INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Proposta de Metodologia para Definir o Stock Médio de Concentrados de Glóbulos Vermelhos: Um Estudo Aplicado à Gestão e Planeamento de Encomendas Hospitalares

Joana Gonçalves da Cunha Belém

Mestrado em Gestão de Serviços de Saúde

Orientador: Prof. Abel José de Cruz Camelo, Professor Auxiliar Convidado, ISCTE-IUL

outubro, 2025

BUSINESS SCHOOL

Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

Proposta de Metodologia para Definir o Stock Médio de Concentrados de Glóbulos Vermelhos: Um Estudo Aplicado à Gestão e Planeamento de Encomendas Hospitalares

Joana Gonçalves da Cunha Belém

Mestrado em Gestão de Serviços de Saúde

Orientador: Prof. Abel José de Cruz Camelo, Professor Auxiliar Convidado, ISCTE-IUL

outubro, 2025

Agradecimentos

Gostaria de manifestar o meu agradecimento a todos os que tornaram possível a concretização do presente projeto.

Em primeiro lugar, expresso a minha gratidão ao ISCTE-IUL, não só pela oportunidade de contacto com o mundo profissional através da realização do estágio curricular, que possibilitou a execução desta investigação em colaboração com o Instituto Português do Sangue e da Transplantação, mas também pela valiosa aprendizagem académica proporcionada ao longo do mestrado, que foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço, em particular, ao Professor Abel Camelo pela orientação, disponibilidade e acompanhamento prestados ao longo deste processo.

Agradeço igualmente ao IPST pelo ambiente de aprendizagem e pelo apoio contínuo ao longo do estágio. Em especial, gostaria de manifestar a minha gratidão ao Enfermeiro Alexandre Matos, tutor do estágio, cuja orientação e acompanhamento foram essenciais para a realização deste projeto.

Por fim, à minha mãe, dedico um agradecimento especial pelo seu apoio incondicional, paciência e incentivo constante, que me permitiram superar os desafios e alcançar os meus objetivos.

Resumo

A incapacidade de prever as necessidades sanguíneas constitui um desafio contínuo para o Instituto Português do Sangue e da Transplantação cuja principal missão é a distribuição e fornecimento do sangue para os hospitais. Dos vários protocolos assinados entre o IPST e as instituições de saúde, apenas dois especificam as quantidades de sangue de que necessitam o que dificulta a concretização do trabalho eficaz do Instituto.

A finalidade do presente estudo é desenvolver uma metodologia capaz de ser aplicada a qualquer hospital, com o objetivo de determinar as quantidades de concentrados de glóbulos vermelhos necessárias. A amostra utilizada é composta pela recolha de dados provenientes do Módulo de Registo de Sangue, e após o seu tratamento e análise, bem como a realização de revisão de literatura, concluiu-se que uma fórmula matemática pode constituir uma ferramenta eficaz para combater esta adversidade.

A solução proposta consiste na utilização da média das quantidades transfundidas acrescida de um múltiplo do desvio padrão, como forma de estimar as quantidades necessárias e garantir uma disponibilidade adequada. A presente metodologia tem o propósito de contribuir para uma gestão mais eficiente dos recursos sanguíneos, facilitando assim a concretização da missão do IPST.

Palvras chave: Gestão de inventário; Stock médio hospitalar; Previsão da procura; Segurança transfusional; Cadeia de abastecimento

Classificação JEL: C61, I11, I18

Abstract

The inability to predict blood needs is an ongoing challenge for the Portuguese Institute of Blood and Transplantation (IPST), whose main mission is to distribute and supply blood to hospitals. Of the various protocols signed between the IPST and health institutions, only two specify the quantities of blood they need, which hinders the Institute's ability to work effectively.

The objective of this study is to develop a methodology that can be applied to any hospital, with the aim of determining the quantities of red blood cell concentrates required. The sample used consists of data collected from the Blood Registration Module. After processing and analysing this data, and reviewing the literature, it was concluded that a mathematical formula could be an effective tool to combat this adversity.

The proposed solution consists of using the average of the quantities transfused plus a multiple of the standard deviation as a way of estimating the quantities needed and ensuring adequate availability. The purpose of this methodology is to contribute to more efficient management of blood resources, thus facilitating the fulfilment of the IPST's mission.

Keywords: Inventory management; Hospital average stock; Demand forecasting; Transfusion safety; Supply chain

JEL Classification: C61, I11, I18

Índice

1. Introdução 1
1.1 Enquadramento 2
1.2 Questão de Investigação 2
1.3 Objetivo da Investigação 3
1.4 Objetivos Específicos 3
1.5 Metodologia e Abordagem 4
1.6 Organização e Estrutura 6
2. Revisão De Literatura 7
2.1 Cadeia de abastecimento do sangue 7
2.2 Características e Preparação dos Concentrados de Glóbulos Vermelhos 7
2.3 Gestão e Compatibilidade Sanguínea em Bancos de Sangue Hospitalares 9
2.4 Modelos Matemáticos e Estatísticos na Gestão de Inventário de Sangue 11
3. Metodologia 15
3.1 Recolha de Dados 15
3.2 Amostra Recolhida e Técnica de Análise de Dados 16
4. Caso de Estudo 17
4.1 Instituto Português do Sangue e da Transplantação 17
4.1.1 História 17
4.1.2 Estrutura Organizativa e Funcional 18
4.2 As transfusões efetuadas nos hospitais no ano 2024 18
4.3 Os Protocolos do IPST 20
4.4 Proposta Metodológica 22
4.5 Aplicação da Proposta aos Hospitais em Estudo 23
5. Resultados 25
5.1 Resultado por Hospital 25

5.2 Conclusões do projeto 28
5.3 Limitações do Estudo 29
5.4 Futuro 29
Referências Bibliográficas 31
Anexos 35
Anexo A – Metodologia aplicada por grupo sanguineo 35
Hospital São José 35
Hospital Santa Marta 37
Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca 40
Anexo B- Quadros Excel 43
Hospital São José 43
Hospital Santa Marta 44
Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca 45

Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Compatibilidade entre Grupos Sanguíneos……. 10
Quadro 4.4 - Protocolo entre o IPST e o HFF…….. 21
Quadro 4.5 - Protocolo entre o IPST e o CUHL…….. 21
Quadro 5.4 - Resultado HSJ……...……. 26
Quadro 5.5 - Resultado HSM…….. 26
Quadro 5.6 - Resultado HFF…… 27

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Etapas para o desenvolvimento do projeto…… 5
Figura 4.1 - Soma das quantidades transfundidas em 2024 no HSJ……. 19
Figura 4.2 - Soma das quantidades transfundidas em 2024 no HSM……... 19
Figura 4.3 - Soma das quantidades transfundidas em 2024 no HFF…… 20
Figura 5.1 - Comparação entre a média de CGV transfundidas em 2024 e a metodologia proposta para o HSJ ……..…….……..……. 24
Figura 5.2 - Comparação entre a média de CGV transfundidas em 2024 e a metodologia proposta para o HSM……..…….…… 24
Figura 5.3 - Comparação entre a média de CGV transfundidas em 2024 e a metodologia proposta para o HFF…….……..……. 25

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

ARS – Administrações Regionais de Saúde

CGV – Concentrados de Glóbulos Vermelhos

EPE – Entidades Públicas Empresariais

HCC – Hospital Curry Cabral

HDE – Hospital Dona Estefânia

HFF – Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca

HSJ – Hospital de São José

HSM – Hospital de Santa Marta

INS – Instituto Nacional de Sangue

IPST – Instituto Português do Sangue e da Transplantação

MAC – Maternidade Dr. Alfredo da Costa

MRS – Módulo de Registo de Sangue

RH – Rhesus

ULS – Unidade Local de Saúde

1. Introdução

A gestão eficiente dos recursos sanguíneos constitui, atualmente, um dos maiores desafios para o Instituto Português do Sangue e da Transplantação (IPST), instituição cuja missão central se foca na recolha, armazenamento, distribuição e fornecimento de sangue a hospitais e outras entidades de saúde. A garantia de disponibilidade adequada de recursos sanguíneos é essencial não apenas para assegurar a continuidade dos tratamentos e cirurgias, mas também para promover a segurança e o bem-estar dos doentes. No entanto, a incapacidade de prever de forma precisa as necessidades sanguíneas compromete a eficácia operacional do IPST, gerando potenciais desequilíbrios entre a oferta e a procura e dificultando a otimização dos recursos disponíveis.

Embora existam diversos protocolos estabelecidos entre o IPST e as instituições hospitalares, apenas um número reduzido destes define de forma explícita as quantidades de concentrados de glóbulos vermelhos (CGV) requeridas. Esta lacuna dificulta a planificação estratégica e operacional do fornecimento sanguíneo, obrigando o Instituto a recorrer a estimativas muitas vezes genéricas, que podem não refletir as necessidades reais de cada unidade hospitalar.

O presente estudo propõe-se, assim, a desenvolver uma metodologia aplicável a qualquer hospital, com o objetivo de determinar as quantidades de CGV necessárias de forma mais precisa. Para tal, foi realizada a recolha e análise de dados provenientes do sistema Módulo de Registo de Sangue (MRS), complementada pela revisão de literatura, com o intuito de identificar abordagens existentes e consolidar conhecimentos que possam sustentar o desenvolvimento da metodologia. A investigação demonstrou que uma fórmula constitui uma ferramenta eficaz para estimar as necessidades, assegurando níveis adequados de disponibilidade e reduzindo o risco de rutura de stock.

A aplicação desta metodologia pretende contribuir para uma gestão mais eficiente e estruturada dos recursos sanguíneos, promovendo uma resposta mais ágil e adequada por parte do IPST. Espera-se que este contributo não só apoie a concretização da missão institucional, mas também sirva como base para futuras melhorias na planificação e distribuição do sangue, fortalecendo a segurança e a qualidade dos serviços prestados aos pacientes e às instituições de saúde.

1.1 Enquadramento

O IPST tem como missão fundamental assegurar e regular a atividade da medicina transfusional e da transplantação a nível nacional garantindo a "dádiva, a colheita, a análise, o processamento, a preservação, o armazenamento e a distribuição de sangue humano, componentes sanguíneos, órgãos, tecidos e células de origem humana" (IPST, n.d.). Deste modo, o Instituto desempenha um papel fundamental na gestão e distribuição do sangue em Portugal, garantindo a sua disponibilidade de forma a responder às necessidades das diversas instituições de saúde.

Contudo, esta tarefa enfrenta desafios significativos, principalmente dada a ausência de uma definição clara da quantidade de recursos sanguíneos necessários. Esta lacuna dificulta a eficácia do IPST, tornando a gestão e a previsão do stock sanguíneo um processo complexo e suscetível a atrasos e adversidades.

A natureza perecível do sangue, associada à incerteza da procura e à variabilidade da oferta revelam-se desafios significativos. A ausência de uma quantidade de inventário devidamente definida pode resultar em ruturas o que consequentemente constitui um obstáculo, especialmente face a emergências comprometendo tratamentos. A disponibilidade de reservas sanguíneas depende intrinsecamente da adesão voluntária dos dadores e, aliada aos desafios mencionados, transforma-se num entrave prejudicial para os hospitais, comprometendo o cumprimento da missão do IPST.

Desperdiçar uma unidade de sangue significa perda de tempo e esforço não só para os dadores, mas igualmente para as instituições de saúde (Stanger *et al.*, 2012) sendo então crucial a existência de regras para a elaboração da definição de um stock nas organizações de saúde. O facto de os hospitais disponibilizarem informação relativamente às quantidades de sangue que necessitam para um dado período, agiliza a sua reposição facilitando igualmente a incumbência dos fornecedores.

1.2 Questão de Investigação

A definição de uma questão de investigação constitui um elemento nuclear no desenvolvimento de um projeto científico, representando um requisito indispensável para orientar e estruturar de forma coerente o processo de pesquisa (Yin, 2018).

Neste contexto, e com o intuito de responder à problemática identificada, a presente investigação procura dar resposta à seguinte questão central: *Que metodologia pode ser*

desenvolvida para determinar o stock médio de concentrados de glóbulos vermelhos, garantindo simultaneamente a satisfação das necessidades hospitalares e a eficiência no fornecimento de recursos sanguíneos?

1.3 Objetivo da Investigação

A previsão da procura constitui um elemento fundamental em qualquer organização ou cadeia de abastecimento. Tem como objetivo antecipar e estimar a procura futura de produtos, apoiando a tomada de decisões mais eficazes e informadas (Ingle *et al.*, 2021).

Harris (1990) explicou que uma fórmula matemática pode constituir um instrumento de apoio fundamental na definição da quantidade de stock adequada. Deste modo, com o propósito de superar as dificuldades anteriormente identificadas, o objetivo do presente projeto consiste na elaboração de uma metodologia capaz de determinar um stock médio de CGV, passível de ser aplicado a cada instituição de saúde, contribuindo para otimizar a resposta do IPST no fornecimento e na gestão eficiente dos recursos sanguíneos.

1.4 Objetivos Específicos

Numa fase inicial, revela-se essencial proceder à análise do processo atualmente em vigor, de modo a identificar os desafios e lacunas existentes, bem como a compreender quais os protocolos que dispõem de uma definição clara das quantidades necessárias, avaliando simultaneamente a sua eficácia.

Posteriormente, atendendo à incerteza associada à oferta e à procura dos recursos sanguíneos, torna-se imprescindível realizar um estudo capaz de analisar a variabilidade em questão.

Seguidamente, é igualmente fundamental proceder à leitura e análise de estudos internacionais, avaliando os respetivos resultados e determinando de que forma poderão ser adaptados e aplicados ao contexto nacional. Com base na revisão da literatura e nas características específicas do sangue, importa investigar e identificar a fórmula matemática mais adequada, capaz de proporcionar uma solução eficaz e ajustada às necessidades.

Por conseguinte, e em consonância com a problemática de investigação e o objetivo do estudo, o presente projeto estabelece as respetivas questões de investigação, a partir das quais se definem os objetivos específicos:

1. Como se caracteriza o processo de sangue atualmente em vigor e quais são os principais desafios e lacunas existentes?
2. Quais os protocolos existentes e qual a sua eficácia na definição das quantidades necessárias?
3. De que forma a oferta e a procura de recursos sanguíneos variam ao longo do tempo e quais são os principais fatores que influenciam essa variabilidade?
4. Qual o modelo matemático de determinação de stock mais adequado às características específicas do sangue de forma a proporcionar uma solução eficaz e ajustada às necessidades identificadas?

1.5 Metodologia e Abordagem

O presente estudo tem como objetivo desenvolver uma metodologia aplicável a qualquer instituição de saúde e capaz de determinar a quantidade de recursos sanguíneos necessários de forma a facilitar o planeamento e distribuição por parte do IPST. Por conseguinte, o desenvolvimento de uma metodologia capaz de prever com precisão as necessidades dos hospitais e otimizar o seu fornecimento exige a adoção de um método de investigação adequado.

Este projeto insere-se no âmbito da investigação quantitativa, mais concretamente na pesquisa não experimental correlacional.

A análise quantitativa caracteriza-se por ser estruturada, dedutiva utilizando métodos estatísticos para obter informações mensuráveis e objetivas. Pelo contrário, a pesquisa qualitativa é mais flexível e indutiva, tendo por base entrevistas e observações para obter dados mais subjetivos e dinâmicos (Goodwin & Goodwin, 1984).

O design da pesquisa quantitativa considera uma realidade objetiva independente das observações. Os objetivos ou hipóteses são definidos para gerar dados e testar relações entre variáveis, utilizando métodos matemáticos e estatísticos. A pesquisa quantitativa pode ser experimental ou não experimental e visa generalizar os resultados para a população estudada. O presente estudo insere-se na pesquisa não experimental, que possibilita a recolha de uma amostra representativa através de dados quantitativos e capaz de compreender tendências de uma determinada população (Asenahabi, 2019).

A pesquisa correlacional é um design quantitativo não experimental que utiliza estatísticas correlacionais para medir e descrever o grau de associação entre variáveis ou

conjuntos de dados. Este tipo de pesquisa procura identificar relações entre diferentes características e comportamentos, sem manipulação das variáveis. No contexto do presente estudo, este tipo de design é relevante, pois permite analisar as ligações entre as quantidades de sangue transfundido e as disponíveis em stock para os diversos grupos sanguíneos. Esse tipo de abordagem é fundamental para identificar padrões e prever a quantidade de recursos sanguíneos necessários, facilitando o planeamento, distribuição e fornecimento (Asenahabi, 2019) (Spector, 1981).

Por conseguinte, a presente investigação é quantitativa, uma vez que se baseia na recolha e análise de dados numéricos para identificar padrões e relações. É não experimental, dado que não existe manipulação das variáveis, sendo o fenómeno observado tal como ocorre naturalmente. Adicionalmente, é uma pesquisa correlacional, na medida em que se pretende analisar associações entre variáveis e desenvolver uma metodologia de previsão aplicável a qualquer hospital.

Para a concretização do presente projeto, tornou-se essencial definir uma metodologia, a qual se encontra representada na Figura 1.1.

