

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ADMINISTRAÇÃO E
ECONOMIA

Nivia Maria Ferreira Sousa

Modelagem e simulação de eventos discretos para
análise operacional de um processo hospitalar: o caso
do transplante de medula óssea

Ouro Preto
2026

Nivia Maria Ferreira Sousa

Modelagem e simulação de eventos discretos para análise
operacional de um processo hospitalar: o caso do transplante de
medula óssea

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Orientadora: Prof. Dra. Irce Fernandes Guimarães

Coorientadora: Engenheira mestranda Laura Eliza Ferreira Silva

Ouro Preto
2026



FOLHA DE APROVAÇÃO

Nívia Maria Ferreira Souza

Modelagem e Simulação de Eventos Discretos para Análise Operacional de um Processo Hospitalar: O caso do Transplante de Medula Óssea

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira

Aprovada em 18 de junho de 2026

Membros da banca

Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães- Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto- UFOP)
Dr. Yã Grossi Andrade - (Universidade Federal de Ouro Preto- UFOP)
Engenheira - Mestranda Laura Eliza Ferreira Silva - (Universidade Federal de Ouro Preto- UFOP)

Professora Irce Fernandes Gomes Guimarães, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 22/06/2026



Documento assinado eletronicamente por **Irce Fernandes Gomes Guimaraes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/07/2026, às 20:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1126514** e o código CRC **9427B4BA**.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, Maria Vânia Souza e Eduardo Murilo Souza, pelo amor incondicional, pelos valores que me transmitiram e pelo constante incentivo à minha formação. Esta conquista também lhes pertence.

Aos meus irmãos, Morgana, Maria Eduarda e Arthur Senna, agradeço pelo carinho, pela companhia e pelo apoio ao longo desta trajetória.

Ao meu namorado, Eric Augusto, pela presença constante, pela compreensão e pelo incentivo nos momentos mais desafiadores desta trajetória. À família Lopes Silva, agradeço pelo acolhimento, pelo carinho e pelas orações.

À minha tia, Prof.^a Dr.^a Claudineia Ferreira, registro minha profunda gratidão pelo amor, pelo acompanhamento atento e pelo incentivo permanente.

À minha amiga Maria Eduarda Meira (Boninha), agradeço pela amizade leal, pelo apoio contínuo e pela disposição em auxiliar nos momentos de maior necessidade.

À República Volúpia, pela convivência, pelas experiências compartilhadas e pelos laços construídos, que contribuíram de forma marcante para minha formação humana e acadêmica.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Irce Fernandes Guimarães, e à minha coorientadora, Laura Eliza Ferreira Silva, agradeço pela orientação criteriosa, pela generosidade intelectual e pela confiança depositada neste trabalho. Sou grata pela oportunidade de compartilhar esta pesquisa, pelos ensinamentos transmitidos e pelo apoio diante dos desafios inerentes à sua realização.

À Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), à Escola de Minas e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), agradeço pela oportunidade e pelo apoio concedido por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos profissionais e respondentes que participaram deste estudo, bem como às instituições hospitalares que colaboraram com a pesquisa, manifesto meu sincero agradecimento pela disponibilidade, confiança e valiosa contribuição.

Ao Roberth Soares, agradeço de maneira especial pelo apoio, pelas orientações e pelas relevantes contribuições oferecidas ao longo da construção deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa e para a concretização desta importante etapa da minha vida acadêmica.

“Se vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.”

— Isaac Newton

Resumo

O transplante de medula óssea é um processo hospitalar complexo composto por etapas clínicas, laboratoriais, administrativas e logísticas interdependentes, cuja execução é influenciada por restrições operacionais e limitações de recursos. Este trabalho teve como objetivo modelar e simular o processo de transplante de medula óssea sob a perspectiva da Pesquisa Operacional, representando-o como um sistema do tipo *flow shop* com linhas semiparalelas e uma operação final sincronizada. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratória e descritiva, com abordagem quali-quantitativa. Os dados foram obtidos por meio de revisão bibliográfica, revisão bibliométrica preliminar, aplicação de questionários e entrevistas exploratórias com profissionais envolvidos no processo. Com base nas informações coletadas, foi desenvolvido um modelo de Simulação de Eventos Discretos no *software* Arena, contemplando os fluxos dos transplantes autólogo e alogênico, incluindo etapas de compatibilidade, busca por doadores, autorizações administrativas, exames laboratoriais e infusão. Foram modelados um cenário atual (*AS-IS*) e um cenário proposto (*TO-BE*), permitindo avaliar o impacto de alterações nos tempos e na capacidade dos recursos críticos. Os resultados evidenciaram que as principais restrições do sistema concentram-se nas etapas administrativas, nos exames de histocompatibilidade e na sincronização entre paciente e doador, sendo que as melhorias implementadas reduziram o tempo médio total do sistema em aproximadamente 57,98%, além de diminuir significativamente os tempos médios de espera nas principais filas operacionais. Conclui-se que a Simulação de Eventos Discretos constitui uma ferramenta eficaz para apoiar a análise de gargalos, avaliar cenários de melhoria e subsidiar a tomada de decisão em processos hospitalares complexos sem interferir na operação real.

Palavras-chave: Simulação de Eventos Discretos. Pesquisa Operacional. Transplante de medula óssea. *Flow shop*. Processos hospitalares.

Abstract

Bone marrow transplantation is a complex healthcare process composed of interdependent clinical, laboratory, administrative, and logistical activities whose performance is affected by operational constraints and limited resources. This study aimed to model and simulate the bone marrow transplantation process from an Operations Research perspective, representing it as a flow shop system with semi-parallel lines and a synchronized final operation. The research is characterized as applied, exploratory, and descriptive, adopting a qualitative and quantitative approach. Data were collected through a literature review, bibliometric review, questionnaires, and exploratory interviews with healthcare professionals involved in the transplantation process. Based on the collected information, a Discrete Event Simulation model was developed using Arena software, encompassing both autologous and allogeneic transplantation pathways, including compatibility assessment, donor search, administrative authorization, laboratory testing, and stem cell infusion. Current-state (AS-IS) and proposed-state (TO-BE) scenarios were modeled to evaluate the effects of changes in processing times and the capacity of critical resources. The results showed that the main operational constraints are concentrated in administrative procedures, histocompatibility testing, and patient–donor synchronization. The proposed improvements reduced the average total system time by approximately 57.98%, while also substantially decreasing the average waiting times at the main operational bottlenecks. It is concluded that Discrete Event Simulation is an effective decision-support tool for identifying bottlenecks, evaluating improvement scenarios, and supporting managerial decision-making in complex healthcare systems without interfering with real-world operations.

Keywords: Bone marrow transplantation. Discrete event simulation. Operations research. Flow shop. Hospital scheduling.

