o sangramento e reduz a sobrevida em 10%, sem benefício após 3 horas da hemorragia (Qiao et al., 2021). Além do benefício na sobrevida, o ensaio CRASH-2 sugeriu que o TXA precoce é custo-efetivo, promovendo hemostasia mais rápida e, potencialmente, reduzindo a necessidade de componentes sanguíneos (Qiao et al., 2021).

Recomendações Baseadas em Evidências para Otimização da Ressuscitação Hemostática Pré-Hospitalar

Otimização da Seleção de Pacientes

A seleção precisa é fundamental. Ensaios futuros devem focar em métodos inovadores, como algoritmos de aprendizado de máquina aplicados a dados de sinais vitais contínuos, para melhorar a predição precoce da Coagulopatia Induzida por Trauma (CIT) e a necessidade de ativar o PTM (Luz et al., 2025). Incorporar um limiar de lactato pré-hospitalar ≥ 3 mmol/L como critério de transfusão pode ajudar a identificar pacientes com "choque oculto" que mais se beneficiariam da terapia (Canton et al., 2021).

Padronização de Desfechos em Pesquisa

A heterogeneidade nas medidas de desfecho reportadas nos ensaios dificulta a comparação e síntese de evidências (Tucker et al., 2021). Recomenda-se que Ensaios Clínicos Randomizados (ECRs) adotem a mortalidade em 24 horas como desfecho primário, com base em estudos como PROCOAG e FiiRST-2 (Luz et al., 2025).

Adoção de Produtos Sanguíneos Alternativos

Para superar barreiras logísticas, recomenda-se a adoção de plasma líquido pelos serviços de emergência, devido à sua disponibilidade, eficácia e custo-efetividade (Rajesh et al., 2025). O plasma liofilizado permanece uma alternativa viável para cenários táticos com restrições extremas (Jost et al., 2022; Pusateri et al., 2025). A exploração de aplicações militares para esses produtos e o conceito de ressuscitação de controle de danos remota, iniciando transfusões no ponto de lesão, são extensões lógicas desses princípios (Pusateri et al., 2025; Rangrass, 2022).

Integração de Testes Point-of-Care e Terapias Adjuvantes

A implementação de testes viscoelásticos point-of-care deve ser incentivada para orientar a ressuscitação hemostática de forma direcionada, aproveitando sua capacidade de predição precoce (Brill et al., 2021). A administração pré-hospitalar de TXA deve ser um componente padrão dos PTM táticos, respeitando sua janela terapêutica crítica para maximizar o benefício (Qiao et al., 2021). Essa combinação com a transfusão balanceada constitui uma estratégia sinérgica (Bouzat et al., 2023).

Programas de Melhoria Contínua da Qualidade

Por fim, é essencial estabelecer programas de melhoria de desempenho para monitorar a aderência aos PTM, analisar os desfechos e identificar oportunidades de aprimoramento (Easterday et al., 2024). A educação continuada e a padronização de práticas entre os profissionais são fundamentais para garantir a consistência e a efetividade na implementação dos protocolos.

CONCLUSÃO

Esta revisão avaliou a implementação de protocolos de transfusão maciça, com proporções mais elevadas de plasma e plaquetas, no ambiente pré-hospitalar tático. Conclui-se que a adoção precoce de uma abordagem de ressuscitação balanceada é viável e benéfica nesse contexto. As evidências sustentam a transição paradigmática dos cristaloides para os hemocomponentes.

A caracterização das práticas atuais revela a predominância do sangue total e do plasma liofilizado como produtos-chave. Esses recursos atendem às necessidades logísticas específicas dos cenários austeros. Sua utilização segue critérios de ativação baseados em parâmetros clínicos e em biomarcadores, como o lactato.

A análise dos desfechos clínicos demonstra que proporções elevadas de plasma e plaquetas reduzem a mortalidade em subgrupos específicos. O benefício opera principalmente por meio da prevenção e da correção da coagulopatia induzida por trauma. A administração nas primeiras horas é crucial para otimizar os resultados.

A implementação eficaz, no entanto, enfrenta barreiras logísticas e de aderência. A disponibilidade limitada de produtos e a variabilidade nas práticas clínicas constituem obstáculos significativos. Facilitadores estratégicos, como produtos alternativos e testes point-of-care, são essenciais para superar esses desafios.

As recomendações para otimização incluem a seleção precisa de pacientes e a padronização dos desfechos em pesquisa. A incorporação de limiares de lactato e de ferramentas viscoelásticas pode refinar os critérios de ativação. A educação continuada e os programas de melhoria de qualidade sustentam a aderência aos protocolos.

Em direções futuras, estudos devem focar na validação de algoritmos preditivos para seleção de pacientes. A padronização de métricas de pesquisa permitirá melhores comparações e síntese de evidências. A exploração contínua de produtos sanguíneos com logística simplificada é imperativa em ambientes de recursos limitados.