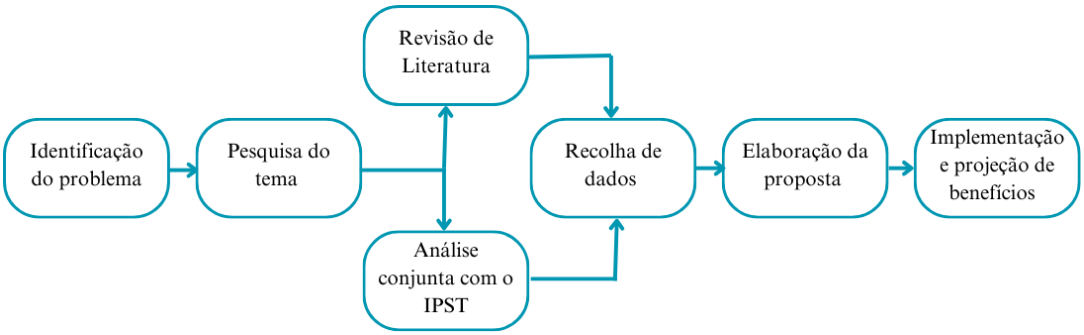


Figura 1.1 - Etapas para o desenvolvimento do projeto

Fonte: autoria própria

A figura 1.1, explicita as principais etapas do processo metodológico seguido neste estudo. Em primeiro lugar, torna-se essencial realizar uma análise detalhada da Instituição, de forma a identificar o problema, compreender o seu comportamento e analisar as respetivas causas e consequências. Seguidamente, procede-se a uma investigação que permita compreender o contexto e os desafios envolvidos. A revisão da literatura fornece o enquadramento teórico necessário ao estudo, enquanto a análise conjunta com o IPST assegura a adequação da metodologia às práticas institucionais. A recolha de dados permite obter informação pertinente e definir a amostra utilizada no

desenvolvimento da proposta. Por fim, realiza-se a implementação da metodologia ou, caso tal não seja exequível a curto prazo, procede-se à projeção dos benefícios potenciais e das perspetivas futuras.

1.6 Organização e Estrutura

A presente investigação encontra-se estruturada em cinco capítulos, organizados de forma sequencial, com o objetivo de proporcionar uma análise detalhada e abrangente do estudo realizado.

No primeiro capítulo, apresenta-se o tema e o problema de investigação, contextualizando o estudo, explicando o enquadramento teórico, definindo a problemática em análise e estabelecendo os objetivos, a metodologia a adotar e a estrutura do projeto.

A revisão da literatura, apresentada no segundo capítulo inclui a explicação e caracterização do sangue e dos seus componentes e a análise da complexidade inerente à sua cadeia de abastecimento. Foram ainda analisados diversos estudos e modelos internacionais relativos à previsão das necessidades sanguíneas e aos sistemas de distribuição utilizados em diferentes contextos, o que permitiu identificar boas práticas, limitações e oportunidades de melhoria que sustentam o desenvolvimento da metodologia proposta neste estudo.

No capítulo seguinte, consta a metodologia adotada para o desenvolvimento do estudo, detalhando os métodos e ferramentas aplicados na análise dos dados relativos às transfusões e aos stocks de CGV, assim como a abordagem utilizada para a determinação das quantidades necessárias.

Posteriormente, o capítulo seguinte aborda o IPST, analisando a sua história, estrutura e enquadramento funcional e, incide igualmente sobre a aplicação da metodologia apresentando a análise da amostra recolhida e a forma como a proposta foi utilizada para prever as necessidades de CGV, com base nas transfusões efetuadas.

Por fim, o quinto capítulo expõe as conclusões do estudo, avaliando a eficácia da metodologia proposta e discutindo os resultados obtidos, bem como as suas eventuais limitações. Neste capítulo, são ainda delineadas projeções para o futuro com o intuito de contribuir para a evolução e melhoria contínua do sistema de fornecimento e distribuição de sangue.

2. Revisão De Literatura

2.1 Cadeia de abastecimento do sangue

O sangue é um recurso limitado e valioso que dispõe de prazo de validade e, por isso, é crucial a existência de uma gestão eficiente do inventário incentivando o combate contra a "escassez e o desperdício" (Stanger *et al.*, 2012).

A cadeia de abastecimento de sangue é constituída por quatro processos fundamentais: recolha, produção, armazenamento e distribuição que, em Portugal, está sob incumbência do IPST. A colheita constitui a fase inicial do processo e assenta na obtenção de doações de sangue, realizadas tanto em locais fixos, como centros de colheita e hospitais, ou em unidades móveis temporárias. Após a recolha, o sangue é transportado para instalações de produção, onde é submetido a análises e testes, sendo posteriormente fracionado em diferentes componentes (IPST, n.d.). Nesta etapa, a cadeia de abastecimento evolui de um sistema de produto único (sangue total) para um sistema multiproduto. Os componentes sanguíneos resultantes são posteriormente armazenados em bancos de sangue e distribuídos de acordo com as necessidades das instituições, incluindo hospitais, clínicas e outros prestadores de cuidados médicos. Dado o caráter perecível destes produtos e a inconstância da procura, torna-se imprescindível uma gestão integrada, de modo a assegurar a sua disponibilidade adequada (Meneses *et al.*, 2023).

Para evitar a carência deste recurso, é fundamental atribuir prioridade à gestão eficiente e apropriada em todas as etapas da cadeia de abastecimento, de modo a prevenir situações de escassez e a interrupção de operações (Reynolds *et al.*, 2001).

2.2 Características e Preparação dos Concentrados de Glóbulos Vermelhos

O sangue humano é um recurso limitado, produzido apenas por seres humanos e sem alternativas artificiais, o que torna a sua oferta dependente exclusivamente dos dadores (Najafi *et al.*, 2017). A procura de sangue é igualmente variável, sendo influenciada por emergências, epidemias, acidentes e outros fatores, o que torna a gestão do inventário sanguíneo um processo crítico e distinto da gestão de outros bens perecíveis (Shih & Rajendran, 2020). O organismo humano contém, em média, cinco litros de sangue responsável pelo transporte de oxigénio e nutrientes às células, bem como pela remoção

de resíduos metabólicos. Além disso, transporta células do sistema imunitário para combater infeções e contém plaquetas, essenciais na coagulação e prevenção de hemorragias. O sistema circulatório adapta o fluxo sanguíneo às necessidades do organismo, aumentando o fornecimento de oxigénio durante o exercício físico ou direcionando células imunitárias para locais de infeção (Dean, 2005).

O sangue é composto por plasma e elementos figurados. O plasma, correspondente a cerca de 55% do volume sanguíneo, é maioritariamente água e transporta nutrientes e resíduos. Os elementos figurados incluem eritrócitos (glóbulos vermelhos), leucócitos (glóbulos brancos) e trombócitos (plaquetas). Os eritrócitos, que constituem aproximadamente 45% do volume sanguíneo, são as células mais numerosas e transportam oxigénio e dióxido de carbono. Os leucócitos têm função imunitária e subdividem-se em granulócitos (neutrófilos, eosinófilos e basófilos) e agranulócitos (linfócitos e monócitos). As plaquetas participam na coagulação, prevenindo hemorragias (National Cancer Institute, n.d.).

O CGV, ou concentrados de eritrócitos, surge a partir do sangue total doado que é processado num centro de transfusão, sendo colocado numa centrífuga que separa os seus componentes conforme a densidade: o plasma forma a camada superior, as plaquetas e leucócitos situam-se na camada intermédia, e os glóbulos vermelhos, mais densos, formam a camada inferior. Esta camada, rica em glóbulos vermelhos, é isolada e transferida para uma bolsa própria, à qual se adiciona uma solução conservante que mantém as células viáveis durante várias semanas a temperaturas controladas entre 1 °C e 6 °C. Alternativamente, podem ser obtidos por aférese, recolhendo diretamente os glóbulos vermelhos do dador, enquanto os outros componentes são devolvidos, permitindo unidades com maior concentração de hemácias. Deste modo, os CGV resultam do processamento do sangue total, em que os glóbulos vermelhos são separados por centrifugação ou por aférese para posterior utilização transfusional (1 RBC Concentrates, 2009) (World Health Organization, 2025). O prazo de validade dos CGV varia entre trinta e cinco a quarenta dias (Fontelonga, 2002).

Dependendo das necessidades clínicas, podem ser realizados processamentos adicionais, como irradiação ou lavagem dos concentrados, de modo a produzir produtos específicos. O plasma pode ser congelado e conservado até um ano, enquanto as plaquetas necessitam de agitação constante entre 20 °C e 24 °C, com validade aproximada de cinco dias. O sangue total, que contém todos os componentes, é utilizado em situações que

exigem reposição simultânea, com validade de vinte e um a trinta e cinco dias conforme o anticoagulante utilizado (Eketunde & Thomasson, 2024)

O processamento e armazenamento dos componentes sanguíneos permitem não apenas prolongar a sua vida útil, mas também otimizar a utilização das dádivas, garantindo que cada componente seja administrado de forma direcionada, conforme as necessidades clínicas específicas (World Health Organization, 2025).

2.3 Gestão e Compatibilidade Sanguínea em Bancos de Sangue Hospitalares

A compatibilidade sanguínea é fundamental para garantir transfusões seguras, sendo determinada pelo grupo sanguíneo e pelo fator Rhesus (Rh). Indivíduos com Rh positivo podem receber sangue tanto de dadores Rh positivos como negativos, enquanto aqueles com Rh negativo apenas podem receber de dadores com Rh negativo. As unidades de glóbulos vermelhos do grupo O negativo, constituem um recurso de elevado valor, uma vez que podem ser transfundidas a qualquer doente, independentemente do seu grupo sanguíneo, sendo considerados dadores universais (Dhahan *et al.*, 2025). Por outro lado, o tipo AB positivo é considerado recetor universal, podendo receber sangue de qualquer grupo. Devido à sua importância em situações críticas e à sua menor prevalência na população, os tipos de sangue mais necessários para transfusões são O e A negativos e O positivo (IPST, n.d.). O Quadro 2.1 apresenta as compatibilidades sanguíneas, especificando os grupos que podem fornecer sangue a outros e aqueles que podem receber de cada grupo.

O sangue constitui um tecido biológico de elevado valor clínico, e a sua utilização envolve a gestão simultânea de oito grupos principais, definidos pelos sistemas ABO, que classifica o sangue segundo a presença ou ausência dos antigénios A e B nos glóbulos vermelhos originando os grupos A, B, AB e O, e Rhesus, cujas distribuições variam na população. A prática transfusional ideal prevê a utilização de unidades do mesmo grupo do recetor; contudo, nem sempre é possível corresponder exatamente os grupos sanguíneos. Nesses casos, recorrem-se a grupos alternativos compatíveis, por exemplo, um doente A+ positivo pode receber unidades de dadores A, O ou O+ (Duan & Liao, 2014).

Quadro 2.1 - Compatibilidade entre Grupos Sanguíneos

Recetor / Dador	A +	A -	AB +	AB -	B +	B -	O +	O -
A +	x		x					
A -	x	x	x	x				
AB+			x					
AB -			x	x				
B +			x		x			
B -			x	x	x	x		
O +	x		x		x		x	
O -	x	x	x	x	x	x	x	x

Fonte: elaborado segundo a página do IPST https://ipst.pt/index.php/pt/comunicacao/destaques-ipst-ip/49-ipst-newsletter/218-compatibilidade-dos-grupos-sanguineos

A existência de bancos de sangue hospitalares é essencial para garantir respostas rápidas em situações de emergência, onde a procura pode aumentar de forma súbita. Dispor de stock permite reduzir atrasos nos tratamentos e assegurar que os recursos estejam disponíveis quando necessário (Doughty *et al.*, 2016). A gestão de encomendas nestes bancos é igualmente crítica: a escassez de unidades pode comprometer cirurgias e tratamentos, enquanto o excesso, face à reduzida vida útil do sangue, conduz ao desperdício e à expiração de produtos. O período entre a encomenda e o recebimento ("lead time") é determinante para prevenir ruturas de stock. Estratégias de encomenda podem ser de revisão periódica, com pedidos a intervalos fixos, ou de revisão contínua, em que os pedidos são realizados consoante os níveis de stock (Lowalekar & Ravichandran, 2017).

Dada a perecibilidade do sangue, abordagens industriais como o “Just in Time” — método de gestão que procura produzir ou fornecer apenas o necessário no momento exato, reduzindo desperdícios e stocks —, embora eficazes na redução de custos e na melhoria da eficiência em processos produtivos, não se aplicam de forma eficiente ao contexto hospitalar, uma vez que a procura de sangue é imprevisível e a reposição depende de doações. A escassez de stock pode provocar ruturas que comprometem o

atendimento de pacientes e colocam vidas em risco (Choi *et al.*, 2023) (Stanger *et al.*, 2012) (Bakmohammadi *et al.*, 2023).

A gestão do inventário de CGV é, portanto, essencial para assegurar a disponibilidade destes produtos e minimizar desperdícios. Para avaliar a eficiência do stock, podem ser utilizadas métricas como: desvio em relação ao par, dias de stock disponível e percentagem de produtos fora de prazo. O par corresponde ao nível ideal de stock definido por cada serviço de transfusão hospitalar; o desvio em relação ao par indica a variação face ao nível recomendado; os dias de stock disponível refletem a relação entre unidades armazenadas e transfundidas; e a percentagem de produtos fora de prazo mede a proporção de unidades expiradas em relação ao total, sendo um indicador da eficiência na gestão do inventário (Lu *et al.*, 2022).

Diversos estudos salientam que a gestão do inventário de CGV assenta, de forma geral, em estratégias de reposição baseadas em limites mínimos e máximos de stock, definidos com base na experiência dos profissionais de laboratório e ajustados de acordo com a procura. Esta última inclui componentes previsíveis, como tratamentos programados, e imprevisíveis, associadas a emergências. Para reduzir desperdício, é prática comum a utilização prioritária das unidades mais antigas, seguindo protocolos do tipo "first-in, first-out" (Vaz *et al.*, 2022).

O desempenho dos inventários é monitorizado através de indicadores-chave, como a percentagem de desperdício em relação às unidades emitidas, o índice de stock disponível para emissão e a idade média das unidades transfundidas. A literatura evidencia que níveis de reposição mais elevados tendem a associar-se a um aumento do desperdício e à utilização de unidades mais envelhecidas, reforçando a necessidade de equilibrar a disponibilidade de stock com a eficiência na sua utilização (Vaz *et al.*, 2022).

2.4 Modelos Matemáticos e Estatísticos na Gestão de Inventário de Sangue

A gestão de inventário é fundamental para garantir níveis de stock adequados, evitando excessos ou ruturas que podem afetar significativamente os resultados. Funções essenciais como a gestão da cadeia de abastecimento, a logística e a administração de stock constituem a base operacional da empresa e são vitais para a tomada de decisões eficazes (Lin, 2019).

Segundo Cumming, Kendall, Pegels, Seagle e Shubsda (1976), um dos objetivos centrais no desenvolvimento de sistemas de planeamento para a gestão de sangue consistia na transferibilidade, ou seja, na capacidade de o sistema ser aplicado em diferentes regiões sem a necessidade de alterações estruturais significativas, exigindo apenas pequenos ajustes de parâmetros. Paralelamente, e no âmbito das restrições definidas, foram estabelecidas três medidas de desempenho essenciais: o número de unidades disponíveis em inventário (quantidade), a idade média do sangue no momento da transfusão (qualidade) e a proporção de unidades descartadas por ultrapassagem da validade (eficiência). Entre estas dimensões, destacou-se a importância do nível de inventário, identificado como a variável mais crítica em regiões onde se verificavam episódios recorrentes de escassez. Do ponto de vista operacional, os autores sintetizam os critérios de sucesso de um sistema desta natureza em quatro aspetos fundamentais: a viabilidade económica, com custos anuais geralmente; a possibilidade de utilização por profissionais sem conhecimentos especializados em programação ou operação informática; a flexibilidade, permitindo adaptação a diferentes contextos regionais e assegurando disponibilidade a nível nacional; e a fiabilidade na estimativa de inventário, com uma margem de erro aceitável de ±5% e consistência nas restantes métricas de desempenho (Cumming *et al.*, 1976).

Em 1983, foi conduzido um estudo que demonstrou que a manutenção de um stock estável, capaz de reduzir a probabilidade de escassez, podia ser obtida através do cálculo da quantidade a produzir como a *média da procura acrescida de um múltiplo do desvio-padrão,* ou seja: média da procura + T × desvio-padrão, em que T corresponde a um múltiplo escolhido para ajustar o stock de forma a equilibrar disponibilidade e segurança no fornecimento (Katz *et al.*, 1983).

No ano de 2005, Pierskalla salientava que, no caso do sangue total e dos concentrados de CGV, a quantidade de unidades necessária tende, frequentemente, a situar-se entre *uma e duas desvios-padrão acima da média utilizada* para o procedimento (Pierskalla, 2005).

Posteriormente, em 2016, apresentou um modelo de programação linear mista inteira, modelo que usa números inteiros e contínuos para encontrar a melhor solução dentro de certas restrições, destinado ao planeamento da cadeia de abastecimento de sangue. Para medir o desempenho, foram considerados dois critérios estatísticos: a média e o desvio-padrão (Cheraghi *et al.*, 2016).