Lista de Figuras

Figura 1 – Conexões da coocorrência da Palavra-Chave “transplante de medula óssea”	20
Figura 2 – Conexões da coocorrência da Palavra-Chave “simulação de eventos discretos”	21
Figura 3 – Conexões da coocorrência da Palavra-Chave “transplante de medula óssea” e “simulação de eventos discretos”	22
Figura 4 – Gráfico de barra com as entradas de novos doadores cadastrados no REDOME por ano	29
Figura 5 – Gráfico de barras com o comparativo numérico entre pacientes e doadores de medula óssea.	30
Figura 6 – Modelo de <i>flow shop</i> com linhas semiparalelas e sincronização	33
Figura 7 – Modelo de <i>flow shop</i> com linhas semiparalelas e sincronização do processo de transplante de medula óssea	34
Figura 8 – Fluxograma Conceitual processo de doação e transplante de medula óssea	37
Figura 9 – Interface do <i>software</i> Arena com os módulos do modelo de simulação .	63
Figura 10 – Modelo de simulação do processo de transplante de medula óssea executado no <i>software</i> Arena	64

Lista de quadros

Quadro 1 – Síntese das abordagens dos estudos analisados (continua)	18
Quadro 2 – Principais etapas citadas pelos participantes	47
Quadro 3 – Recursos mencionados pelos participantes	47
Quadro 4 – Fatores de atraso (<i>tardiness</i>) citados pelos participantes	48
Quadro 5 – Informações temporais coletadas pelo questionário	48
Quadro 6 – Meios de comunicação mencionados pelos participantes	49
Quadro 7 – Principais sugestões registradas	49
Quadro 8 – Síntese da modelagem implementada no Arena	58
Quadro 9 – Recursos do cenário base	61
Quadro 10 – Alterações do cenário ideal em relação ao cenário base	62

Lista de tabelas

Tabela 1 – Distribuição regional de doadores cadastrados e pacientes em busca de transplante no Brasil	31
Tabela 2 – Indicadores gerais do cenário base <i>AS-IS</i>	67
Tabela 3 – Principais tempos médios de espera em fila no cenário base	68
Tabela 4 – Utilização dos recursos no cenário base	70
Tabela 5 – Indicadores gerais do cenário ideal <i>TO-BE</i>	71
Tabela 6 – Principais tempos médios de espera em fila no cenário ideal	72
Tabela 7 – Utilização dos recursos no cenário ideal	73
Tabela 8 – Comparação dos indicadores gerais entre os cenários	74
Tabela 9 – Comparação dos tempos médios de espera em fila	75
Tabela 10 – Comparação da utilização dos recursos	76

Lista de abreviaturas e siglas

ABRALE	Associação Brasileira de Câncer do Sangue
AMEO	Associação da Medula Óssea
ANS	Agência Nacional de Saúde Suplementar
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AS-IS	Estado atual do processo; cenário base da simulação
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CAR-T	<i>Chimeric Antigen Receptor T Cell</i>
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CPCs	Centros de Processamento Celular
DCNT	Doenças Crônicas Não Transmissíveis
DECH	Doença do Enxerto Contra o Hospedeiro
EXPO	Distribuição Exponencial
HLA	<i>Human Leukocyte Antigen</i>
HSCT	<i>Hematopoietic Stem Cell Transplantation</i>
IA	Inteligência Artificial
IEPS	Instituto de Estudos para Políticas de Saúde
IFI	Instituição Fiscal Independente
INCA	Instituto Nacional de Câncer
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PO	Pesquisa Operacional
REDOME	Registro Nacional de Doadores Voluntários de Medula Óssea
REREME	Registro Nacional de Receptores de Medula Óssea

SCUP	Sangue de cordão umbilical e placentário
SED	Simulação de Eventos Discretos
SNT	Sistema Nacional de Transplantes
SUS	Sistema Único de Saúde
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TCTH	Transplante de Células-Tronco Hematopoéticas
TMO	Transplante de Medula Óssea
TO-BE	Estado futuro do processo; cenário ideal da simulação
TRIA	Distribuição Triangular
VOSviewer	<i>Visualization of Similarities Viewer</i>
WIP	<i>Work In Process</i>
WMDA	<i>World Marrow Donor Association</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Considerações iniciais	14
1.2	Objetivos	16
1.3	Justificativas e relevância	16
1.4	Hipóteses	22
1.5	Estrutura do trabalho	23
2	REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1	Desafios Estruturais e de Gestão no setor Público de Saúde	24
2.2	O Câncer de medula óssea e as modalidades terapêuticas	25
2.3	O sistema de doação de medula óssea no Brasil	26
2.3.1	Modalidades de doação e fontes de células-tronco	26
2.3.2	Contexto regulatório e políticas públicas	27
2.3.3	Administração de serviços e desafios logísticos	27
2.3.4	Dinâmica sociocultural e barreiras de acesso	28
2.4	Indicadores de saúde e cenário epidemiológico	29
2.5	Aplicações de Pesquisa Operacional em Sistemas de Saúde	31
2.5.1	Modelos e Teorias de Sequenciamento (<i>Scheduling</i>)	31
2.5.1.1	Sequenciamento em <i>flow shop</i> com linhas semiparalelas e operação sincronizada	32
2.5.2	Simulação computacional e simulação-otimização	34
2.5.3	Teoria das Filas	35
3	METODOLOGIA	38
3.1	Natureza e abordagem da pesquisa	38
3.2	Aspectos éticos e proteção dos participantes	39
3.3	Instrumento de coleta de dados	40
3.4	Campo de aplicação e limitações de acesso	40
3.5	Delimitação do escopo do estudo	41
3.6	CrITÉrios gerais de modelagem	42
4	RESULTADOS	44
4.1	Modelagem conceitual do processo	44
4.1.1	Fluxograma conceitual do processo	44
4.1.2	Compilação e análise das respostas obtidas	46
4.2	Implementação computacional no Arena	52
4.2.1	Cálculo da taxa de chegada dos pacientes	52

4.2.2	Distribuições de tempo utilizadas	54
4.2.3	Dimensionamento dos recursos	56
4.2.4	Parâmetros probabilísticos utilizados	57
4.2.5	Quadro de modelagem implementada no Arena	57
4.2.6	Recursos utilizados no cenário base	61
4.2.7	Configuração dos cenários simulados	61
4.2.8	Modelo Arena	62
4.2.9	Critério de comparação entre cenários	65
4.3	Validação lógica da aplicação	65
4.4	Resultados da simulação	66
4.4.1	Resultados gerais do cenário base <i>AS-IS</i>	67
4.4.1.1	Análise das filas no cenário base	68
4.4.1.2	Utilização dos recursos no cenário base	69
4.4.2	Resultados gerais do cenário ideal <i>TO-BE</i>	70
4.4.2.1	Análise das filas no cenário ideal	71
4.4.2.2	Utilização dos recursos no cenário ideal	72
4.4.3	Comparação entre os cenários <i>AS-IS</i> e <i>TO-BE</i>	73
4.4.3.1	Comparação dos principais tempos de espera	74
4.4.3.2	Comparação da utilização dos recursos	75
4.5	Análise e discussão dos resultados	76
4.5.1	Comparação entre percepção dos participantes e resultados do Arena	76
4.5.2	Interpretação operacional dos resultados	77
4.5.3	Implicações dos resultados	78
4.5.4	Síntese dos resultados	78
5	CONCLUSÕES	80
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICES	90
	APÊNDICE A – TCLE E QUESTIONÁRIO APLICADO	91
	ANEXOS	101
	ANEXO A – RESPOSTAS DE QUESTIONÁRIO APLICADO	102
	ANEXO B – RESULTADO DA SIMULAÇÃO – CENÁRIO AS IS	193
	ANEXO C – RESULTADO DA SIMULAÇÃO – CENÁRIO TO BE	201

1 INTRODUÇÃO

O transplante de medula óssea (TMO) é um procedimento hospitalar de alta complexidade que envolve atividades clínicas, laboratoriais, administrativas e logísticas interdependentes. O processo pode ocorrer de forma autóloga, quando o próprio paciente atua como doador, ou de forma alogênica, quando as células-tronco hematopoéticas são obtidas de um doador compatível. Em ambos os casos, o sucesso do transplante depende da coordenação eficiente de múltiplas etapas, da disponibilidade de recursos especializados e do atendimento de rigorosos critérios clínicos e de compatibilidade. De forma simplificada, o processo de transplante pode ser representado pelo seguinte fluxo:

Avaliação inicial → Exames e elegibilidade → Busca e compatibilidade do doador (quando aplicável) → Coleta da medula/células-tronco → Processamento do material → Preparação do paciente → Infusão (transplante).