Portanto, a implementação de PTMs com altas proporções de plasma e plaquetas no pré-hospitalar tático é uma estratégia baseada em evidências. Sua efetividade requer um sistema integrado que combine protocolos claros, produtos adequados e monitoramento preciso. Esta abordagem salva vidas ao enfrentar a principal causa de morte evitável no trauma grave.

REFERÊNCIAS

ABUELAZM, Mohamed et al. The Efficacy and Safety of Pre-Hospital Plasma in Patients at Risk for Hemorrhagic Shock: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **European Journal of Trauma and Emergency Surgery**, v. 50, n. 6, p. 2697–2707, 2024.

BOUZAT, Pierre et al. Efficacy and Safety of Early Administration of 4-Factor Prothrombin Complex Concentrate in Patients With Trauma at Risk of Massive Transfusion. **Jama**, v. 329, n. 16, p. 1367, 2023.

BRILL, Jason B. et al. The Role of TEG and ROTEM in Damage Control Resuscitation. **Shock**, v. 56, n. 1S, p. 52–61, 2021.

CANTON, Stephen P. et al. Lactate as a Mediator of Prehospital Plasma Mortality Reduction in Hemorrhagic Shock. **Journal of Trauma and Acute Care Surgery**, v. 91, n. 1, p. 186–191, 2021.

EASTERDAY, Thomas S. et al. Performance Improvement Program Review of Institutional Massive Transfusion Protocol Adherence: An Opportunity for Improvement. **The American Surgeon**, v. 90, n. 5, p. 1082–1088, 2024.

HAMED, A. et al. Efficacy and Safety of Prehospital Blood Transfusion in Traumatized Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Prehospital and Disaster Medicine**, v. 39, n. 5, p. 324–334, 2024.

Jahr, Jonathan S.; WILLIAMS, John P. Blood Component Requirements and Erythrocyte Transfusion and Mortality Related to Hemoglobin Deficit in Phase III Trial of Hemoglobin-Based Oxygen Carrier: HBOC-201. **American Journal of Therapeutics**, v. 29, n. 3, p. e279–e286, 2022.

JOST, Daniel et al. Prehospital Lyophilized Plasma Transfusion for Trauma-Induced Coagulopathy in Patients at Risk for Hemorrhagic Shock. **Jama Network Open**, v. 5, n. 7, p. e2223619, 2022.

LADHANI, Husayn A. et al. Dose-Dependent Association Between Blood Transfusion and Nosocomial Infections in Trauma Patients: A Secondary Analysis of Patients From the PAMPer Trial. **Journal of Trauma and Acute Care Surgery**, v. 91, n. 2, p. 272–278, 2021.

LUZ, Luís T. d. et al. Factors in the Initial Resuscitation of Patients With Severe Trauma. **Jama Network Open**, v. 8, n. 9, p. e2532702, 2025.

MITRA, Biswadev et al. High Ratio of Plasma to Red Cells in Contemporary Resuscitation of Haemorrhagic Shock After Trauma: A Secondary Analysis of the PATCH-trauma Trial. **Scandinavian Journal of Trauma Resuscitation and Emergency Medicine**, v. 33, n. 1, 2025.

PUSATERI, Anthony E. et al. Potential Military Applications for a New Freeze-dried Plasma.

Transfusion, v. 65, n. S1, 2025.

QIAO, Jesse et al. Transfusion Management of Trauma From the 2019 El Paso Mass Shooting Incident. **Vox Sanguinis**, v. 117, n. 3, p. 299–312, 2021.

RAJESH, Aashish et al. From Shortages to Solutions: Liquid Plasma as a Practical Alternative to Whole Blood for Prehospital Trauma Resuscitation. **Transfusion**, v. 65, n. S1, 2025.

RANGRASS, Govind. Whole Blood Use in Trauma Resuscitation: Targeting Prehospital Transfusion. **Current Opinion in Anaesthesiology**, v. 35, n. 2, p. 146–149, 2022.

VAN DER HORST, Robert A. et al. Whole blood transfusion in the treatment of acute hemorrhage, a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, v. 95, n. 2, p. 256–266, 2023.

ROEHL, Anna B.; GROTTKE, Oliver. Prehospital Administration of Blood and Plasma Products. **Current Opinion in Anaesthesiology**, v. 34, n. 4, p. 507–513, 2021.

TUCKER, Harriet et al. Outcome Measures Used in Clinical Research Evaluating Prehospital Blood Component Transfusion in Traumatically Injured Bleeding Patients: A Systematic Review. **Journal of Trauma and Acute Care Surgery**, v. 91, n. 6, p. 1018–1024, 2021.]

VAN DERHORST, Robert A. *et al.* Whole blood transfusion in the treatment of acute hemorrhage, a systematic review and meta-analysis. **The Journal of Trauma and Acute Care Surgery**, v. 95, n. 2, p. 256–266, 2023.