Foi igualmente publicado um artigo com o objetivo de averiguar qual o stock sanguíneo ideal atuando como uma ferramenta capaz de auxiliar a tomada de decisão relativa às quantidades de unidades necessárias para uma gestão "racional e objetiva" através de um modelo matemático, alicerçado nas transfusões efetuadas em cada dia da semana ao longo de um ano. Neste caso, foi estabelecido que *a média, acrescida de três vezes o desvio padrão* (Ledman & Groh, 1984) *de forma a manter uma margem de segurança* ($\mu - 3\sigma$ *e* $\mu + 3\sigma$) em que σ corresponde ao desvio padrão e μ à média. A investigação concluiu que o uso do modelo matemático, facilita a tomada de decisões relativa à produção diária resultando numa significativa redução de desperdício e custos. Este modelo acrescentou um maior nível de sofisticação à gestão do stock, ao considerar a variabilidade diária da procura, o que possibilitou não apenas a satisfação da necessidade das instituições de saúde, mas também a otimização de recursos, promovendo maior eficiência e sustentabilidade no processo transfusional (Pérez Vaquero *et al.*, 2016).

Foram igualmente realizados outros estudos mais recentes nos hospitais da Província Oriental da Arábia Saudita em 2022 (Shash *et al.*, 2022) e em 2024 na Coreia (Park *et al.*, 2024), em que se verificou que a utilização da média ± desvio padrão poderia constituir uma solução válida para a definição do inventário necessário. A adoção desta metodologia demonstra a sua aplicabilidade em diferentes contextos geográficos e institucionais, reforçando a relevância da estatística como ferramenta de apoio à gestão de recursos sanguíneos. A consistência dos resultados em distintas realidades hospitalares indica que a aplicação de parâmetros matemáticos contribui para uma maior previsibilidade na gestão de stocks, reduzindo a probabilidade de falhas no abastecimento.

Na gestão de inventário no contexto da cadeia de abastecimento, reconhece-se amplamente que o stock de segurança constitui uma estratégia eficaz para enfrentar as incertezas associadas à procura e ao fornecimento, evitando situações de rutura de stock. Este tema tem sido amplamente estudado, incidindo sobre aspetos como o dimensionamento, localização, gestão e posicionamento dos níveis de stock. Nesta abordagem, o foco centra-se especificamente no dimensionamento do stock de segurança, ou seja, na definição da quantidade mais adequada de reserva a manter para cada produto, de forma a garantir a continuidade do abastecimento e um nível de serviço adequado (Gonçalves *et al.*, 2020).

A metodologia a desenvolver será orientada para a definição de um stock médio, em contraste com os protocolos atualmente em vigor, que preveem apenas a manutenção de

um stock mínimo correspondente a cinco dias de consumo. Este nível reduzido, embora cumpra as orientações estabelecidas, apresenta uma elevada probabilidade de rápida rutura. Assim, a adoção de um stock médio visa reforçar a margem de segurança e assegurar uma resposta mais eficaz em situações de emergência. Esta abordagem privilegia o equilíbrio entre a satisfação da procura e a minimização do desperdício, atendendo às necessidades específicas das instituições de saúde e reduzindo os custos associados ao armazenamento excessivo. De forma geral, recomenda-se manter um stock de CGV suficiente para satisfazer as necessidades entre cinco e nove dias, aproximadamente, de consumo médio diário, devendo este ser revisto, pelo menos, uma vez por ano. Esta prática padronizada oferece uma base de orientação para os serviços de transfusão hospitalares, assegurando que os inventários se mantêm dentro de parâmetros considerados seguros e ajustados à realidade de cada instituição. A revisão anual é igualmente fundamental, uma vez que permite integrar as variações registadas na procura, garantindo a atualidade e eficácia das estratégias de gestão de stock. (Blood Inventory Management Best Practices for Hospital Transfusion Services, n.d.).

3. Metodologia

O presente capítulo dedica-se à descrição detalhada da metodologia de investigação adotada no âmbito deste projeto em empresa, desenvolvido em parceria com o IPST. O estudo tem como finalidade conceber uma metodologia capaz de determinar o stock médio de CGV adequado às necessidades das instituições de saúde, assegurando simultaneamente a eficiência e a continuidade do fornecimento de recursos sanguíneos. A investigação enquadra-se no paradigma quantitativo, uma vez que assenta na recolha, tratamento e análise de dados numéricos provenientes de diferentes hospitais, permitindo quantificar relações entre variáveis e fundamentar decisões com base em evidência empírica. Trata-se de uma pesquisa não experimental e correlacional, pois observa e analisa o fenómeno tal como ocorre na realidade, sem manipulação de variáveis, procurando identificar relações entre as quantidades de sangue transfundido e os níveis de stock disponíveis por grupo sanguíneo.

A adoção desta abordagem justifica-se pela necessidade de desenvolver um modelo de previsão que apoie a tomada de decisão na gestão hospitalar e no planeamento logístico do IPST, contribuindo para reduzir o desperdício e mitigar o risco de rutura de stock. Neste contexto, a metodologia proposta visa ser aplicável a qualquer instituição hospitalar, oferecendo uma ferramenta que auxilie a planificação de necessidades transfusionais e a distribuição eficiente dos componentes sanguíneos. O projeto, ao integrar princípios de gestão e de análise quantitativa, combina a vertente científica com a aplicabilidade prática, refletindo a natureza do projeto em empresa, cuja missão é aproximar a investigação académica das necessidades operacionais das instituições de saúde.

3.1 Recolha de Dados

A recolha de dados foi realizada através do MRS uma plataforma que disponibiliza informações detalhadas sobre a disponibilidade de recursos sanguíneos em diversos hospitais, incluindo as quantidades diárias em stock e o número de unidades transfundidas por grupo sanguíneo. O MRS constitui uma ferramenta essencial para a gestão de recursos, permitindo não apenas o registo, mas também a monitorização e análise das transfusões realizadas em cada hospital. Uma das principais vantagens do MRS é a sua acessibilidade possibilitando o acesso a qualquer instituição de saúde num determinado

dia e consultar detalhadamente a informação sobre todos os componentes sanguíneos, incluindo CGV, plasma e plaquetas. Esta funcionalidade assegura uma visão global e precisa da utilização dos recursos, facilitando o planeamento estratégico e a tomada de decisão em tempo real. O sistema revela-se particularmente relevante, uma vez que a distribuição e a utilização dos concentrados variam consoante o grupo sanguíneo e a tipologia de cada instituição hospitalar. O MRS permite, assim, identificar padrões de consumo diferenciados, promovendo uma gestão mais eficiente do stock e minimizando o risco de rutura ou de desperdício. A possibilidade de obter dados consolidados sobre todos os grupos sanguíneos constitui um recurso valioso para avaliar a resposta hospitalar e projetar necessidades futuras, assegurando respostas eficazes.

Os dados recolhidos, de forma a obter uma amostra representativa, corresponderam ao período compreendido entre janeiro e dezembro de 2024, assegurando que a informação utilizada refletia a realidade mais recente da atividade transfusional. A utilização de dados ao longo de um ano civil completo permitiu considerar potenciais variações sazonais na procura e no consumo, reforçando a robustez e a validade das conclusões obtidas.

3.2 Amostra Recolhida e Técnica de Análise de Dados

Para este estudo, foram selecionados os hospitais Professor Doutor Fernando Fonseca (HFF)), São José (HSJ) e Santa Marta (HSM), uma vez que já dispõem de protocolos que estabelecem as necessidades de CGV, permitindo a comparação entre a prática existente e a proposta de melhoria apresentada. Numa fase inicial, foram analisadas as transfusões efetuadas no ano de 2024 de forma a compreender os padrões e tendências de utilização dos CGV.

Os dados foram analisados recorrendo ao Microsoft Excel, o que permitiu realizar uma avaliação detalhada e fundamentada, apoiando a tomada de decisão no âmbito do estudo. Esta ferramenta possibilitou a extração de métricas relevantes e a criação de representações gráficas, facilitando a interpretação dos resultados e a sua aplicação prática na gestão hospitalar, assegurando uma abordagem rigorosa na elaboração do projeto.

4. Caso de Estudo

4.1 Instituto Português do Sangue e da Transplantação

4.1.1 História

O Instituto Nacional de Sangue (INS), primeira entidade responsável pela implementação da medicina transfusional, nasceu em 1958 em consequência do Decreto-Lei n.º 41 498 (1958). Contudo, dada a indefinição clara da política estratégica e na dificuldade em implementar uma coordenação eficaz, surgiu em 1976, um despacho da Secretaria de Estado da Saúde que estabeleceu princípios para um Serviço Nacional de Sangue, responsável pelo acesso universal à terapêutica de sangue, culminando na proposta da Rede Nacional de Transfusão Sanguínea (Despacho_Julho_1976_RNTS, 1976). Posteriormente, nos anos 80, a escassez de sangue e o surgimento de doenças transmissíveis evidenciaram a necessidade de estruturas organizacionais, levando a um incremento na investigação e avanço tecnológico no setor. Assim, o Decreto-Lei n.º 294/90 definiu o Instituto com autonomia e competências específicas, criando uma rede integrada de serviços (Dec_Lei_294_1990, 1990). A partir de 2007, passou a regular a medicina transfusional a nível nacional, garantindo a qualidade e acessibilidade dos componentes sanguíneos (Dec_Lei, 1ª série-Nº143-26 de Julho de 2007, 2007). Em 2012, o Instituto foi reestruturado e passou a denominar-se Instituto Português do Sangue e da Transplantação, absorvendo as atribuições de colheita e transplantação anteriormente sob a responsabilidade da extinta Autoridade para os Serviços de Sangue e da Transplantação (Decreto_Lei_39_2012, 2012). Os Centros de Histocompatibilidade do Norte, Centro e Sul foram estabelecidos pela Portaria nº 560/80 (1980) e regulamentados pelo Decreto-Lei nº 110/83 (1983), com sedes no Porto, Coimbra e Lisboa. Estes centros, conhecidos como Lusotransplante, detinham de autonomia técnica e financeira, cujo foco estava no apoio à transplantação de órgãos e células, através de diversos laboratórios especializados. Com a integração na Lei Orgânica das Administrações Regionais de Saúde (ARS) em 2007, a função de Centro Coordenador foi redefinida, mas mantiveram a autonomia (Dec_Lei, 1ª série-Nº103-29 de Maio de 2007, 2007). Além de contribuírem para a transplantação de órgãos, criaram o Centro Nacional de Dadores de Células de Medula Óssea, um importante registo de dadores (Despacho_22_1995, 1995). Em 2005, inauguraram o primeiro banco multitecidular nacional para processamento e distribuição de tecidos, e em 2009, foi criado o banco público de células estaminais Lusocord no

Centro de Histocompatibilidade do Norte (Dec_Lei, 2ª série-Nº126-2 de Julho de 2009, 2009) (IPST, n.d.).

4.1.2 Estrutura Organizativa e Funcional

Atualmente designado como Instituto Português do Sangue e da Transplantação, o IPST é um instituto público com autonomia técnica, administrativa e financeira, que opera sob a supervisão do Ministério da Saúde. Sediado em Lisboa, mas localizado também em Coimbra e Porto, o Instituto dispõe de uma estrutura centralizada com departamentos funcionais e centros descentralizados de sangue e transplantação garantindo cobertura em todo o país. A organização é liderada por um Conselho Diretivo, sob a presidência da Drª Maria Antónia de Oliveira Lampreia Escoval Lopes Esperança Martins e inclui departamentos como Gestão de Recursos Humanos e Formação, Planeamento e Gestão Patrimonial e Financeira bem como gabinetes no âmbito da Promoção da Dádiva e Voluntariado; da Investigação, Inovação e Desenvolvimento; da Gestão da Qualidade; das Tecnologias de Informação e Comunicação e ainda um gabinete jurídico. O Conselho Diretivo opera em conjunto com Coordenação Nacional da Transplantação e Nacional do Sangue e da Medicina Transfusional e atua inserido num contexto estratégico de saúde pública, alinhando-se com Plano Nacional de Saúde 2030 e com os objetivos do SNS, promovendo a autossuficiência em produtos sanguíneos, inovação e segurança (IPST, n.d.).

4.2 As transfusões efetuadas nos hospitais no ano 2024

As figuras seguintes apresentam, relativamente ao ano de 2024, a soma das quantidades de CGV transfundidas em cada mês, discriminadas por grupo sanguíneo. Esta representação gráfica permite observar a variação mensal da utilização de CGV, evidenciando possíveis padrões de consumo e facilitando a identificação de períodos de maior ou menor procura. Ao detalhar os resultados por grupo sanguíneo, torna-se possível compreender de forma mais precisa a dinâmica transfusional, o que contribui para uma análise comparativa mais rigorosa entre diferentes perfis de utilização ao longo do ano.

A análise do gráfico das transfusões por tipo sanguíneo evidencia que os grupos A + e O + apresentam um número de transfusões substancialmente superior aos restantes, o que se explica pela sua elevada prevalência na população portuguesa. De acordo com o

World Population Review (2025), em Portugal o grupo A^+ representa 39,8% da população, enquanto o grupo O^+ corresponde a 36,2%, circunstância que justifica a maior frequência de transfusões observada para estes dois grupos no presente estudo (World Population Review, 2025).

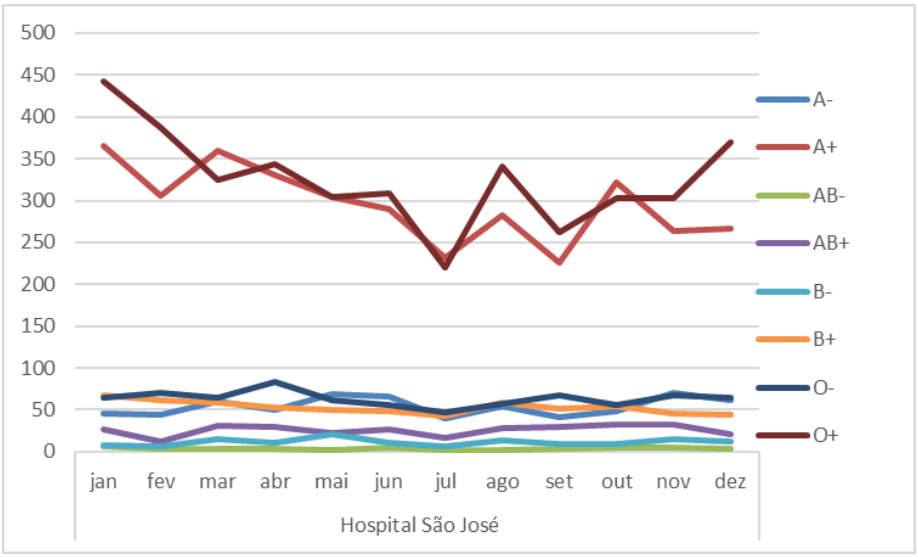


Figura 4.1 - Soma das quantidades de CGV transfundidas em 2024 no HSJ

Fonte: elaborado com os dados retirados do MRS

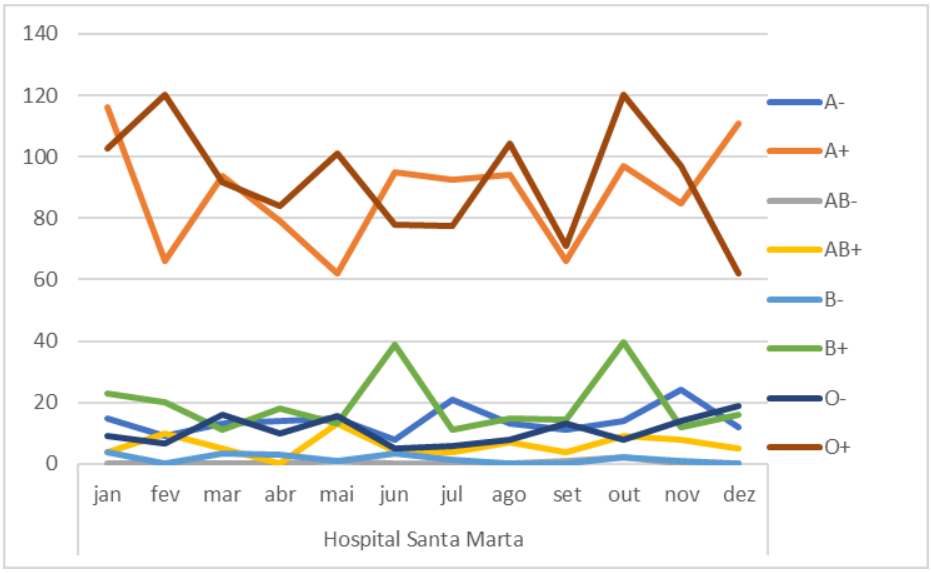


Figura 4.2 - Soma das quantidades de CGV transfundidas em 2024 no HSM

Fonte: elaborado com os dados retirados do MRS

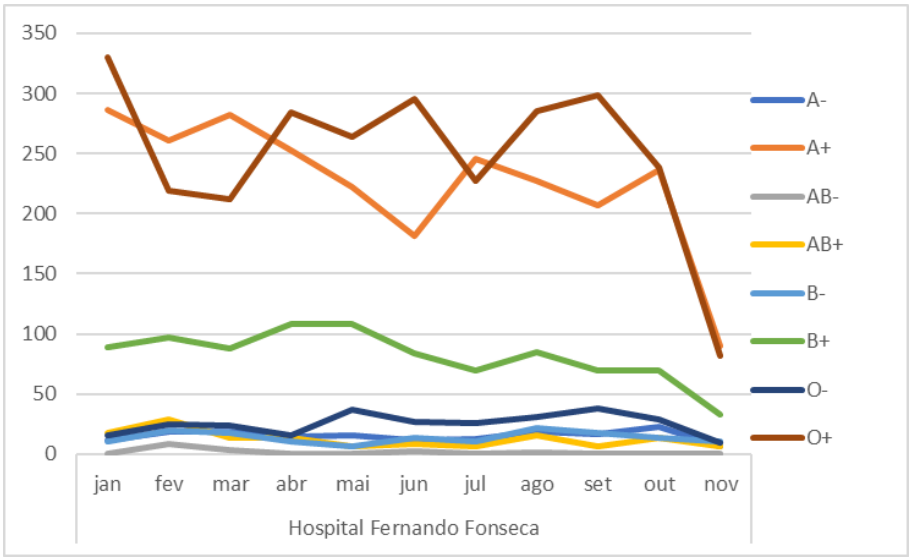


Figura 4.3 - Soma das quantidades de CGV transfundidas em 2024 no HFF

Fonte: elaborado com os dados retirados do MRS

4.3 Os Protocolos do IPST

A análise da documentação existente revela que apenas dois protocolos formalizados entre o IPST e entidades de saúde especificam, de maneira explícita, as quantidades mínimas de CGV a serem mantidas em stock, devidamente organizadas por grupo sanguíneo. Estes protocolos correspondem ao Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca, integrado na Unidade Local de Saúde (ULS) Amadora/Sintra como se pode observar no Quadro 4.1, e ao Centro Universitário Hospitalar Lisboa Central (CUHLC), pertencente à ULS de São José presentes no Quadro 4.2. Ambos os documentos estipulam a obrigatoriedade de assegurar um stock equivalente a cinco dias de consumo, medida que se revela essencial no contexto da hemoterapia moderna, dado que visa garantir a continuidade da resposta transfusional em situações de variação da procura ou ocorrência de eventos emergentes.