Neste trabalho, a análise concentra-se nas etapas que antecedem a infusão (transplante), abrangendo desde a entrada do paciente no sistema até a realização do transplante. A modelagem foi estruturada sob a perspectiva de um sistema *flow shop* flexível composto por três macrofluxos: o (1) fluxo autólogo, o (2) fluxo alogênico e o (3) fluxo do doador/material. Nos casos alogênicos, os fluxos do paciente e do material desenvolvem-se de forma semiparalela e convergem para uma etapa crítica de sincronização.

A principal fila analisada no estudo está associada justamente a essa etapa de sincronização, na qual o transplante somente pode ocorrer quando duas condições são satisfeitas simultaneamente: o paciente deve estar clinicamente apto para receber a doação e o material coletado do doador deve estar disponível e viável para infusão. Dessa forma, atrasos em qualquer um dos fluxos podem gerar tempos de espera adicionais e aumentar o tempo total de permanência do processo no sistema.

1.1 Considerações iniciais

A estruturação e a eficiência dos serviços de saúde pública representam desafios estruturais no cenário brasileiro. Segundo dados do Ministério da Saúde (2023), cerca de 34% dos municípios do País não possuem serviços privados de saúde, o que sobrecarrega o Sistema Único de Saúde (SUS), que permanece como a única referência de acesso universal, gratuito e integral para a população em todos os 5.570 municípios. Análises do Instituto de Estudos para Políticas de Saúde (IEPS, 2025) apontam que o orçamento federal destinado à saúde cresceu aproximadamente 30% entre 2022 e 2025, passando de R\$ 179,1 bilhões para R\$ 233,3 bilhões. Apesar desse incremento, projeções da Instituição Fiscal Independente (IFI, 2025) indicam que os gastos no setor precisarão crescer, em média, 3,9% ao ano para suprir a demanda reprimida e demográfica, ritmo que pressiona

os limites estabelecidos pelo atual arcabouço fiscal brasileiro.

Para mitigar o descompasso entre a restrição orçamentária e a demanda crescente, a incorporação de tecnologias digitais surge como uma alternativa estratégica para elevar a eficiência e a qualidade dos serviços. Relatórios setoriais, como o de Deloitte (2025), destacam que a aplicação de Inteligência Artificial (IA) em diagnósticos e a digitalização integrada da jornada do paciente possuem o potencial de otimizar a gestão de listas de espera e acelerar a detecção precoce de patologias complexas, como as neoplasias.

O manejo das Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) possui relevância estratégica para a saúde pública mundial. Essa prioridade é ratificada pela Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), que estabelece, na Meta 3.4 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3 (ODS 3), o compromisso global de reduzir em um terço a mortalidade prematura por DCNTs por meio de ações de prevenção e tratamento. Entre essas patologias, o câncer destaca-se como um dos principais entraves socioeconômicos e assistenciais enfrentados pelos sistemas de saúde (Malta *et al.*, 2023). Estimativas da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2024) projetam mais de 35 milhões de novos casos da doença até 2050, ou seja, um aumento de 77% em relação aos 20 milhões de casos estimados em 2022, corroborando projeções da literatura de que um em cada cinco indivíduos desenvolverá alguma neoplasia ao longo da vida (Sung *et al.*, 2021).

Dentre as neoplasias hematológicas malignas, destacam-se aquelas que afetam diretamente a medula óssea, comprometendo o tecido responsável pela produção das células sanguíneas (leucócitos, hemácias e plaquetas). O tratamento dessas enfermidades envolve protocolos de quimioterapia, radioterapia e, frequentemente, o TMO, formalmente denominado Transplante de Células-Tronco Hematopoiéticas (TCTH). O TMO consiste em uma terapia celular que substitui a medula óssea doente por células saudáveis, restabelecendo a função hematopoiética do receptor (AMEO, s.d.c).

A viabilidade do TMO depende diretamente da histocompatibilidade genética entre doador e receptor, avaliada por meio da tipagem do sistema HLA (*Human Leukocyte Antigen*). De acordo com a literatura, a probabilidade de um paciente encontrar um doador totalmente compatível (HLA-idêntico) dentro do núcleo familiar (irmãos de mesmo pai e mesma mãe) varia entre 25% e 30% (Hoff, 2013 *apud* Miguel, 2024; Ministério da Saúde, s.d.a). Para a parcela de pacientes que não dispõe de doador aparentado, estima-se que apenas 30% localizam um doador plenamente compatível em registros voluntários, enquanto os 40% restantes dependem de estratégias alternativas em consolidação, como o transplante haploidentificado ou o uso de unidades de sangue de cordão umbilical e placentário (SCUP) (Hoff, 2013 *apud* Miguel, 2024).

No Brasil, a acentuada miscigenação e a consequente diversidade genética tornam a busca por doadores não aparentados ainda mais complexa. Conforme apontado por Miguel (2024), embora os cadastros apresentem milhões de indivíduos elegíveis, barreiras

operacionais, como a desatualização de dados cadastrais e a dificuldade de localização do voluntário, impõem perdas ao processo. Nesse panorama, o Registro Nacional de Doadores de Medula Óssea (REDOME) e o Registro Nacional de Receptores de Medula Óssea (REREME), coordenados pelo Instituto Nacional de Câncer (INCA) sob a égide do Ministério da Saúde, atuam de forma integrada para centralizar os dados e acelerar as buscas. Apesar de o REDOME figurar como o terceiro maior banco de doadores do mundo, a probabilidade média de encontrar um doador compatível é de 1 para 100 mil (AMEO, s.d.c), o que exige, em casos específicos, o recurso a registros internacionais conveniados (REDOME, s.d.). Cabe ressaltar que o TMO difere da lógica da maioria dos transplantes de órgãos sólidos por não adotar uma fila nacional unificada baseada na ordem cronológica de inscrição; a alocação é estritamente vinculada aos critérios de compatibilidade imunológica determinados pelo REREME.

Sob a ótica da Engenharia de Produção, a jornada do paciente e do doador insere-se em um sistema complexo de operações hospitalares que demanda uma programação (*scheduling*) rigorosa de recursos. A programação de operações consiste na alocação de recursos limitados ao longo de um horizonte temporal para otimizar o fluxo de atendimento, eliminar gargalos e sequenciar atividades prioritárias. Essa prática visa maximizar a eficiência da capacidade instalada frente à variabilidade da demanda. Fuchigami e Rangel (2018) apontam que as métricas de desempenho mais consolidadas em problemas de sequenciamento englobam o *makespan* (tempo total de execução da programação), o *flow time* (tempo de fluxo) e os indicadores de atraso (*tardiness*).

Ferramentas clássicas da Pesquisa Operacional (PO), tais como programação matemática, métodos heurísticos e simulação computacional, têm sido aplicadas com sucesso no setor da saúde para subsidiar a tomada de decisão em ambientes caracterizados por alta incerteza e complexidade. Em cenários hospitalares, modelos de sequenciamento baseados na configuração *flow shop* podem ser empregados para estruturar as atividades sequenciais do transplante, minimizando o tempo total de processamento do sistema e otimizando a distribuição de recursos críticos (Mellado-Silva *et al.*, 2022).

1.2 Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa consiste desenvolver o modelo computacional do processo de transplante por meio da Simulação de Eventos Discretos (SED). Com isso, identificando-se gargalos operacionais e testando cenários de melhoria, sob a configuração de um ambiente *flow shop* com linhas semiparalelas e uma operação final de sincronização.

1.3 Justificativas e relevância

Com o objetivo de identificar o estado da arte e mapear a produção científica relacionada à aplicação de técnicas de PO, simulação computacional e modelagem de processos

no contexto hospitalar, com ênfase no transplante de medula óssea, realizou-se uma revisão preliminar sistemática da literatura. Segundo Galvão e Ricarte (2019), essa metodologia consiste em um processo estruturado voltado à identificação, seleção e análise crítica de produções científicas sobre determinado tema, permitindo compreender o panorama do conhecimento e delimitar lacunas de pesquisa.

O instrumento de busca utilizado para encontrar os documentos foi o Google Acadêmico, selecionado devido à sua ampla cobertura de produções nacionais e internacionais, incluindo artigos periódicos, dissertações, teses e anais de eventos científicos, além de viabilizar a aplicação customizada de filtros temporais. As buscas foram conduzidas por meio de combinações de termos em inglês, justificadas pela concentração do maior volume de publicações de impacto internacional nessa língua. A estratégia de busca foi estruturada mediante a aplicação de lógica booleana, seguindo recomendações metodológicas para a recuperação de informações científicas (BIREME, 2022), sintetizada na seguinte *string*¹: (*"bone marrow transplant"OR HSCT - Hematopoietic Stem Cell Transplantation*) AND (*"discrete event simulation"*) AND (*"patient flow"OR scheduling*).

Na construção dessa sintaxe, o operador *AND* realizou a interseção entre os três eixos temáticos essenciais (transplante, simulação e fluxo), restringindo os resultados a documentos de convergência mútua. O operador *OR*, aliado ao uso de parênteses, agrupou termos sinônimos e variações terminológicas, enquanto o uso de aspas delimitou as expressões compostas exatas, evitando a fragmentação de palavras-chave.

Após a execução da busca, aplicou-se um filtro de delimitação temporal restrito aos últimos 10 anos (2016-2026), resultando em 20 trabalhos potencialmente elegíveis. Na sequência, realizou-se a triagem inicial por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave para identificar aderência direta e concomitante aos seguintes critérios de inclusão: (i) transplante de medula óssea; (ii) simulação computacional; (iii) fluxo de pacientes; (iv) Pesquisa Operacional; e (v) gestão hospitalar.

Embora a busca inicial tenha retornado estudos associados de forma genérica ao planejamento de capacidade e à logística de terapias celulares, constatou-se escassa aderência específica ao objeto desta pesquisa. Os trabalhos selecionados passaram por uma análise detalhada de seus métodos, técnicas empregadas e ambientes hospitalares avaliados, culminando na síntese crítica das abordagens.

Constatou-se uma predominância do emprego da SED na análise de sistemas hospitalares complexos, o que corrobora a perspectiva de Banks *et al.* (2010) sobre a eficiência da técnica em representar processos dinâmicos, restrições de recursos, formação de filas e variabilidade operacional. O Quadro 1 apresenta a síntese dos 9 estudos identificados como os mais relevantes para a contextualização do problema.

¹ *String*, no contexto de buscas bibliográficas, refere-se à sequência de caracteres combinada e digitada nos motores de busca para filtrar e localizar os artigos desejados.

Quadro 1 – Síntese das abordagens dos estudos analisados (continua)

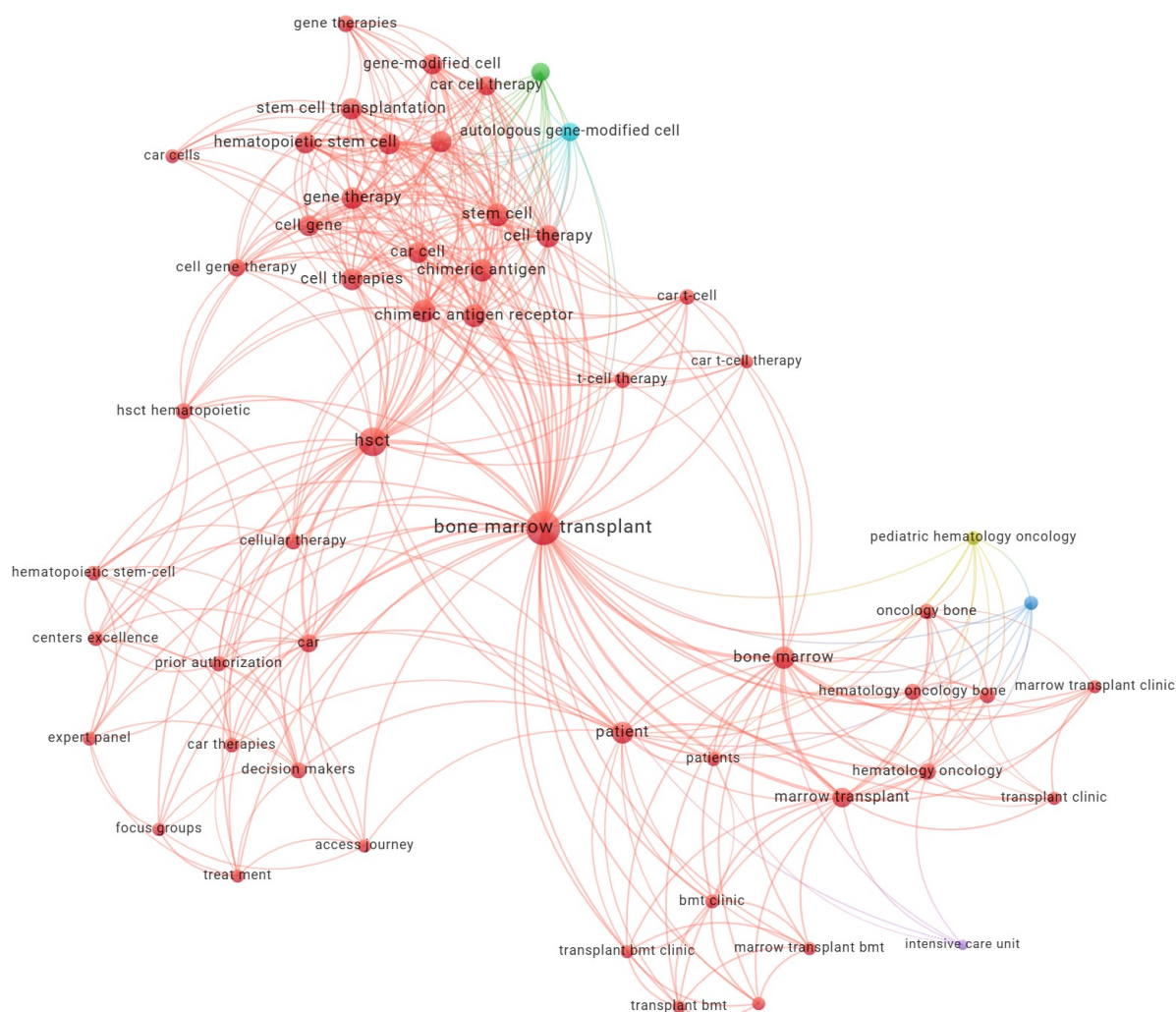
Título do Trabalho	Autor(es)	Ano	País	Abordagem	Técnica Utilizada
<i>HCD-SIM: Healthcare Clinic Design Simulator with Application to a Bone Marrow Transplant Clinic</i>	Jason D. Carresoli	2019	Estados Unidos	Layout hospitalar	Simulação computacional
<i>Evaluation of Patient Throughput in an Outpatient Pediatric Hematology, Oncology, and Bone Marrow Transplant Clinic</i>	Samantha DePadova	2019	Estados Unidos	Fluxo de pacientes	Simulação de eventos discretos
<i>A Simulation-Based Approach for Inpatient Capacity Management at a Hospital Dedicated for Cancer Treatment</i>	A.C. Mokashi; J.I. Gardner; A.D. Klotz; J.J. Burns	2025	Estados Unidos	Gestão hospitalar	Simulação
<i>Improving Patient Access in Oncology Clinics Using Simulation</i>	Maryam Keshtzari; Bryan Norman	2022	Estados Unidos	Fluxo de pacientes	Simulação
<i>A Novel Hybrid Algorithm for Designing a Sustainable Supply Chain of CAR-T Therapy in a Multi-Objective Mode Considering Disease Relapse</i>	Arman Sadeghi Sabzevari; Hossein Amoozad Khalili; Mohammad Amirkhan; Seyed Mohammad Hassan Hosseini	2026	Irã	Terapias celulares	Otimização
<i>Operationalizing Access for Chimeric Antigen Receptor T Cell Therapies: A Cross-Functional Perspective</i>	Surya Singh; Carol Greulich; Ariel Perez; Kelly Terrell; Julie Walz-Jesen; Michael D. Dalzell	2026	Estados Unidos	Terapias celulares	Gestão operacional
<i>Proactive Coordination in Healthcare Service Systems Through Near-Real-Time Analytics</i>	S.Y. Lee	2018	Estados Unidos	Filas hospitalares	Modelagem analítica e analytics preditivo