O Quadro 4.1, referente ao protocolo entre o IPST e o HFF, foi elaborado com base no documento original assinado em 16 de outubro de 2020, o qual se encontra no Anexo II. O Quadro 4.2, relativo ao CUHLC, baseia-se no protocolo celebrado em 19 de julho de 2022, disponível no Anexo III. Por motivos de confidencialidade, os documentos originais não são apresentados neste trabalho; contudo, os quadros seguintes reproduzem e sintetizam a informação constante nos respetivos protocolos.

Quadro 4.4 - Protocolo entre o IPST e o HFF

Grupo	Quantidade
A +	37
A -	10
AB +	2
AB -	-
B+	8
B -	4
O +	38
O -	10

Fonte: Dados fornecidos pelos IPST

Quadro 4.5 - Protocolo entre o IPST e o CUHL

Grupo	HSJ	HCC	HSM	MAC	HDE	Total
A +	42	20	20	5	5	92
A -	8	4	4	2	2	20
AB +	4	2	2	-	1	9
AB -	3	1	-	-	1	5
B+	8	4	4	2	2	20
B -	4	2	2	1	1	10
O +	46	26	24	10	12	118
O -	8	4	4	4	4	24

Fonte: Dados fornecidos pelos IPST

De acordo com o protocolo estabelecido com o HFF, verifica-se que os grupos mais prevalentes na população portuguesa, nomeadamente O+ (38 unidades) e A+ (37 unidades), são aqueles que concentram a maior fatia dos recursos, refletindo uma adequação proporcional à realidade demográfica. Seguem-se os grupos O- e A-, ambos com 10 unidades, cuja relevância estratégica é evidente, sobretudo no que respeita ao O, considerado universal para transfusões. Em contraste, os grupos de menor expressão, como o AB+, encontram-se representados apenas com 2 unidades, e o AB-, não

apresentando qualquer reserva, o que sugere uma gestão orientada pela baixa prevalência e reduzida procura clínica.

Relativamente ao CHULC, a sua organização apresenta maior complexidade, dado que abrange algumas instituições de saúde, entre as quais se incluem o Hospital de São José, o Hospital Curry Cabral (HCC), o Hospital de Santa Marta, a Maternidade Alfredo da Costa (MAC) e o Hospital Dona Estefânia (HDE). A análise global dos dados revela novamente uma predominância dos grupos A+ (92 unidades) e O+ (118 unidades), em conformidade com a sua prevalência populacional. Destaca-se ainda a reserva do grupo O- (24 unidades), que, por ser um dador universal, constitui um recurso de elevado valor. No que respeita aos grupos de menor representatividade, como o AB+ (9 unidades) e o AB- (5 unidades), as quantidades estipuladas são reduzidas, mas suficientes em caso de necessidade.

Em termos comparativos, é possível afirmar que ambos os protocolos seguem uma mesma lógica de racionalização de recursos, sustentada em dois princípios fundamentais: por um lado, a adequação às necessidades epidemiológicas da população, privilegiando os grupos sanguíneos mais prevalentes; por outro, a preservação de reservas estratégicas, particularmente no que diz respeito ao grupo O-, de reconhecida importância em contextos de urgência.

4.4 Proposta Metodológica

Para a obtenção de resultados, foram selecionados os hospitais HFF pertencente à ULS Amadora-Sintra e os HSJ e HSM integrados na ULS de São José. Considerando as suas diferenças em termos de dimensão e capacidade, bem como a existência de um protocolo previamente estabelecido (quadros 4.1 e 4.2), foi possível realizar uma comparação mais precisa. Esta seleção possibilitou a confrontação entre o protocolo atualmente em vigor e a metodologia a elaborar, assegurando uma análise comparativa clara e fundamentada. Por sua vez, a análise de hospitais com protocolos já implementados permite verificar, de forma objetiva, a aplicabilidade e eficácia da metodologia a elaborar, proporcionando uma base sólida para a realização de uma análise comparativa clara e fundamentada entre o protocolo existente e a proposta em desenvolvimento.

Com base na amostra recolhida e posteriormente trabalhada através do Microsoft Excel, em articulação com a revisão da literatura existente sobre metodologias de

definição de stocks sanguíneos, foi possível estabelecer critérios diferenciados para a determinação do stock médio ideal de CGV.

Segundo Katz *et al.* (1983), o nível de stock de segurança pode ser determinado com base em parâmetros estatísticos, como a média da procura acrescida de um múltiplo do desvio-padrão, de forma a equilibrar a disponibilidade e a segurança no fornecimento.

Deste modo, os grupos sanguíneos A+, O+, O- e A-, devido à sua maior procura e rotatividade no contexto transfusional, merecem atenção especial: A+ e O+ são os mais comuns na população (World Population Review, 2025), O- é o dador universal e A- pode doar para diversos outros grupos, justificando sua prioridade no stock. Para garantir um fornecimento contínuo e um nível de serviço adequado, a metodologia mais apropriada consiste no cálculo da *média das transfusões acrescida de três vezes o desvio padrão* (Ledman & Groh, 1984) garantindo um stock de segurança capaz de garantir a continuidade do abastecimento e um nível de serviço adequado. Esta abordagem, conforme presente na revisão de literatura, permite assegurar uma margem de segurança alargada, reduzindo significativamente o risco de rutura de stock e garantindo simultaneamente a disponibilidade imediata de unidades em situações de maior pressão assistencial (Gonçalves *et al.*, 2020).

Por outro lado, relativamente aos restantes grupos sanguíneos, cuja frequência de utilização é consideravelmente menor, a quantidade de unidades necessária tendo, frequentemente, a situar-se entre *uma e duas desvios-padrão acima da média utilizada para o procedimento* (Pierskalla, 2005). Para estes, a definição do stock médio ideal baseia-se na *média das transfusões acrescida de duas vezes o desvio padrão,* o que se justifica pelo menor impacto da sua procura no dia a dia hospitalar, equilibrando, assim, a segurança transfusional com a necessidade de evitar acumulação excessiva de unidades.

4.5 Aplicação da Proposta aos Hospitais em Estudo

A análise comparativa realizada através da ferramente Microsoft Excel permitiu, por um lado, confrontar os valores da média simples das transfusões com os resultados obtidos a partir da metodologia proposta, e, por outro, avaliar os ganhos em termos de gestão de stock. Esta comparação evidenciou que o método sugerido proporciona um nível de stock adequado e ajustado à procura real, sem recorrer a excessos que podem implicar desperdício ou aumento do risco de caducidade das unidades armazenadas. Conforme se pode observar nas figuras 5.1, 5.2 e 5.3, a linha azul representa a média das transfusões

de CGV efetuadas no ano de 2024 nos respetivos hospitais, enquanto a linha vermelha corresponde à metodologia proposta. Constata-se que a linha vermelha se encontra continuamente acima da azul, o que significa que o método proposto assegura a cobertura da média das transfusões realizadas. Importa salientar que os grupos sanguíneos A+ e O+, por serem os mais utilizados, requerem naturalmente um nível de stock superior.

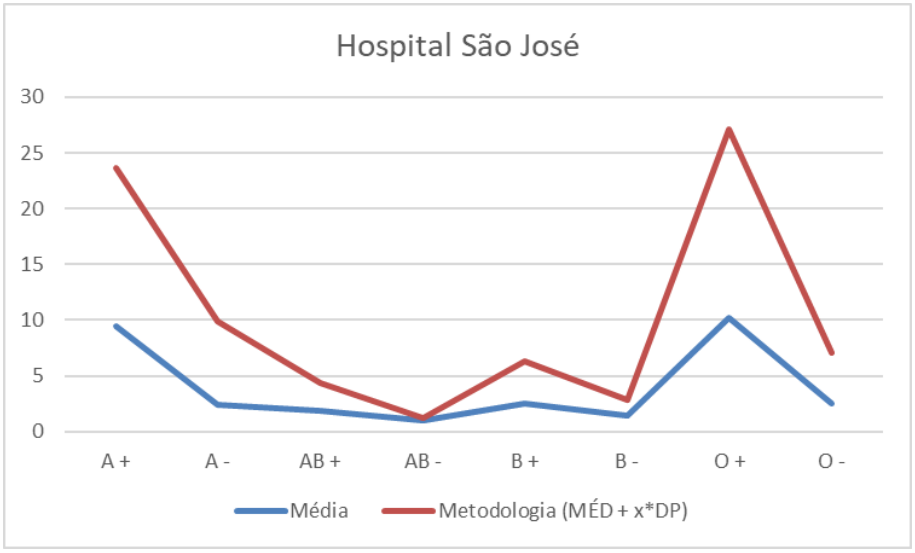


Figura 5.1 - Comparação entre a média de de CGV transfundidas em 2024 e a metodologia proposta para o HSJ

Fonte - elaborado de acordo com dados retirados do MRS

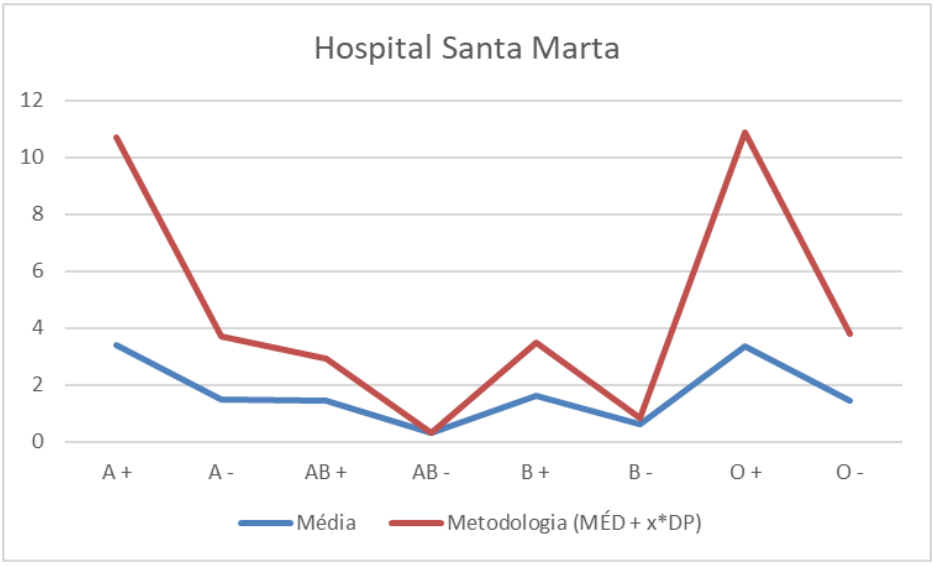


Figura 5.2 - Comparação entre a média de CGV em 2024 e a metodologia proposta para o HSM

Fonte - elaborado de acordo com dados retirados do MRS

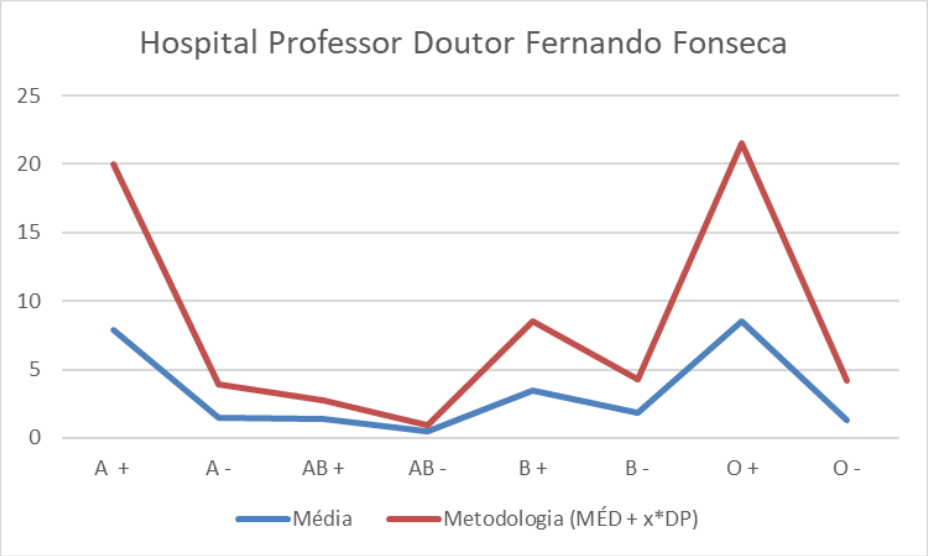


Figura 5.3 - Comparação entre a média de de CGV transfundidas em 2024 e a metodologia proposta para o HFF

Fonte - elaborado de acordo com dados retirados do MRS

Complementarmente, no Anexo A, consta a aplicação prática da metodologia proposta em detalhe sendo possível analisar, para os HSJ, HSM e HFF, a aplicação detalhada do método desenvolvido, discriminada por grupo sanguíneo, e comparada com a média das transfusões realizadas em 2024, igualmente calculada por grupo sanguíneo. Esta análise permite confirmar a consistência dos cálculos efetuados, bem como a sua aplicabilidade em diferentes contextos hospitalares, reforçando, assim, a robustez e a validade da abordagem metodológica desenvolvida.

5. Resultados

5.1 Resultado por Hospital

De forma sintética, os Quadros 5.4, 5.5 e 5.6 apresentam, respetivamente, da esquerda para a direita, a média das quantidades transfundidas em cada grupo sanguíneo no decorrer do ano 2024, os resultados obtidos através da metodologia proposta — baseada no cálculo de dois ou três desvios-padrão — e, por fim, as quantidades que potencialmente poderiam ser poupadas em comparação com o protocolo atualmente em vigor.

A análise dos resultados demonstra que a metodologia desenvolvida permite definir de forma mais ajustada o stock médio de CGV, assegurando a disponibilidade necessária e reduzindo o risco de ruturas e desperdícios. Assim, conclui-se que os objetivos do

estudo foram atingidos, uma vez que foi possível propor uma metodologia aplicável a diferentes instituições hospitalares, capaz de apoiar o planeamento de encomendas e de otimizar a gestão de recursos sanguíneos.

Quadro 5.4 - Resultado HSJ

Grupo	Média Transfusões efetuadas	Med + 2*DP	Med + 3*DP	O que se poupa?
A +	9,44		24	18
A -	2,38		10	0
AB +	1,84	4		0
AB -	1,04	1		2
B+	2,53	6		2
B -	1,43	3		1
O +	10,23		27	19
O -	2,53		7	1

Fonte: Autoria própria

Quadro 5.5 - Resultado HSM

Grupo	Média Transfusões efetuadas	Med + 2*DP	Med + 3*DP	O que se poupa?
A +	3,4		11	9
A -	1,47		4	0
AB +	1,45	3		0
AB -	0,33	0		0
B+	1,61	4		0
B -	0,62	1		1
O +	3,36		11	13
O -	1,42		4	0

Fonte: Autoria própria

Quadro 5.6 - Resultado HFF

Grupo	Média Transfusões efetuadas	Med + 2*DP	Med + 3*DP	O que se poupa?
A +	7,87		20	17
A -	1,49		4	6
AB +	1,39	3		0
AB -	0,44	1		0
B+	3,48	9		0
B -	1,8	4		0
O +	8,51		22	16
O -	1,34		4	6

Fonte: Autoria própria

Ao proceder à análise dos quadros apresentados, de acordo com a metodologia previamente definida, torna-se possível identificar de forma clara as unidades de sangue que foram efetivamente alvo de poupança em comparação cm os protocolos. Verifica-se, em particular, que a comparação com o protocolo atualmente em vigor evidencia reduções significativas no consumo de unidades de sangue, com especial destaque para os grupos A+ e O+, cuja elevada procura torna estas poupanças especialmente relevantes para a gestão eficiente dos recursos disponíveis.