(Conclusão)					
Título do Trabalho	Autor(es)	Ano	País	Abordagem	Técnica Utilizada
<i>A Novel Hypothermic Preservation Formulation Containing SUL-138 Enables Long-Term Hypothermic Storage of Clinical-Grade CAR-T Cells</i>	Aysenur Oner; Nina Nooteboom; Linette Osting; Jos G.W. Korstjens et al.	2026	Países Baixos	Pesquisa laboratorial	Pesquisa experimental
<i>Creating Rural Nurse Retention Strategies for Nursing Administrators</i>	Susan Lesser	2022	Estados Unidos	Gestão de pessoas	Administração hospitalar

Fonte: Documentação da Pesquisa (2026)

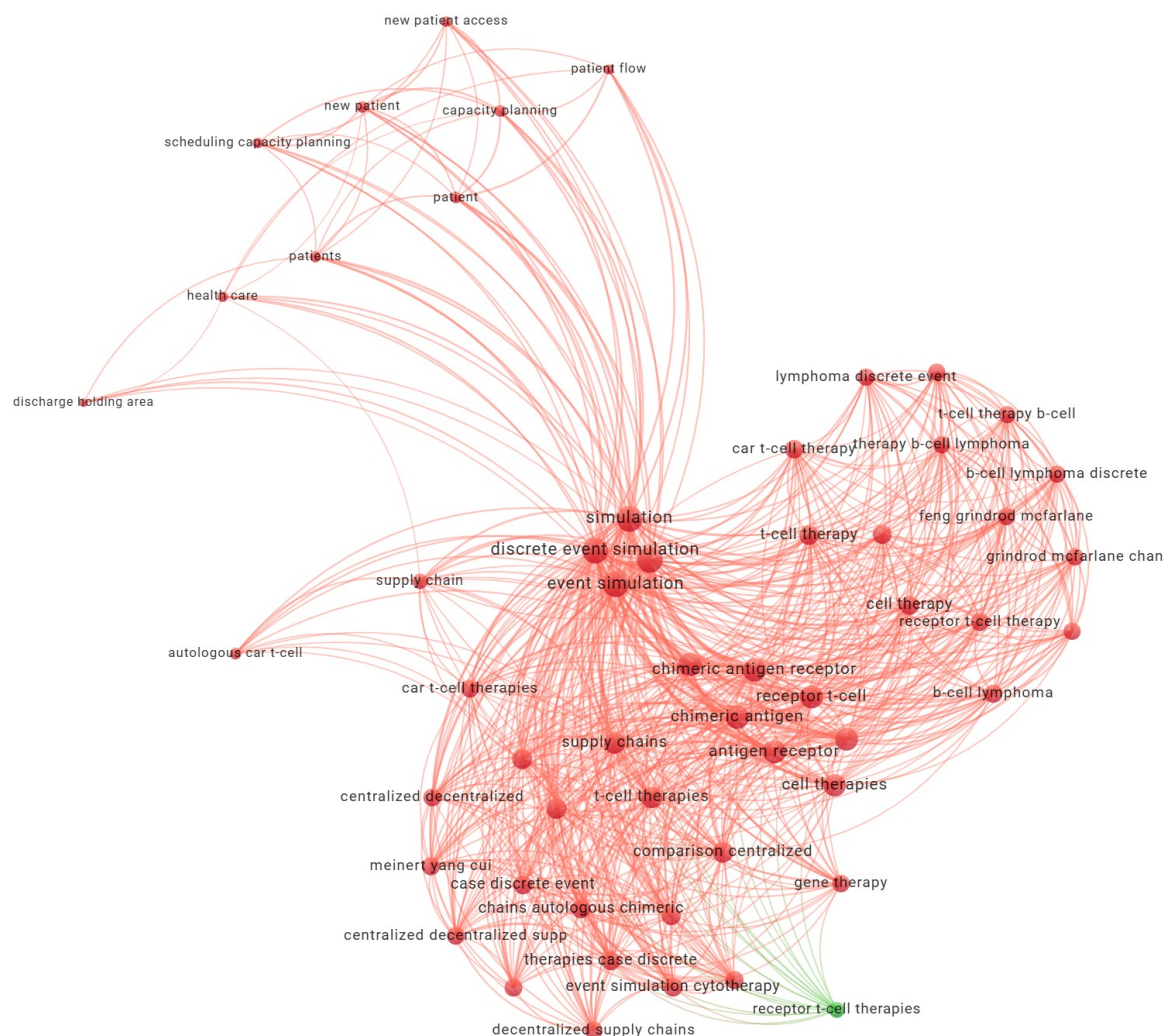
A análise crítica dos dados consolidados evidencia que, dentre os trabalhos mapeados, o estudo desenvolvido por Ceresoli (2019) apresentou maior proximidade temática. Contudo, suas contribuições limitam-se à modelagem de *layout* e à configuração física de clínicas de transplante, focando no fluxo interno de salas e atividades clínicas básicas. Observa-se, portanto, que tal literatura não contempla o fluxo macroprocessual do transplante de forma integrada, desde o diagnóstico, etapas regulatórias, até o desfecho operacional e infusão. Grande parte das publicações remanescentes sobre TMO concentra-se em discussões estritamente clínicas, laboratoriais ou biológicas, sem o aprofundamento sob a ótica das ciências de engenharia e gestão de operações.

Para mapear e validar o volume e a interconexão dos termos dessa problemática na literatura, utilizou-se o *software* gratuito VOSviewer para gerar redes de coocorrência de palavras-chave. A Figura 1 ilustra a rede de conexões associada ao termo "transplante de medula óssea".