O impacto destas poupanças assume uma dimensão ainda mais significativa quando se considera a pressão acrescida sobre estes grupos sanguíneos, que se encontram entre os mais requisitados em contexto transfusional. Ao possibilitar uma utilização mais criteriosa destas unidades, a metodologia proposta contribui não apenas para a preservação de reservas críticas, mas também para a garantia de uma maior segurança na resposta às necessidades hospitalares, promovendo uma gestão racional, equilibrada e sustentável dos recursos disponíveis. Desta forma, a metodologia apresentada permite manter um stock médio que salvaguarda a margem de segurança, evitando simultaneamente níveis excessivos de armazenamento.

5.2 Conclusões do projeto

O presente estudo evidenciou a importância da aplicação de metodologias estatísticas na gestão dos inventários médios de recursos sanguíneos, demonstrando que decisões sustentadas em dados concretos de consumo hospitalar permitem conciliar a segurança transfusional com a eficiência na utilização de recursos.

Em resposta à questão de investigação — Que metodologia pode ser desenvolvida para determinar o stock médio de concentrados de glóbulos vermelhos, garantindo simultaneamente a satisfação das necessidades hospitalares e a eficiência no fornecimento de recursos sanguíneos? — conclui-se que a metodologia proposta assenta na análise estatística dos consumos e na segmentação por grupo sanguíneo, permitindo ajustar as margens de segurança à procura real de cada tipologia de sangue. Esta abordagem possibilita a definição de um stock médio otimizado, que assegura a disponibilidade de unidades para resposta imediata, sem gerar acumulações desnecessárias que possam comprometer a validade ou provocar desperdício de recursos. A análise desenvolvida revelou que a diferenciação por grupo sanguíneo constitui uma estratégia eficaz, uma vez que permite adequar os níveis de stock às flutuações específicas de cada grupo, reduzindo o risco de rutura e, simultaneamente, evitando excedentes. Destaca-se, em particular, a utilidade do modelo desenvolvido para grupos de elevada procura, como o A+ e o O+, cuja gestão requer especial rigor devido à sua relevância clínica e frequência de utilização em contexto hospitalar.

A proposta desenvolvida neste estudo contribui para uma utilização mais racional das unidades sanguíneas, potenciando a diminuição de desperdícios e de custos operacionais. Estes resultados reforçam a importância de uma revisão periódica dos protocolos vigentes, garantindo que permanecem alinhados com as necessidades reais de consumo e com a capacidade efetiva de reposição.

Em termos estratégicos, a investigação demonstra que a otimização da gestão transfusional representa uma componente essencial da prática clínica hospitalar, com impacto direto na sustentabilidade dos serviços de saúde. A utilização de ferramentas analíticas acessíveis e metodologicamente validadas comprova que é possível alcançar ganhos significativos de eficiência sem comprometer a qualidade e a segurança dos cuidados prestados.

Em síntese, a adoção de processos baseados em dados objetivos e na monitorização contínua do consumo transfusional permite decisões mais informadas e consistentes,

promovendo uma gestão racional, equilibrada e segura dos recursos sanguíneos, onde a segurança do doente se mantém como prioridade fundamental.

5.3 Limitações do Estudo

A definição de níveis ótimos de inventário permanece uma limitação substancial no contexto da gestão de bancos de sangue (Pierskalla, 2005).

Ao longo da presente investigação, constatou-se como principal restrição a escassez de literatura científica especificamente dedicada à gestão de stocks de componentes sanguíneos, em particular de CGV. Tal lacuna dificultou a realização de comparações abrangentes com estudos prévios, limitando, consequentemente, a robustez empírica que poderia sustentar determinadas interpretações.

Para além desta limitação estrutural, importa salientar que as doações de sangue dependem intrinsecamente da disponibilidade e da adesão dos dadores, influenciando de forma direta a quantidade de sangue efetivamente disponível para distribuição. O sangue constitui um recurso instável, cuja existência depende integralmente da participação voluntária dos dadores, sendo impossível prever com precisão as quantidades necessárias em cada momento. Esta incerteza torna a gestão deste recurso um processo particularmente complexo, exigindo estratégias que conciliem a segurança transfusional com a racionalização dos recursos disponíveis.

Não obstante estas adversidades, considera-se que a aplicação dos procedimentos delineados no presente trabalho poderá constituir um contributo relevante para a otimização da eficiência e da eficácia na distribuição de sangue pelo IPST, favorecendo uma racionalização logística mais consistente e promovendo a redução de ineficiências operacionais.

5.4 Futuro

A investigação realizada permitiu propor uma metodologia destinada a apoiar as instituições de saúde na definição das quantidades de CGV a manter em stock, colmatando uma lacuna existente no processo de planeamento e distribuição. A ausência de critérios uniformizados para a determinação das necessidades hospitalares tem constituído um desafio para o IPST, dificultando a adequação das quantidades distribuídas e podendo comprometer a eficiência logística e a redução de desperdícios. A

metodologia desenvolvida propõe-se a ser uma abordagem flexível e de aplicação transversal, adaptável a diferentes contextos hospitalares, permitindo uma gestão mais precisa e fundamentada dos níveis de inventário.

No futuro, espera-se que a sistematização e automação dos processos de planeamento e distribuição promovam ganhos significativos em termos de precisão, rapidez e fiabilidade, impactando diretamente a sustentabilidade operacional das instituições de saúde. A adoção desta abordagem poderá resultar em tempos de resposta mais curtos, maior segurança na cadeia de fornecimento e redução de perdas, elementos essenciais para a manutenção de elevados padrões de qualidade e segurança transfusional. Ao longo prazo, prevê-se que a metodologia proposta seja aplicada nos protocolos com o IPST, contribuindo para a otimização logística e para uma rede de distribuição mais coordenada e resiliente, capaz de gerir os fluxos de sangue de forma eficiente e de responder eficazmente a situações críticas.

Conclui-se, assim, que a implementação prática da metodologia proposta poderá reforçar significativamente o desempenho do IPST, melhorando simultaneamente o funcionamento das instituições de saúde que dependem do seu trabalho e, por consequência, beneficiando diretamente os pacientes que dependem dos serviços prestados. Esta abordagem contribui para a otimização logística e promove impactos positivos em toda a cadeia de fornecimento e gestão de sangue em Portugal.

Referências Bibliográficas

1 RBC Concentrates. (2009). *Transfusion medicine and hemotherapy : offizielles Organ der Deutschen Gesellschaft fur Transfusionsmedizin und Immunhamatologie*, *36*(6), 362–370.

Asenahabi, B. M. (2019). Basics of research design: A guide to selecting appropriate research design. *International Journal of Contemporary Applied Researches*, *6*(5), 76-89.

Bakmohammadi, N., Karimi, H., & Vahdani, H. (2023). Optimal policy of ordering blood units in the hospital according to compatibility and priority transfers between blood groups under uncertainty conditions: A case study. *Transfusion and apheresis science: official journal of the World Apheresis Association: official journal of the European Society for Haemapheresis*, *62*(2), 103529. https://doi.org/10.1016/j.transci.2022.103529

Cheraghi, S., Hosseini-Motlagh, S. M., & Samani, M. G. (2016). A robust optimization model for blood supply chain network design. International Journal of Industrial Engineering & Production Research, 27(4), 425-444.

Choi, T. Y., Netland, T. H., Sanders, N., Sodhi, M. S., & Wagner, S. M. (2023). Just-in time for supply chains in turbulent times. *Production and Operations Management*, *32*(7), 2331-2340.

Cumming, P. D., Kendall, K. E., Pegels, C. C., Seagle, J. P., & Shubsda, J. F. (1976). A collections planning model for regional blood suppliers: Description and validation. *Management Science, 22*(9), 962–971. https://doi.org/10.1287/mnsc.22.9.962

Dhahan, J., Morrison, D., Shih, A. W., McDonald, D., Chen, R., Hao, L., Rosinski, K., Buchko, S., Blake, J., & Rutherford, A. (2025). Red blood cell inventory management: Insights from transfusion laboratory technologists in British Columbia, Canada. *Transfusion medicine (Oxford, England)*, 35(2), 116–124. https://doi.org/10.1111/tme.13131

Dean, L. (2005). Blood and the cells it contains. Blood Groups and Red Cell Antigens (Chapter 1). *National Center for Biotechnology Information (US), Bethesda, MD*.

Decreto-Lei n.º 41.498, de janeiro de 1958 [Cria o Instituto Nacional de Sangue]. Instituto Português do Sangue e da Transplantação. (1958, janeiro). *Diário da República*. http://www.ipst.pt/files/IPST/LEGISLACAO/Legislacao_Nacional/Legislacao_Sangue/DecLei_41498_Janeiro_1958_cria_INS.pdf

Decreto-Lei n.º 110/83, de 21 de fevereiro. Ministério da Educação. (1983, 21 de fevereiro). *Diário da República*, n.º 43, Série I. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/110-1983-311445

Decreto-Lei n.º 222/2007, de 29 de maio. (2007, 29 de maio). *Diário da República*, 1.ª série, n.º 103, pp. 3519-3523. https://www.ipst.pt/files/IPST/LEGISLACAO/Legislacao_Nacional/Legislacao_Transplantacao/dec_lei_222_2007.pdf

Decreto-Lei n.º 270/2007, de 26 de julho. (2007, 26 de julho). *Diário da República*, 1.ª série, n.º 143, pp. 4777-4780. https://www.ipst.pt/files/IPST/LEGISLACAO/Legislacao_Nacional/Legislacao_Geral/Decreto_Lei_270_2007.pdf

Decreto-Lei n.º 294/90, de 21 de setembro. Ministério da Saúde. (1990, 21 de setembro). *Diário da República*, n.º 219, Série I. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/294-1990-557440

Despacho, de 3 de julho de 1976 [Relativo à RNTS]. (1976, 3 de julho). *Diário da República*, 2.ª série, n.º 122 (25 de maio). https://www.ipst.pt/files/IPST/LEGISLACAO/Legislacao_Nacional/Legislacao_Geral/Despacho_julho_1976_RNTS.pdf

Despacho n.º 22/95. (1995, 28 de setembro). *Diário da República*, 2.ª série, n.º 225. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/22-987993

Despacho n.º 14879/2009. (2009, 2 de julho). *Diário da República*, 2.ª série, n.º 126. https://www.ipst.pt/files/IPST/LEGISLACAO/Legislacao_Nacional/Legislacao_Transplantacao/Despacho_14879_2009.pdf

Doughty, H., Glasgow, S., & Kristoffersen, E. (2016). Mass casualty events: blood transfusion emergency preparedness across the continuum of care. *Transfusion*, *56 Suppl 2*, S208–S216. https://doi.org/10.1111/trf.13488

Duan, Q., & Liao, T. W. (2014). Optimization of blood supply chain with shortened shelf lives and ABO compatibility. *International journal of production economics*, *153*, 113-129.

Eketunde, A., & Thomasson, R. (2024). *Shelf lives of products*. PathologyOutlines.com. https://www.pathologyoutlines.com/topic/transfusionmedshelflives.html

Fontelonga, A. (2002, 22 de abril). Transfusão de glóbulos vermelhos. *ALERT Life Science Computing*.

Gonçalves, J. N., Carvalho, M. S., & Cortez, P. (2020). Operations research models and methods for safety stock determination: A review. *Operations research perspectives*, *7*, 100164.

Goodwin, L. D., & Goodwin, W. L. (1984). Qualitative vs. quantitative research or qualitative and quantitative research?. *Nursing research, 33*(6), 378-384.

Harris, F. W. (1990). How many parts to make at once. *Operations research,* 38(6), 947 950. https://doi.org/10.1287/opre.38.6.947

Ingle, C., Bakliwal, D., Jain, J., Singh, P., Kale, P., & Chhajed, V. (2021, July). Demand forecasting: Literature review on various methodologies. In *2021 12th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)* (pp. 1-7). IEEE.

IPST, IP. (n.d.). *Compatibilidade dos grupos sanguíneos*. https://ipst.pt/index.php/pt/comunicacao/destaques-ipst-ip/49-ipst-newsletter/218-compatibilidade-dos-grupos-sanguineos

IPST, IP. (n.d.). *Estrutura e organização*. https://ipst.pt/index.php/pt/institucional/estrutura-e-organizacao

IPST, IP. (n.d.). *História*. https://ipst.pt/index.php/pt/institucional/historia

IPST, IP. (n.d.). *Missão | Atribuições | Visão | Valores*. https://ipst.pt/index.php/pt/institucional/missao-atribuicoes-visao-valores

Katz, A. J., Carter, C. W., Saxton, P., Blutt, J., & Kakaiya, R. M. (1983). Simulatio analysis of platelet production and inventory management. *Vox sanguinis*, *44*(1), 31–36. https://doi.org/10.1111/j.1423-0410.1983.tb04100.x

Ledman, R. E., & Groh, N. (1984). Platelet production planning to ensure availability while minimizing outdating. Transfusion, 24(6), 532-533.

Lin, R. (2019). The importance of successful inventory management to enterprises: A case study of Wal-Mart. In *2019 International Conference on Management, Finance and Social Sciences Research (MFSSR 2019). London: Francis Academic Press.*

Lowalekar, H., & Ravichandran, N. (2017). A combined age-and-stock-based policy for ordering blood units in hospital blood banks. *International Transactions in Operational Research*, *24*(6), 1561-1586..

Lu, W., Yazer, M., Li, N., Ziman, A., Wendel, S., Tang, H., ... & Biomedical Excellence

for Safer Transfusions Collaborative. (2022). Hospital red blood cell and platelet supply and utilization from March to December of the first year of the COVID-19 pandemic: The BEST collaborative study. *Transfusion*, *62*(8), 1559-1570.
Meneses, M., Santos, D., & Barbosa-Póvoa, A. (2023). Modelling the blood supply chain. *European Journal of Operational Research*, *307*(2), 499-518.
Najafi, M., Ahmadi, A., & Zolfagharinia, H. (2017). Blood inventory management in hospitals: Considering supply and demand uncertainty and blood transshipment possibility. Operations Research for Health Care, 15, 43-56.

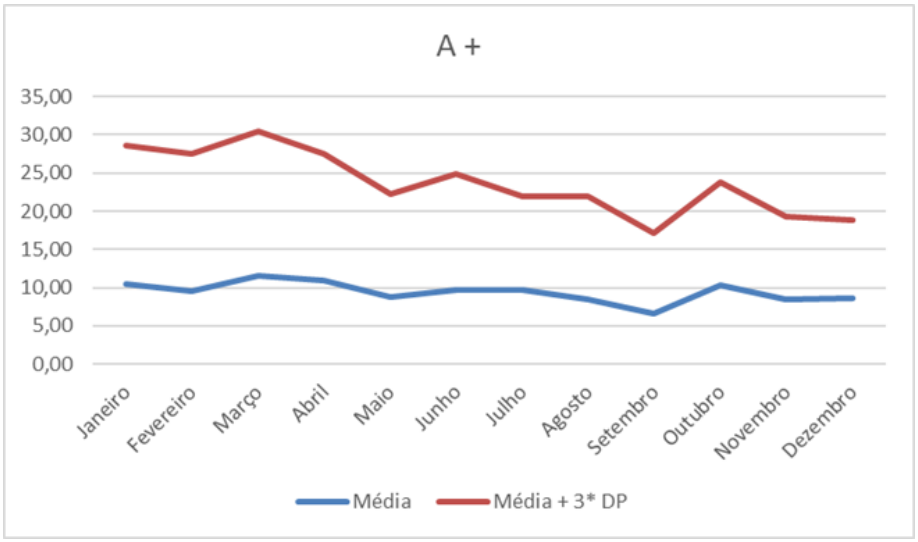
National Cancer Institute. (n.d.). *Composition of the blood*. SEER Training. https://training.seer.cancer.gov/leukemia/anatomy/composition.html
Transfusion Ontario. (2020, outubro 2). *Inventory management toolkit: Blood inventory management best practices for hospital transfusion services*. https://transfusionontario.org/wp-content/uploads/2020/08/InventoryManagementToolkit_02Oct2020final.pdf
Park, S. J., Lim, Y. A., & Kim, K. H. (2024). Optimizing the Hospital Blood Bank Stock in Korea: A Comparative Analysis of the Uniform 5-Day Stock Index and a Novel Blood Stock Index. *Annals of laboratory medicine*, *44*(3), 262–270. https://doi.org/10.3343/alm.2023.0242
Pérez Vaquero, M. Á., Gorria, C., Lezaun, M., López, F. J., Monge, J., Eguizabal, C., & Vesga, M. A. (2016). Optimization of the management of platelet concentrate stocks in the Basque Country using mathematical simulation. *Vox sanguinis*, *110*(4), 369-375.
Pierskalla, W. P. (2005). Supply chain management of blood banks. In *Operations research and health care: A handbook of methods and applications* (pp. 103-145). Boston, MA: Springer US.
Portaria n.º 560/80, de 3 de setembro. (1980, 3 de setembro). *Diário da República*, n.º 203/1980, Série I, pp. 2523-2525. https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/560-464006
Reynolds, E., Wickenden, C., & Oliver, A. (2001). The impact of improved safety on maintaining a sufficient blood supply. *Transfusion clinique et biologique : journal de la Societe francaise de transfusion sanguine*, *8*(3), 235–239. https://doi.org/10.1016/s1246-7820(01)00139-2
Shash, H., Alabdulqader, R., Alshehri, L., Alkathery, N., Al-Abdulrahman, R., Alahmed, S., Bubshait, D., AlKhater, S., & Al-Nafie, A. (2022). Blood utilization and quality indicators at a university hospital in the Eastern Province of Saudi Arabia. *PloS one*, *17*(4), e0267449.https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267449
Shih, H., & Rajendran, S. (2020). Stochastic inventory model for minimizing blood shortage and outdating in a blood supply chain under supply and demand uncertainty. *Journal of Healthcare Engineering*, *2020*(1), 8881751.
Spector, P. E. (1981). *Research designs.* SAGE publications.
Stanger, S. H., Yates, N., Wilding, R., & Cotton, S. (2012). Blood inventory management: hospital best practice. *Transfusion medicine reviews*, *26*(2), 153–163. https://doi.org/10.1016/j.tmrv.2011.09.001
Vaz, S., Warren, C., Carney, E., Hands, K., Gowans, D., Davidson, F. A., ... & Murray, P. J. (2022). Modelling the blood bank inventory: simple formulae for stock management in clinical settings. *medRxiv*, 2022-11.
World Health Organization. (2025). *Good practices for blood establishments*. World Health Organization.
World Population Review. (2025). *Blood type by country*.