Figura 1 – Conexões da coocorrência da Palavra-Chave “transplante de medula óssea”

Fonte: Documentação da Pesquisa (2026)

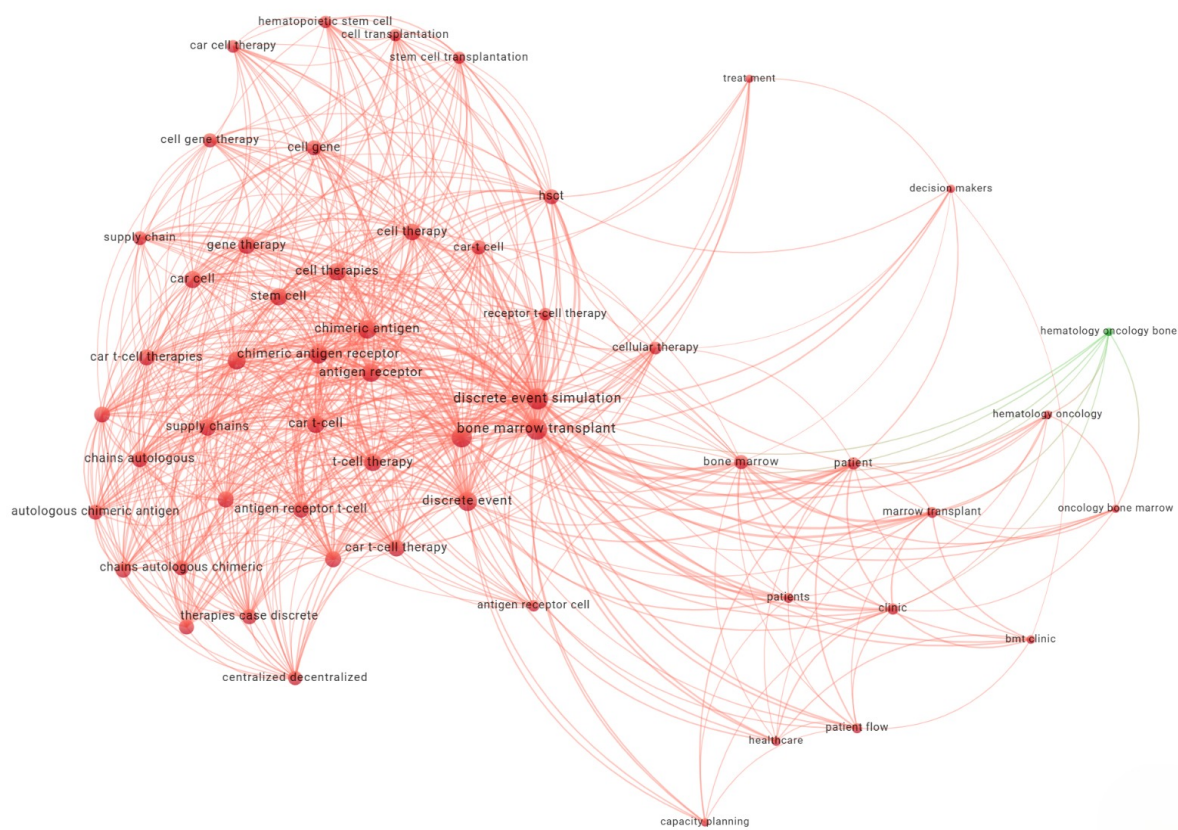
O mapa bibliométrico gerado confirma que a produção científica sobre TMO está fortemente polarizada em domínios clínicos e terapêuticos, com destaque para nós de alta densidade como “transplante de células-tronco hematopoéticas”, “terapia celular”, “terapia gênica” e “CAR-T cell therapy”. Complementarmente, a Figura 2 apresenta a estrutura de rede construída para a expressão “simulação de eventos discretos”.

Figura 2 – Conexões da coocorrência da Palavra-Chave “simulação de eventos discretos”

Fonte: Documentação da Pesquisa (2026)

A análise isolada dos termos de simulação revela sua aplicação recorrente em logística geral, dimensionamento de leitos e gerenciamento de cadeias de suprimentos hospitalares. Contudo, para aferir a existência de lacunas estruturais, é imperativo analisar a sobreposição dessas áreas em um mesmo documento científico. A Figura 3 exibe o gráfico de coocorrência integrado entre os eixos centrais do estudo.

Figura 3 – Conexões da coocorrência da Palavra-Chave “transplante de medula óssea” e “simulação de eventos discretos”



Fonte: Documentação da Pesquisa (2026)

Os resultados confirmam uma clara lacuna científica na plataforma científica consultada: não foram identificados estudos que caracterizassem e modelassem o TMO macroprocessual como um problema de sequenciamento do tipo *flow shop* com linhas semi-paralelas e operação de sincronização estocástica entre doador e paciente. Evidencia-se, assim, a relevância teórica e prática desta pesquisa ao propor um modelo em SED voltado à otimização operacional desse sistema.

1.4 Hipóteses

Para nortear o desenvolvimento deste estudo e responder ao problema de pesquisa formulado, foram estabelecidas as seguintes hipóteses nulas e alternativas:

H1: O processo de transplante de medula óssea apresenta restrições operacionais que influenciam significativamente seu desempenho global.

H2: As etapas regulatórias administrativas, a busca por doadores não aparentados e o tempo de processamento dos exames de histocompatibilidade constituem as restrições primárias do fluxo de atendimento do sistema.

H3: A Simulação de Eventos Discretos (SED) é capaz de representar adequadamente a dinâmica operacional do processo de transplante de medula óssea.

H4: A implementação de políticas de otimização de recursos e redução de tempos críticos nas variáveis gargalo resulta na redução significativa do tempo de ciclo total (*makespan*) do transplante.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho apresenta a seguinte estrutura:

O Capítulo 1 – Introdução apresenta a contextualização do tema, a delimitação do problema de pesquisa, os objetivos, as hipóteses norteadoras, bem como a justificativa e a relevância da pesquisa fundamentadas por uma revisão bibliométrica preliminar.

O Capítulo 2 – Referencial Teórico reúne os principais conceitos relacionados ao transplante de medula óssea, ao sistema brasileiro de doação, à Pesquisa Operacional, à Simulação de Eventos Discretos, à Teoria das Filas e aos modelos de sequenciamento do tipo *flow shop*, constituindo a base teórica para o desenvolvimento do estudo.

O Capítulo 3 – Metodologia descreve os procedimentos metodológicos adotados, contemplando a caracterização da pesquisa, os aspectos éticos, a coleta de dados, a delimitação do escopo, os critérios de modelagem e a construção do modelo conceitual utilizado na simulação.

O Capítulo 4 – Resultados apresenta a modelagem computacional implementada no *software* Arena, os parâmetros adotados na simulação, a validação lógica do modelo, os resultados obtidos para os cenários *AS-IS* e *TO-BE*, a comparação entre os cenários e a análise e discussão dos resultados, relacionando-os às percepções dos participantes e aos objetivos da pesquisa.

O Capítulo 5 – Conclusões sintetiza as principais contribuições do estudo, as implicações acadêmicas e práticas dos resultados obtidos, as limitações da pesquisa e as sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas, os apêndices e os anexos que complementam e fundamentam o desenvolvimento da pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda os fundamentos teóricos e conceituais que sustentam a modelagem e a simulação do fluxo operacional do TMO. Inicialmente, contextualizam-se os desafios estruturais e de gestão do SUS, seguidos pela caracterização epidemiológica do câncer de medula óssea e das modalidades terapêuticas correlatas. Na sequência, detalha-se o sistema de doação no panorama brasileiro sob as vertentes regulatória, sociocultural, de administração de serviços e de saúde. Por fim, delinea-se o arcabouço metodológico da PO, com ênfase nas teorias de sequenciamento e programação de operações aplicadas à otimização de sistemas de saúde.

2.1 Desafios Estruturais e de Gestão no setor Público de Saúde

O arranjo institucional da saúde pública no Brasil é marcado por desafios crônicos que restringem sua capacidade operacional e a qualidade dos serviços prestados. O subfinanciamento estrutural² consolida-se como um dos principais obstáculos para a consolidação do SUS, limitando os investimentos em infraestrutura tecnológica e na expansão da rede assistencial (Paim, 2018). Esse cenário de escassez de recursos é agravado por assimetrias de gerenciamento, em que a ineficiência administrativa e a fragmentação dos processos logísticos comprometem a governança e reduzem a produtividade global do sistema (Paim, 2018).

Adicionalmente, a transição demográfica acelerada, caracterizada pelo envelhecimento populacional, impõe pressões epidemiológicas adicionais ao setor público. O aumento expressivo da proporção de idosos eleva a prevalência de comorbidades complexas, demandando cuidados contínuos de alta densidade tecnológica e sobrecarregando a capacidade instalada dos hospitais públicos (Escorsim, 2021). De acordo com Simões *et al.* (2021), as mudanças nos hábitos de vida e as disparidades socioeconômicas regionais de acesso confluem para o aumento da carga de DCNT, tais como diabetes, cardiopatias graves, nefropatias e neoplasias malignas.

Dentre as DCNTs, as neoplasias representam uma das maiores preocupações sanitárias e econômicas globais em virtude de suas elevadas taxas de incidência e mortalidade. O avanço da idade biológica, associado a fatores ambientais, exposições ocupacionais e poluição urbana, atua como vetor multiplicador para o desenvolvimento de quadros oncológicos (Wild; Weiderpass; Stewart, 2020 *apud* INCA, 2022b). Esse panorama exige a formulação de estratégias assistenciais integradas e sustentadas por modelos quantitativos de otimização, capazes de conciliar orçamentos restritos com o aumento da demanda por procedimentos de alta complexidade.

² Subfinanciamento crônico refere-se à concessão recorrente de capital abaixo do necessário para custear a operacionalização das atividades do SUS.

2.2 O Câncer de medula óssea e as modalidades terapêuticas

O câncer consolida-se como uma das principais causas de óbito no Brasil, com estimativas de incidência que alcançam a marca de 704 mil novos casos anuais (INCA, 2022b). Embora as maiores prevalências concentrem-se em tumores de pele não melanoma, mama, próstata e pulmão, as neoplasias que afetam diretamente o tecido hematopoiético, e que englobam as leucemias, os linfomas e o mieloma múltiplo, destacam-se pela severidade clínica e complexidade diagnóstica (INCA, 2022b). Essas enfermidades comprometem a homeostase e a produção regular das linhagens celulares sanguíneas (leucócitos, hemácias e plaquetas), exigindo intervenções imediatas de alto custo.

O impacto dessas patologias estende-se para além do domínio biológico, gerando repercussões socioeconômicas profundas. A progressão natural da doença e a toxicidade dos tratamentos convencionais resultam em afastamentos laborais prolongados e incapacidades temporárias ou permanentes, comprometendo a renda familiar e aprofundando vulnerabilidades sociais (Simões *et al.*, 2021). Para o sistema de saúde, a demanda por cuidados continuados, exames especializados e internações em unidades de terapia intensiva gera pressões financeiras acentuadas.

Os protocolos terapêuticos direcionados às neoplasias hematológicas variam de acordo com o estadiamento clínico e as condições biológicas do paciente, podendo ser empregados de forma isolada ou combinada. As principais modalidades envolvem:

- i) Quimioterapia: abordagem sistêmica fundamentada no uso de fármacos citotóxicos citostáticos para destruir células malignas ou interromper seu ciclo de divisão celular, sendo largamente empregada na indução da remissão de leucemias agudas (INCA, 2023a).
- ii) Radioterapia: aplicação de radiações ionizantes direcionadas a sítios tumorais específicos ou por meio de irradiação corporal total (*Total Body Irradiation - TBI*), esta última utilizada predominantemente como protocolo de condicionamento pré-transplante (INCA, 2023b).
- iii) Terapia-alvo e Imunoterapia: terapias avançadas que utilizam anticorpos monoclonais e inibidores moleculares para atacar alvos antigênicos específicos das células tumorais ou modular o sistema imunológico do hospedeiro para combater a neoplasia, minimizando danos aos tecidos saudáveis e elevando a qualidade de vida do paciente (Zuqui *et al.*, 2023).
- iv) Transplante de medula óssea (TMO): procedimento de substituição do tecido hematopoiético doente por células-tronco saudáveis (Hiyane, 2015). O transplante classifica-se em autólogo, alogênico (aparentado ou não aparentado) geneticamente compatível e singênico, restrito a irmãos gêmeos idênticos (Hiyane, 2015). Estatísticas da Associação da Medula Óssea (AMEO, s.d.b) indicam que os transplantes

autólogos representam aproximadamente 60% dos procedimentos de células-tronco hematopoéticas realizados no País, enquanto as modalidades alogênicas respondem pelos 40% remanescentes.

2.3 O sistema de doação de medula óssea no Brasil

A operacionalização da doação de medula óssea no cenário nacional constitui uma atividade transdisciplinar, influenciada por variáveis regulatórias, socioculturais, logísticas e epidemiológicas. Para que o processo ocorra de forma segura, equitativa e eficiente, faz-se necessária a coordenação sinérgica entre os órgãos de regulação sanitária e as redes de atenção à saúde.

2.3.1 Modalidades de doação e fontes de células-tronco

As células-tronco hematopoéticas destinadas ao transplante podem ser obtidas a partir de três fontes biológicas principais: a medula óssea obtida em vida, o sangue do cordão umbilical e da placenta, e a extração *post-mortem*. A doação em vida representa o método tradicional, estruturado sob duas vias técnicas de coleta. A primeira consiste na punção direta das cristas ilíacas da pelve sob anestesia em ambiente cirúrgico, onde o material medular é aspirado. A segunda via materializa-se por meio da aférese, na qual o doador recebe fatores de crescimento granulocitários para mobilizar as células-tronco da medula para a circulação periférica; posteriormente, o sangue é processado em uma máquina de fluxo contínuo que retém as células CD34+ e restitui os demais componentes ao doador (Brasil, 2012). Atualmente, a aférese é a abordagem predominante na medicina contemporânea devido ao seu caráter minimamente invasivo e à aceleração do tempo de enxertia no receptor, respondendo por cerca de 80% das coletas mundiais, contra 11% de punções ósseas e 9% de sangue de cordão umbilical (Rennert *et al.*, 2024).

O SCUP configura-se como uma fonte alternativa valiosa. O material, coletado imediatamente após o parto sem riscos à gestante ou ao neonato, é processado e criopreservado em criobancos públicos, expandindo o inventário de haplótipos disponíveis para pacientes que não localizam doadores adultos compatíveis (Anvisa, 2020). Mais recentemente, investigações internacionais têm apontado a viabilidade da extração de células-tronco hematopoéticas a partir de corpos vertebrais e ossos ilíacos de doadores falecidos (*post-mortem*), emergindo como uma via promissora para mitigar a escassez de tecidos (Woods *et al.*, 2020). Contudo, essa prática não possui respaldo regulatório no ordenamento jurídico brasileiro, carecendo de registros operacionais no País.