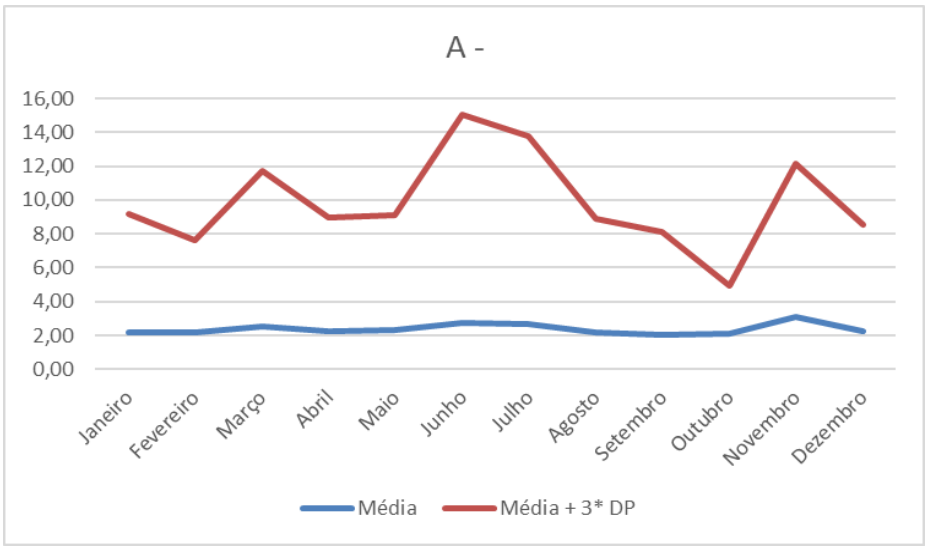
https://worldpopulationreview.com/country-rankings/blood-type-by-country
Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications* (Vol. 6). Thousand Oaks, CA: Sage.

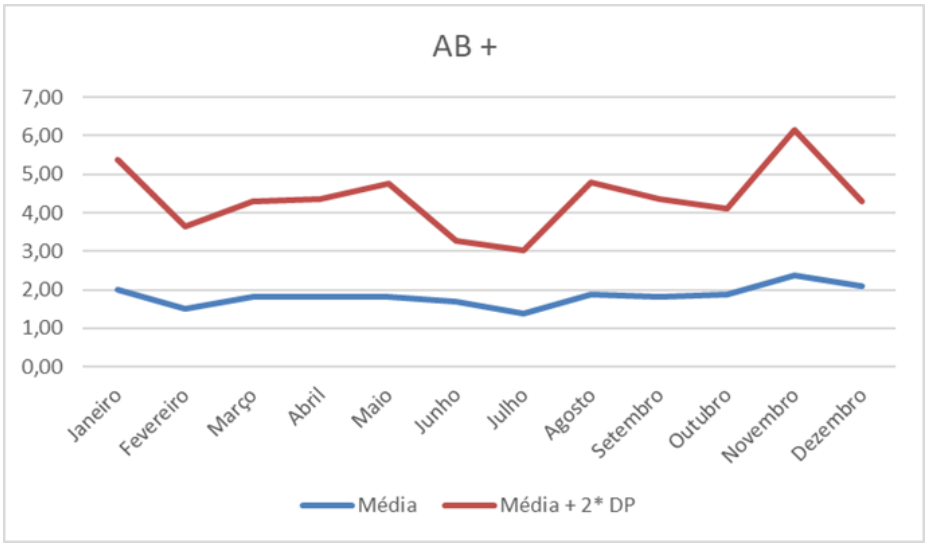
Anexos

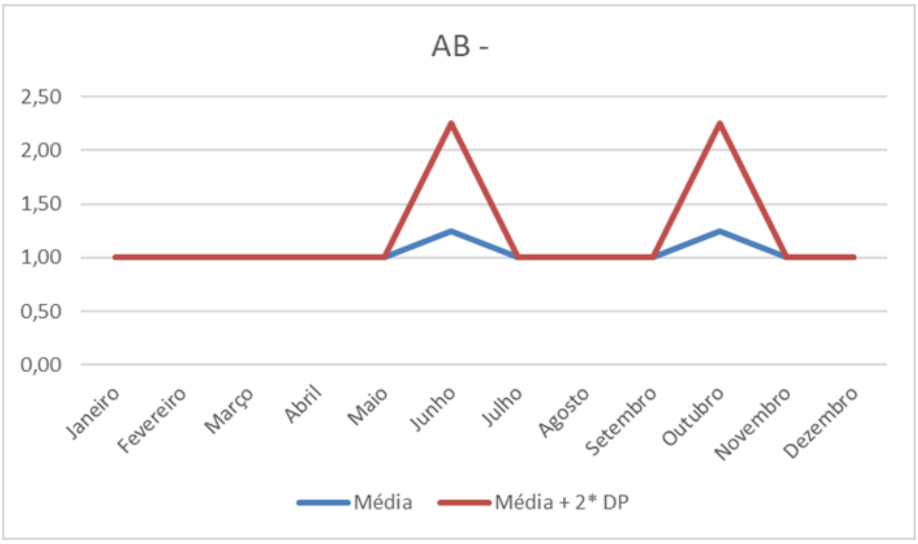
Anexo A – Metodologia aplicada por grupo sanguineo

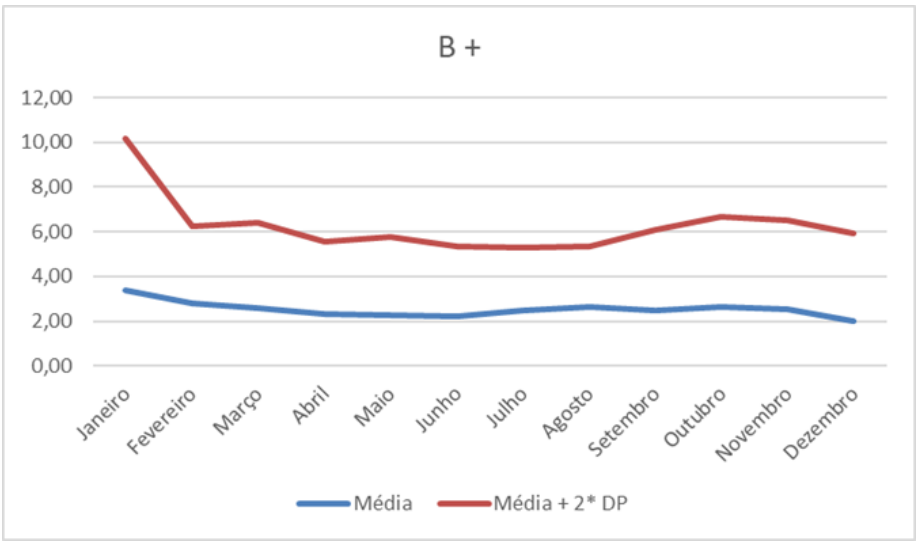
Hospital São José

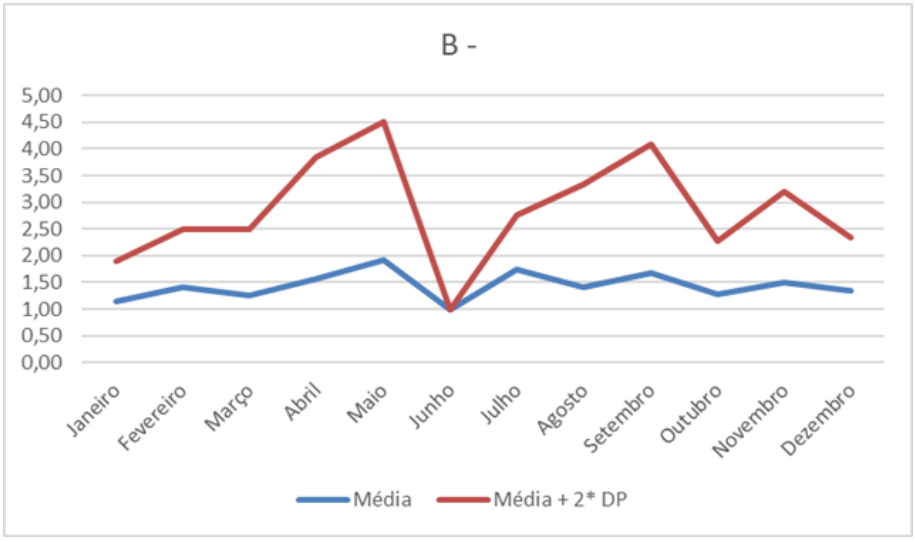


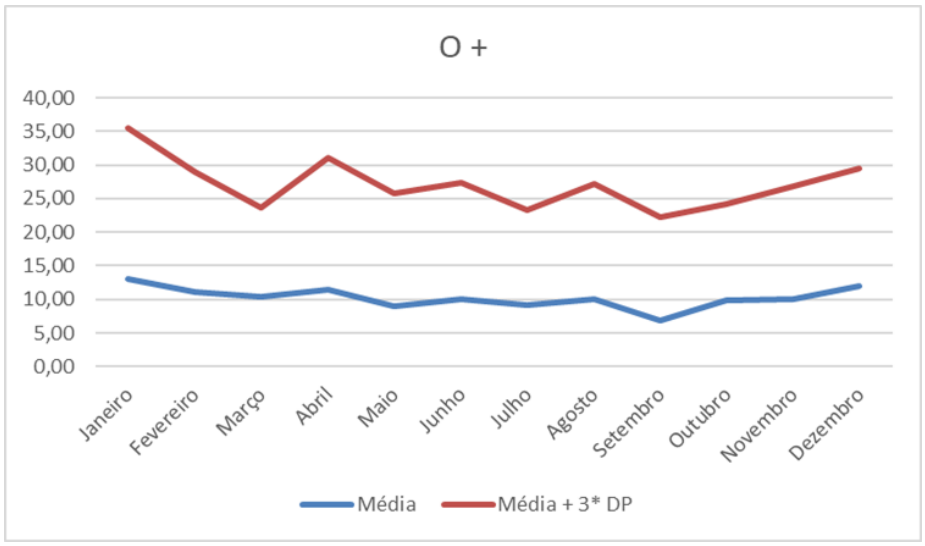


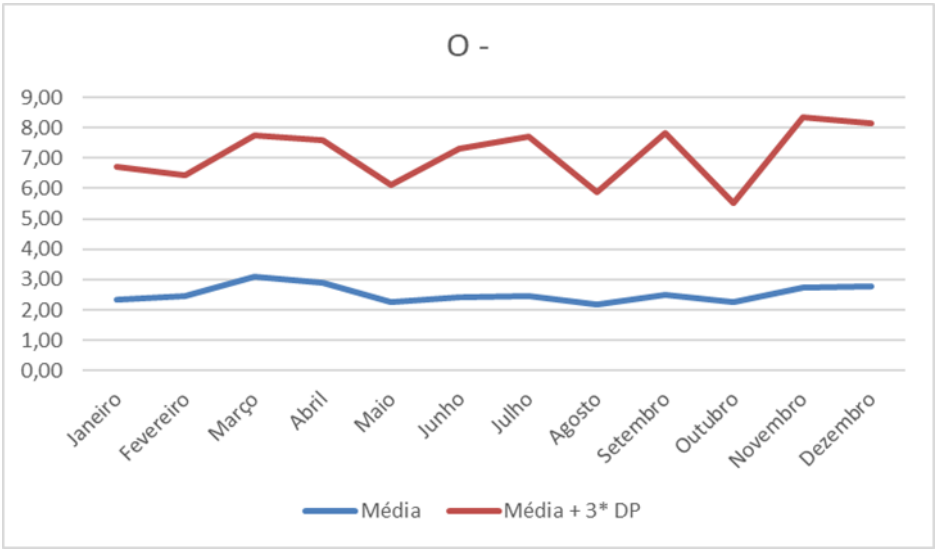



AB -
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Dezembro
Média
Média + 2* DP

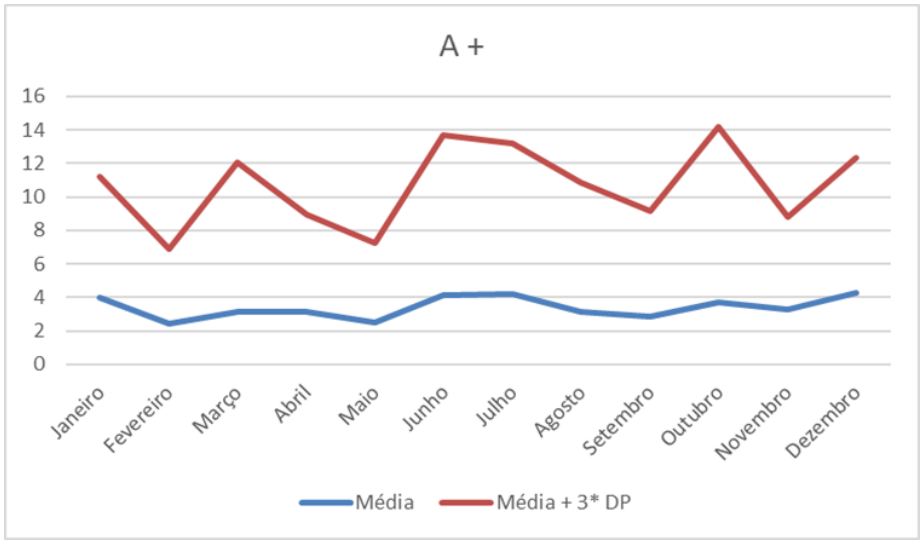

B +
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Dezembro
Média
Média + 2* DP

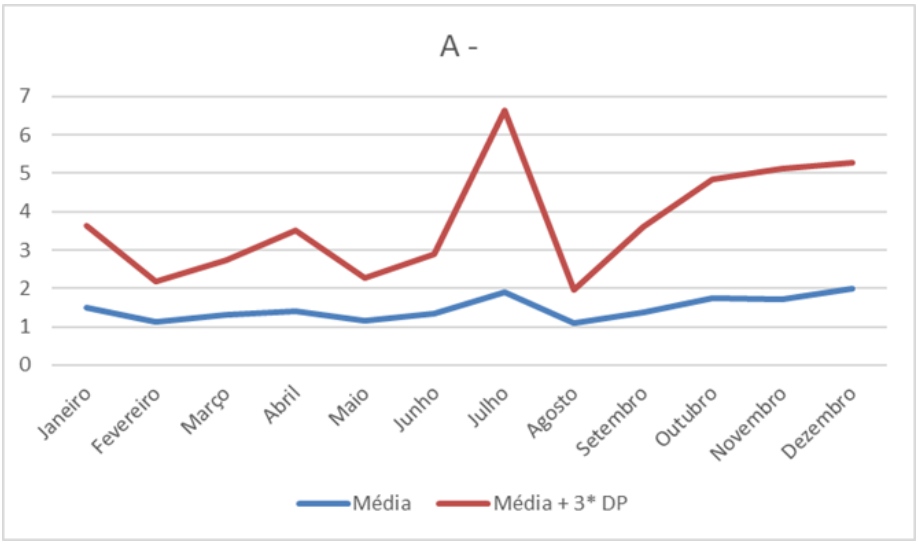

B -
5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Dezembro
Média
Média + 2* DP

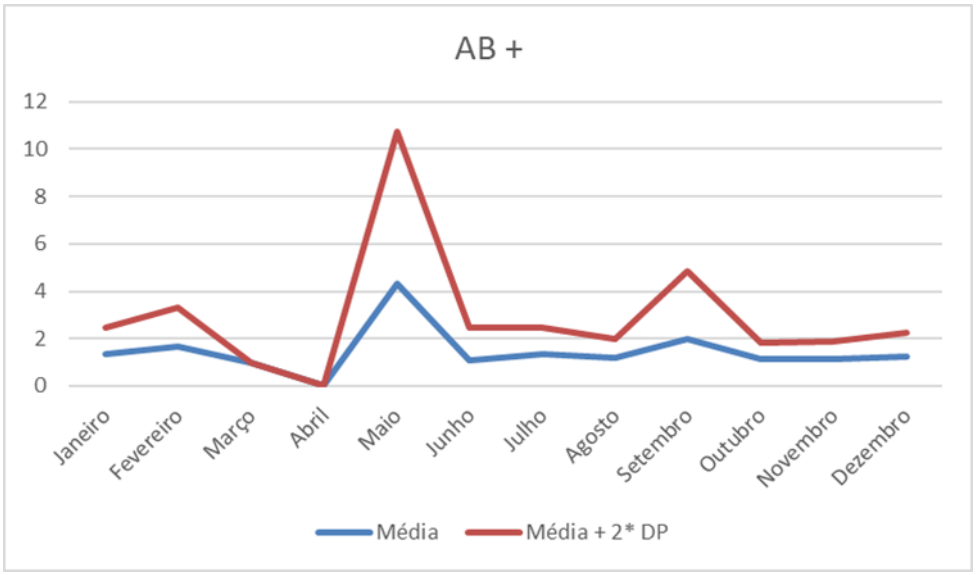


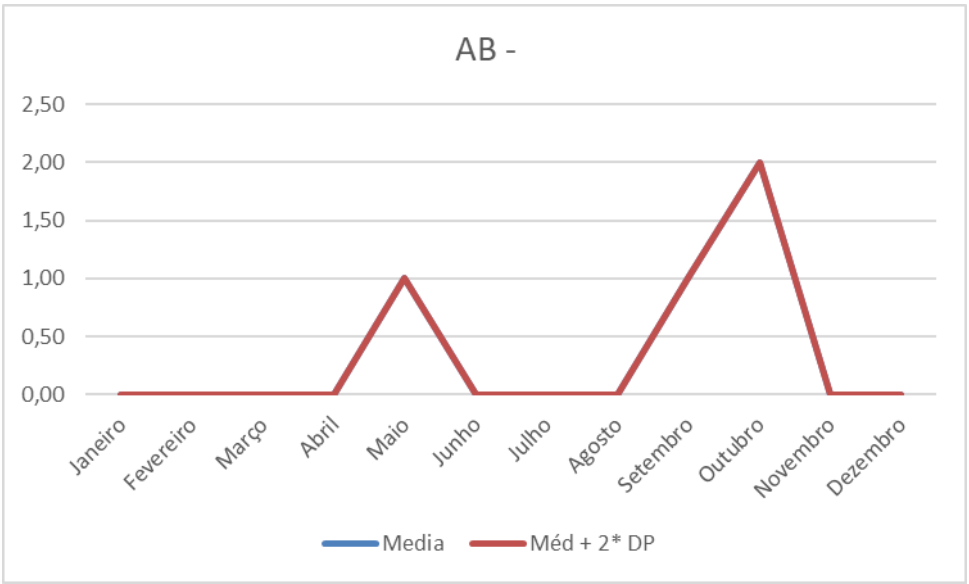


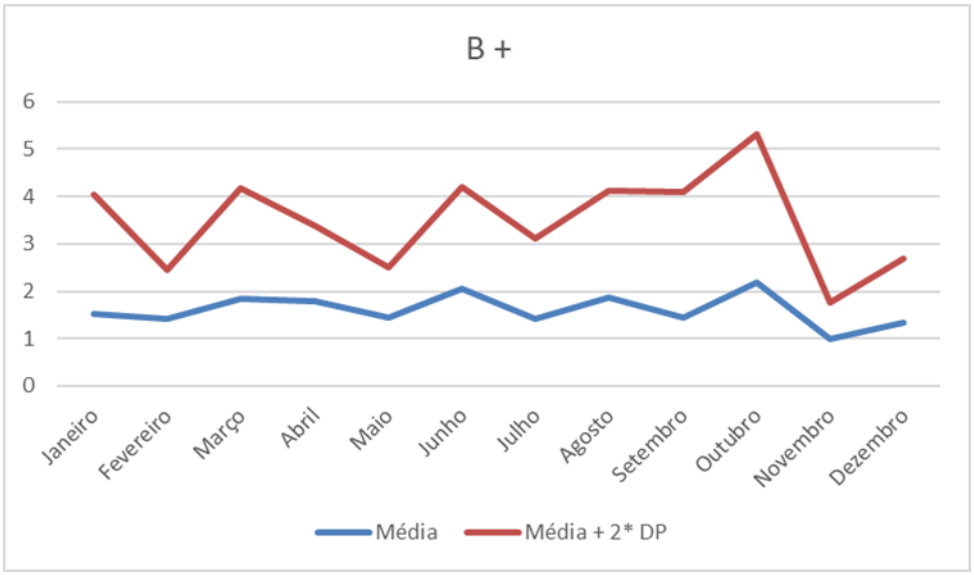
Hospital Santa Marta

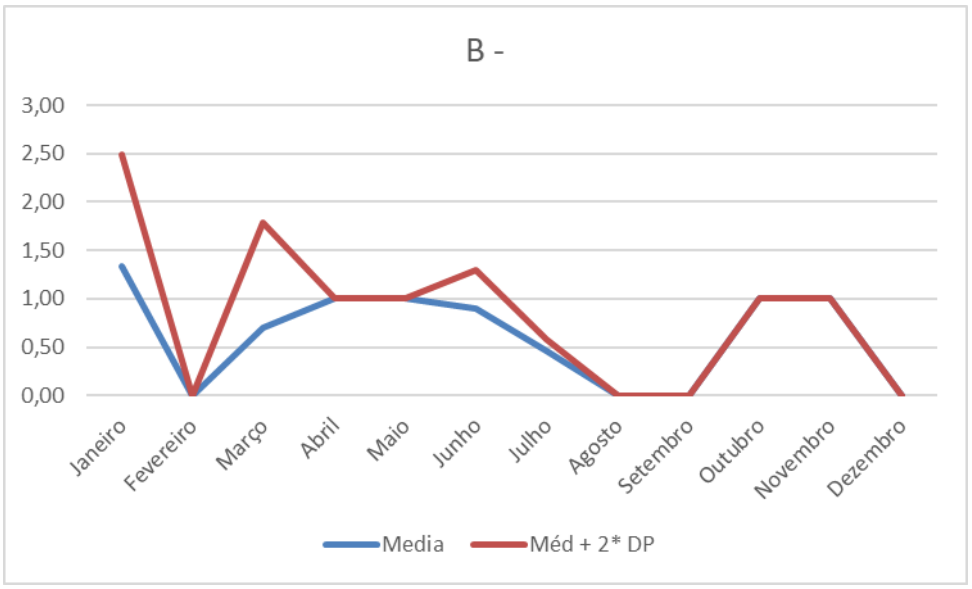


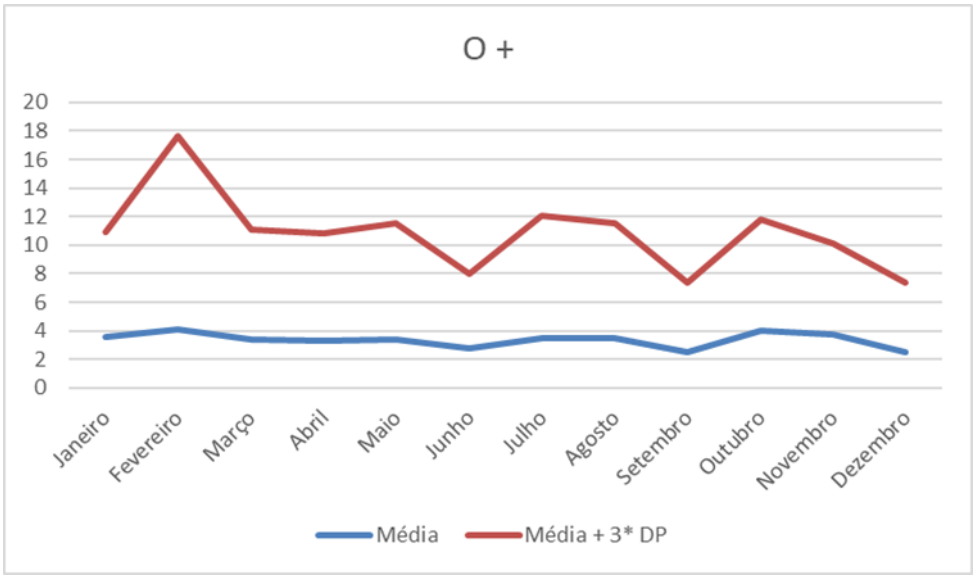

A -
7
6
5
4
3
2
1
0
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Dezembro
Média
Média + 3* DP

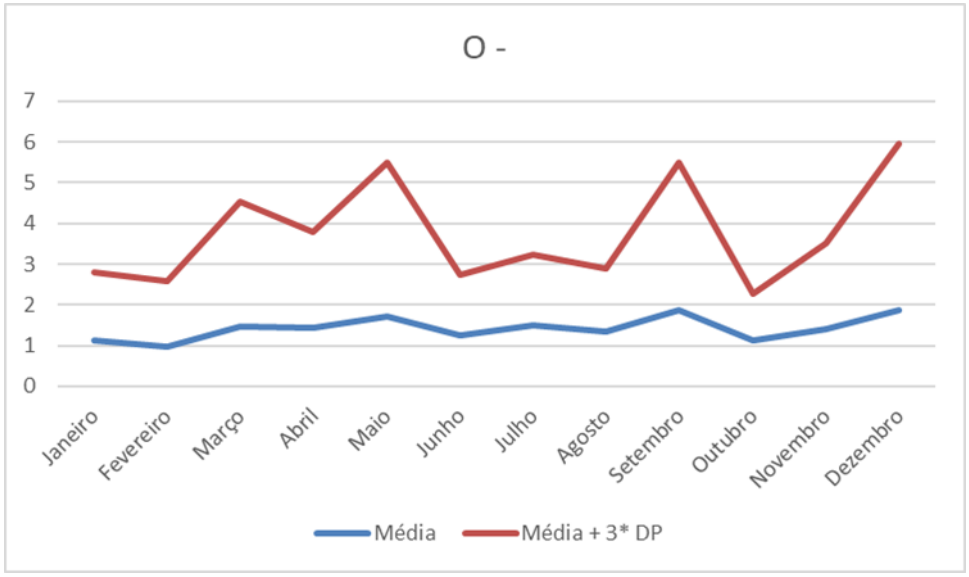

AB +
12
10
8
6
4
2
0
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Dezembro
Média
Média + 2* DP


AB -
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Dezembro
Media
Méd + 2* DP

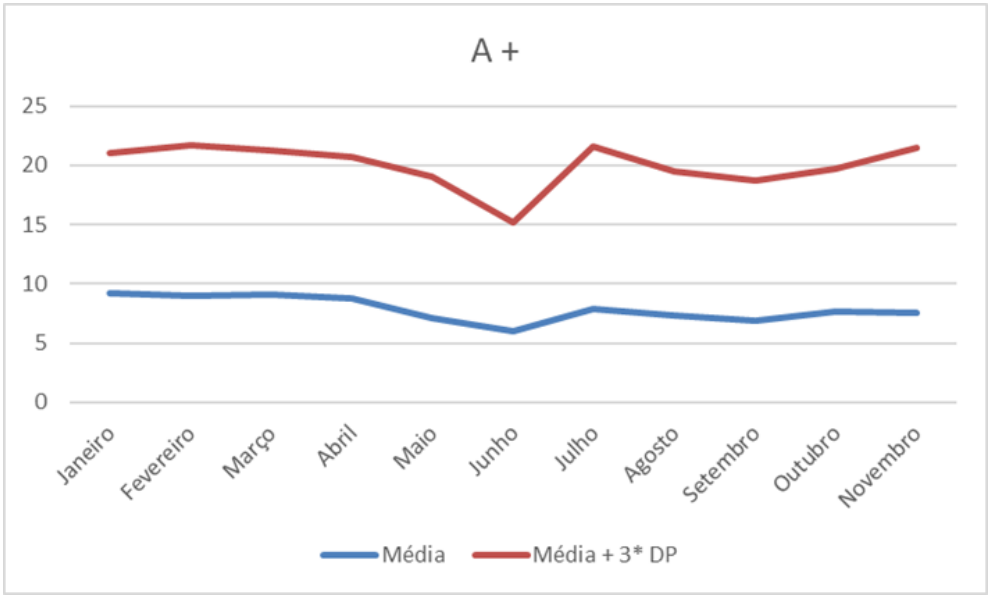

B +
6
5
4
3
2
1
0
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Dezembro
Média
Média + 2* DP

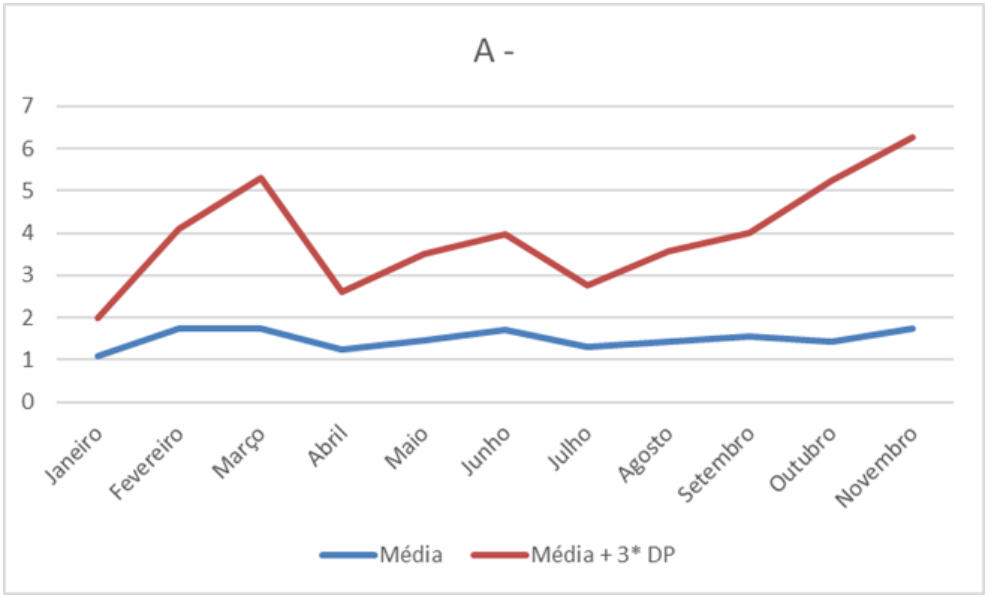

B -
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Dezembro
Media
Méd + 2* DP

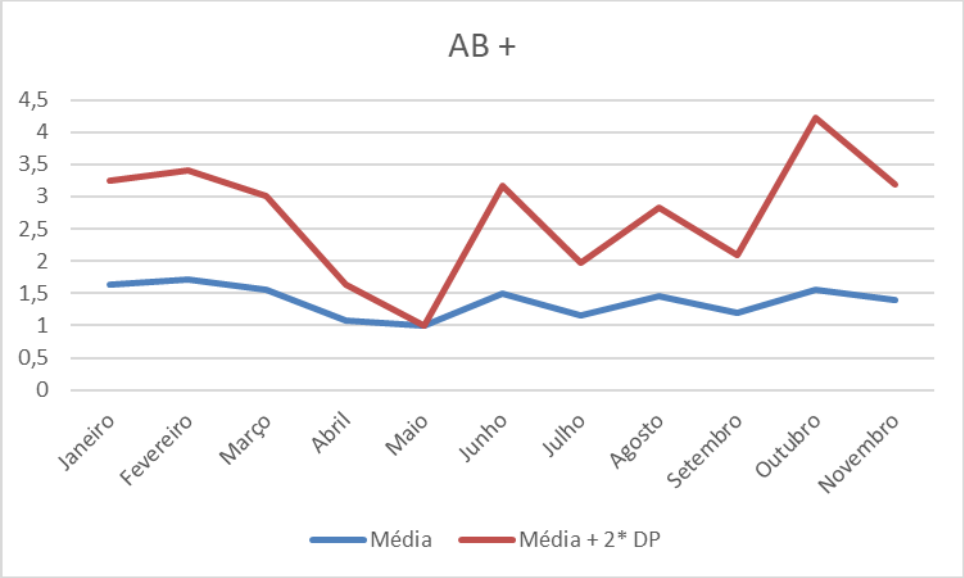

O +
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Dezembro
Média
Média + 3* DP

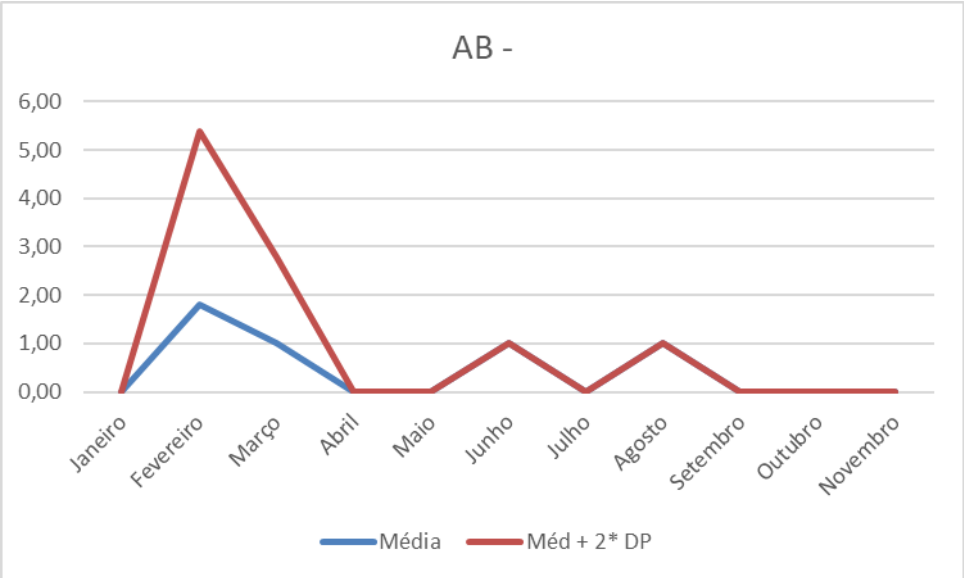


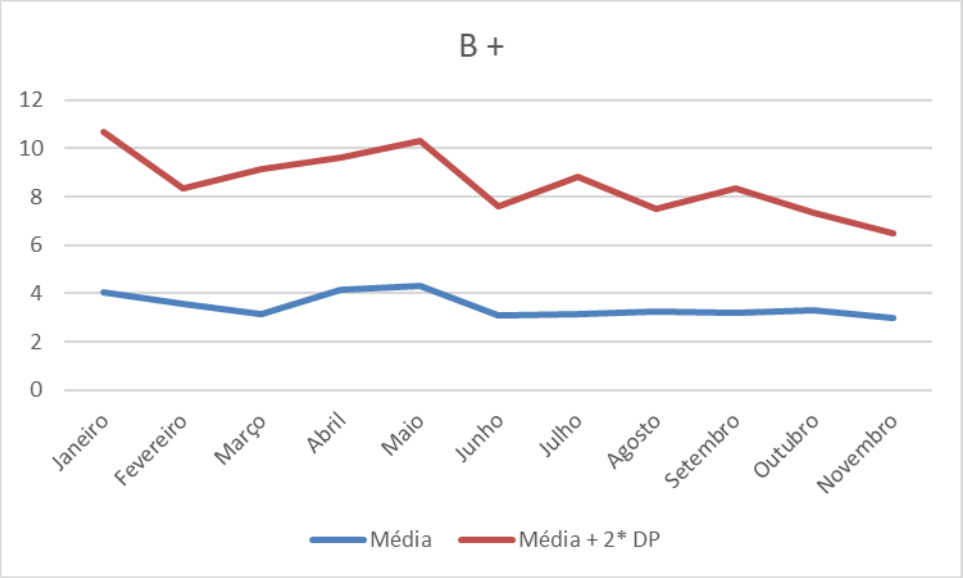
Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca

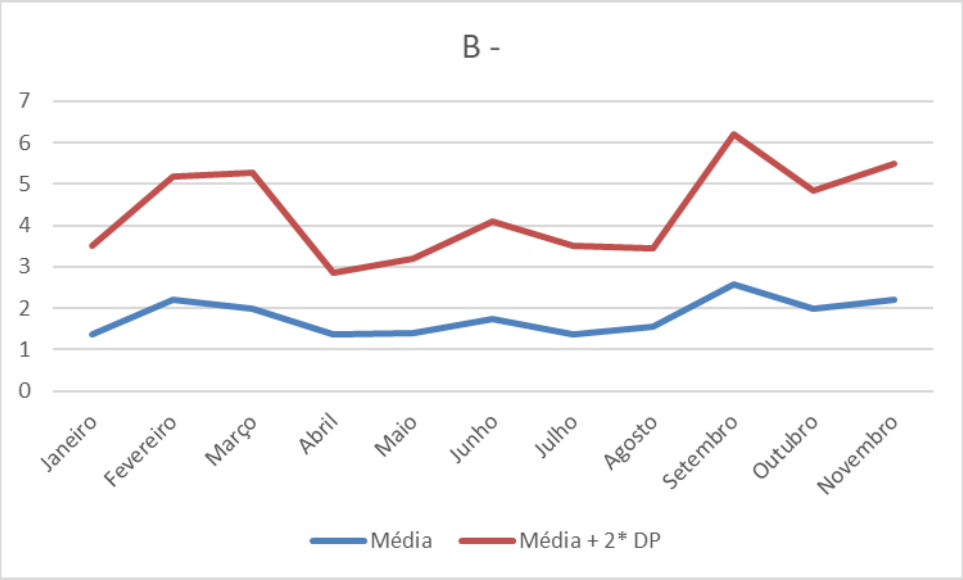


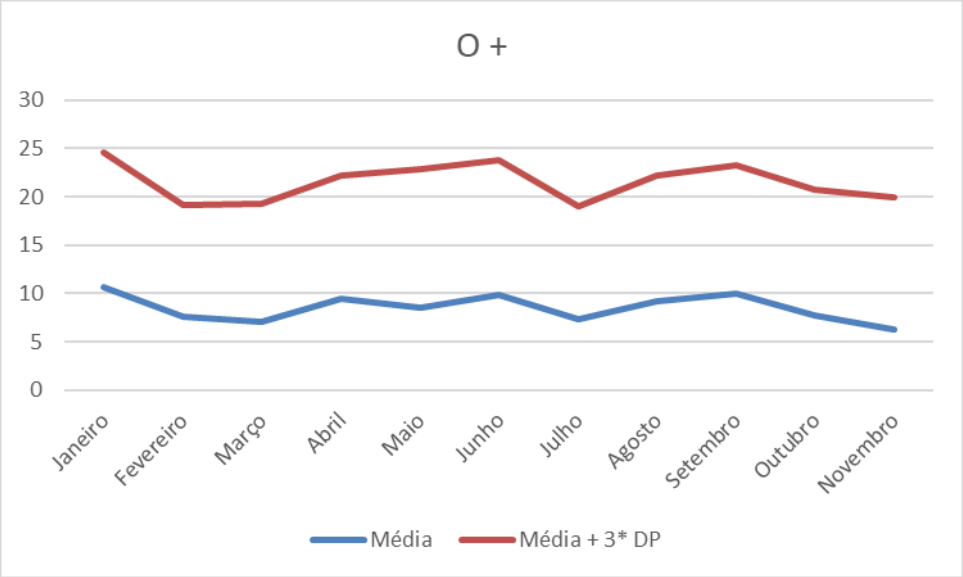


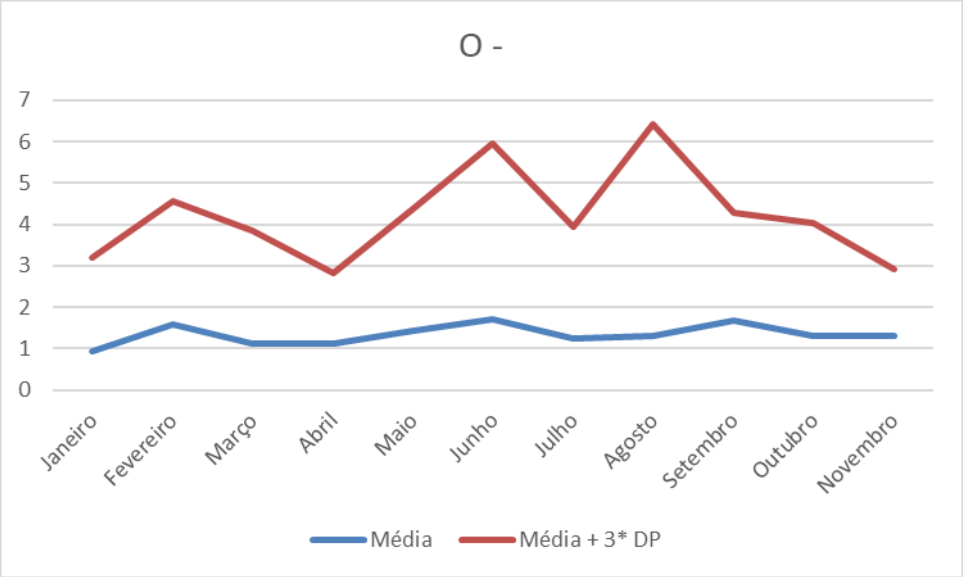

AB +
4,5
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Média
Média + 2* DP


AB -
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Média
Méd + 2* DP


B +
12
10
8
6
4
2
0
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Média
Média + 2* DP


B -
7
6
5
4
3
2
1
0
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Média
Média + 2* DP


O +
30
25
20
15
10
5
0
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Média
Média + 3* DP


O -
7
6
5
4
3
2
1
0
Janeiro
Fevereiro
Março
Abril
Maio
Junho
Julho
Agosto
Setembro
Outubro
Novembro
Média
Média + 3* DP

Anexo B- Quadros Excel

Hospital São José

	A -		A +		AB -		AB +		B -		B +		O -		O +	
	Média	Méd + 3* DP	Média	Méd + 3* DP	Média	Méd + 2* DP	Média	Méd + 2* DP	Média	Méd + 2* DP	Média	Méd + 2* DP	Média	Méd + 3* DP	Média	Méd + 3* DP
Janeiro	2,19	9,20	10,43	28,58	1,00	1,00	2,00	5,37	1,14	1,90	3,40	10,16	2,32	6,72	13,02	35,55
Fevereiro	2,20	7,60	9,56	27,55	1,00	1,00	1,50	3,64	1,40	2,50	2,77	6,26	2,45	6,42	11,05	29,01
Março	2,50	11,70	11,58	30,42	1,00	1,00	1,82	4,30	1,25	2,49	2,57	6,42	3,10	7,73	10,45	23,71
Abril	2,27	8,97	11,00	27,58	1,00	1,00	1,81	4,37	1,57	3,84	2,30	5,58	2,90	7,60	11,43	31,00
Maio	2,30	9,09	8,71	22,20	1,00	1,00	1,83	4,77	1,91	4,51	2,27	5,77	2,26	6,13	8,97	25,74
Junho	2,75	15,05	9,67	24,85	1,25	2,25	1,69	3,27	1,00	1,00	2,23	5,37	2,42	7,31	9,97	27,35
Julho	2,67	13,75	9,67	21,91	1,00	1,00	1,39	3,02	1,75	2,75	2,47	5,31	2,47	7,71	9,16	23,28
Agosto	2,16	8,91	8,55	21,96	1,00	1,00	1,87	4,78	1,40	3,33	2,64	5,37	2,19	5,89	10,00	27,19
Setembro	2,05	8,10	6,65	17,11	1,00	1,00	1,81	4,37	1,67	4,09	2,48	6,09	2,48	7,83	6,89	22,28
Outubro	2,09	4,96	10,39	23,82	1,25	2,25	1,88	4,11	1,29	2,26	2,62	6,69	2,24	5,51	9,77	24,18
Novembro	3,09	12,14	8,48	19,27	1,00	1,00	2,36	6,16	1,50	3,20	2,56	6,51	2,72	8,37	10,10	26,87
Dezembro	2,26	8,53	8,58	18,85	1,00	1,00	2,10	4,30	1,33	2,33	2,00	5,95	2,78	8,13	11,94	29,50
Média Geral	2,38	9,83	9,44	23,68	1,04	1,21	1,84	4,37	1,43	2,85	2,53	6,29	2,53	7,11	10,23	27,14

Méd = média

DP = Desvio Padrã

	A +	A -	AB +	AB -	B +	B -	O +	O -
Média	9,44	2,38	1,84	1,04	2,53	1,43	10,23	2,53
Metodologia (MÉD + x*DP)	23,68	9,83	4,37	1,21	6,29	2,85	27,14	7,11

Méd = média

DP = Desvio P

	A -		A +		AB -		AB +		B -		B +		O -		O +	
	Média	Méd + 3* DP	Media	Méd + 3* DP	Media	Méd + 2* DP	Media	Méd + 2* DP	Media	Méd + 2* DP	Media	Méd + 2* DP	Media	Méd + 3* DP	Media	Méd + 3* DP
Janeiro	1,50	3,62	4,00	11,22	0,00	0,00	1,33	2,49	1,33	2,49	1,53	4,05	1,13	2,79	3,54	10,89
Fevereiro	1,13	2,19	2,44	6,87	0,00	0,00	1,67	3,30	0,00	0,00	1,43	2,46	0,97	2,58	4,14	17,61
Março	1,30	2,75	3,13	12,09	0,00	0,00	1,00	1,00	0,70	1,79	1,83	4,17	1,47	4,53	3,40	11,13
Abril	1,40	3,50	3,17	8,95	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,80	3,38	1,43	3,79	3,35	10,81
Maio	1,15	2,28	2,48	7,27	1,00	1,00	4,33	10,76	1,00	1,00	1,44	2,50	1,72	5,48	3,37	11,56
Junho	1,33	2,88	4,13	13,72	0,00	0,00	1,08	2,47	0,90	1,30	2,05	4,21	1,25	2,75	2,78	7,99
Julho	1,91	6,64	4,20	13,16	0,00	0,00	1,33	2,49	0,47	0,58	1,41	3,12	1,50	3,23	3,52	12,08
Agosto	1,08	1,95	3,13	10,82	0,00	0,00	1,17	1,98	0,00	0,00	1,88	4,13	1,33	2,88	3,48	11,52
Setembro	1,38	3,61	2,87	9,15	1,00	1,00	2,00	4,83	0,00	0,00	1,45	4,09	1,86	5,50	2,54	7,39
Outubro	1,75	4,86	3,73	14,18	2,00	2,00	1,13	1,83	1,00	1,00	2,19	5,32	1,14	2,28	4,01	11,80
Novembro	1,71	5,13	3,27	8,80	0,00	0,00	1,14	1,90	1,00	1,00	0,99	1,76	1,40	3,50	3,73	10,10
Dezembro	2,00	5,29	4,27	12,34	0,00	0,00	1,25	2,25	0,00	0,00	1,33	2,68	1,87	5,97	2,49	7,39
Média Geral	1,47	3,72	3,40	10,71	0,33	0,33	1,45	2,94	0,62	0,85	1,61	3,49	1,42	3,77	3,36	10,86

Méd = média

DP = Desvio Padrã

	A +	A -	AB +	AB -	B +	B -	O +	O -
Média Metodologia (MÉD + x*DP)	10,71	3,72	2,94	0,33	3,49	0,85	10,86	3,77

Méd = média

DP = Desvio P

	A -		A +		AB -		AB +		B -		B +		O -		O +	
	Média	Méd + 3* DP	Média	Méd + 3* DP	Média	Méd + 2* DP	Média	Méd + 2* DP	Média	Méd + 2* DP	Média	Méd + 2* DP	Média	Méd + 3* DP	Média	Méd + 3* DP
Janeiro	1,09	2,00	9,23	21,07	0,00	0,00	1,64	3,25	1,38	3,50	4,05	10,68	0,95	3,19	10,65	24,53
Fevereiro	1,73	4,09	8,99	21,76	1,80	5,38	1,71	3,40	2,22	5,18	3,59	8,37	1,58	4,55	7,56	19,08
Março	1,73	5,30	9,11	21,25	1,00	2,78	1,56	3,01	2,00	5,27	3,14	9,15	1,11	3,83	7,08	19,27
Abril	1,25	2,61	8,72	20,67	0,00	0,00	1,08	1,63	1,38	2,86	4,15	9,63	1,11	2,82	9,46	22,24
Maio	1,45	3,52	7,16	19,09	0,00	0,00	1,00	1,00	1,40	3,19	4,32	10,28	1,44	4,38	8,52	22,90
Junho	1,71	3,98	6,04	15,14	1,00	1,00	1,50	3,17	1,75	4,08	3,11	7,63	1,70	5,95	9,83	23,73
Julho	1,30	2,75	7,94	21,59	0,00	0,00	1,17	1,98	1,38	3,50	3,17	8,83	1,23	3,93	7,32	19,00
Agosto	1,43	3,58	7,32	19,48	1,00	1,00	1,45	2,83	1,57	3,45	3,28	7,51	1,31	6,42	9,20	22,22
Setembro	1,55	4,01	6,90	18,74	0,00	0,00	1,20	2,09	2,57	6,20	3,18	8,33	1,67	4,29	9,97	23,31
Outubro	1,44	5,23	7,61	19,70	0,00	0,00	1,56	4,22	2,00	4,83	3,31	7,33	1,30	4,04	7,71	20,70
Novembro	1,75	6,25	7,50	21,43	0,00	0,00	1,40	3,19	2,20	5,49	3,00	6,46	1,31	2,93	6,31	19,97
Média Geral	1,49	3,94	7,87	19,99	0,44	0,92	1,39	2,71	1,80	4,32	3,48	8,56	1,34	4,21	8,51	21,54
																Méd = média
																DP = Desvio Padrã

	A +	A -	AB +	AB -	B +	B -	O +	O -
Média	7,87	1,49	1,39	0,44	3,48	1,8	8,51	1,34
Metodologia (MÉD + x*DP)	19,99	3,94	2,71	0,92	8,56	4,32	21,54	4,21
								Méd = média
								DP = Desvio P