2.3.2 Contexto regulatório e políticas públicas

O arcabouço normativo que rege a atividade de transplantes no Brasil está ancorado na Lei nº 9.434/97³ (Lei dos Transplantes), alterada pela Lei nº 10.211/2001⁴ que instituiu a obrigatoriedade do consentimento familiar para a doação de órgãos e tecidos de doadores falecidos. Sob a ótica do TMO em vida, mecanismos de incentivo foram promulgados, a exemplo da Lei nº 13.656⁵, que assegura a isenção de taxas de inscrição em concursos públicos federais para doadores cadastrados.

No âmbito da mobilização social, a Lei nº 11.930⁶ instituiu a Semana de Mobilização Nacional para Doação de Medula Óssea. Posteriormente, a promulgação da Lei nº 14.530/2023⁷ conferiu maior agilidade ao processo de busca ao autorizar os gestores do REDOME e hemocentros parceiros a requisitarem dados cadastrais de localização de voluntários em órgãos públicos, mitigando as perdas por desatualização de contatos. Em paralelo, propostas como o Projeto de Lei nº 70/2023 buscam centralizar os serviços de armazenamento de SCUP na esfera exclusivamente pública, visando garantir a universalidade da oferta (Câmara dos Deputados, 2023).

A governança do sistema é compartilhada entre o Sistema Nacional de Transplantes (SNT), o REDOME e o REREME, sob a coordenação técnica do INCA e financiamento integral do SUS (Brasil, s.d.b). Adicionalmente, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) determina as diretrizes sanitárias para o funcionamento dos laboratórios especializados e das unidades de bioengenharia, denominadas Centros de Processamento Celular (CPCs), controlando o cumprimento das Boas Práticas em Células Humanas (*GTP - Good Tissue Practices*) para garantir a segurança dos produtos biológicos (Anvisa, 2021a; Anvisa, 2023).

2.3.3 Administração de serviços e desafios logísticos

A rede assistencial voltada ao TMO opera sob um regime de alta complexidade logística e operacional. O procedimento pode ser realizado tanto no âmbito do SUS quanto na saúde suplementar, contudo, dados da Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS, 2026) apontam que os planos privados cobrem apenas cerca de 25% da população nacional, o que significa que aproximadamente 75% dos cidadãos dependem exclusivamente da infraestrutura pública para o acesso a terapias de alta complexidade.

O fluxo de serviços inicia-se com a busca de compatibilidade genética no ecossistema REDOME/REREME. Uma vez localizado o voluntário apto, deflagra-se uma cadeia logística com severas restrições temporais (*deadlines*). O material celular coletado possui uma janela de viabilidade biológica reduzida, exigindo que o processamento, transporte

³ Link da Lei nº 9.434 de 1997: L9434

⁴ Link da Lei nº 10.211 de 2001: L10211

⁵ Link da Lei nº 13.656 de 2018: L13656

⁶ Link da Lei nº 11.930 de 2009: L11930

⁷ Link da Lei nº 14.530 de 2023: L14530

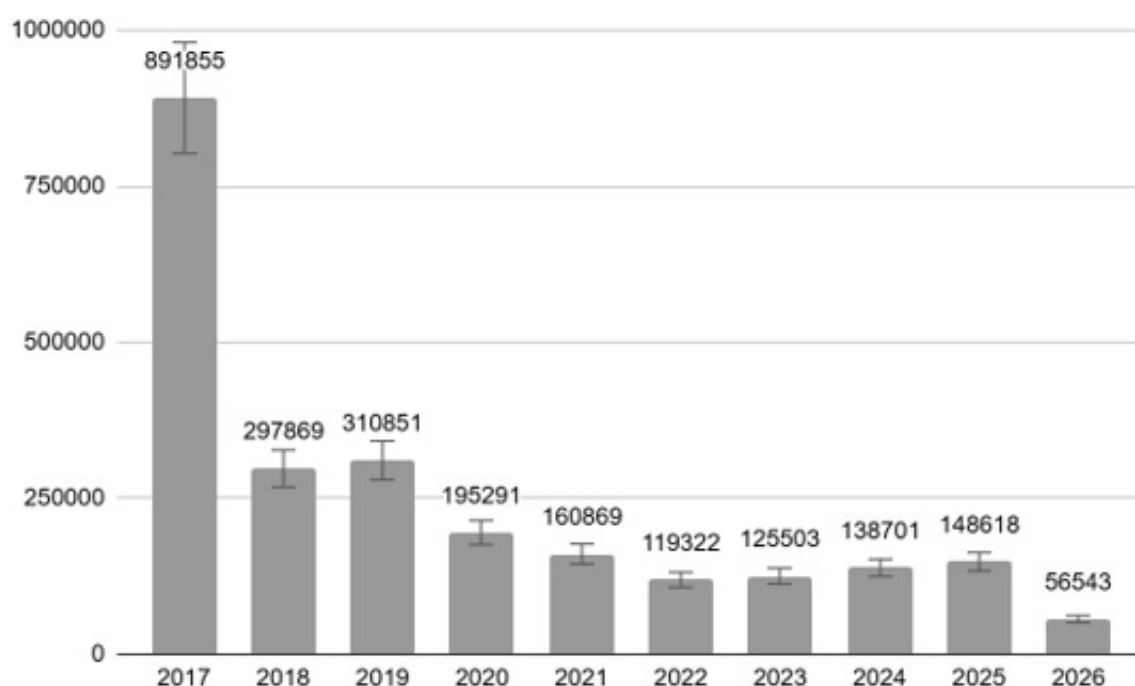
e criopreservação ou infusão ocorram em prazos estritos, frequentemente inferiores a 48 horas (Strobel *et al.*, 2015). O cumprimento dessas janelas estocásticas requer embalagens térmicas validadas e rotas de transporte aéreo e terrestre otimizadas, sob pena de inviabilização do enxerto e risco de morte para o receptor em estado de aplasia induzida (Anvisa, 2021b). Após a infusão, o sistema de serviços estende-se para a etapa crítica do monitoramento pós-transplante, destinada ao controle de episódios de rejeição, infecções oportunistas e à Doença do Enxerto Contra o Hospedeiro (DECH).

2.3.4 Dinâmica sociocultural e barreiras de acesso

Fatores socioeconômicos e culturais exercem influência direta nas taxas de conversão de doadores efetivos e na equidade do acesso ao TMO. Pacientes de baixa renda enfrentam barreiras invisíveis, que envolvem desde o custo de deslocamento até centros transplantadores credenciados até a falta de suporte habitacional e sanitário para o isolamento pós-operatório (Batistiolle, 2014). Do ponto de vista bioético, a garantia de acesso equitativo a esses recursos escassos constitui um imperativo de justiça distributiva e proteção a grupos vulneráveis (Garrafa, 2005 *apud* Corgozinho; Gomes; Garrafa, 2012).

A disseminação de mitos e a desinformação na sociedade civil alimentam a resistência à doação. Entre os equívocos recorrentes, destacam-se a crença de que a coleta de medula exige intervenções cirúrgicas altamente mutilantes ou mutilações permanentes, além do receio infundado de contaminação por patógenos durante o procedimento hospitalar (INCA, 2022b). Para mitigar essas barreiras, técnicas de marketing social, voltadas à aplicação de ferramentas mercadológicas tradicionais para a promoção de comportamentos que gerem bem-estar social, são recomendadas pela literatura para estruturar campanhas educativas permanentes e desmistificar o processo de captação (Kotler; Zaltman, 1971 *apud* Pereira *et al.*, 2016). Na Figura 4 apresenta-se as entradas de novos doadores cadastrados no REDOME por ano.

Figura 4 – Gráfico de barra com as entradas de novos doadores cadastrados no REDOME por ano



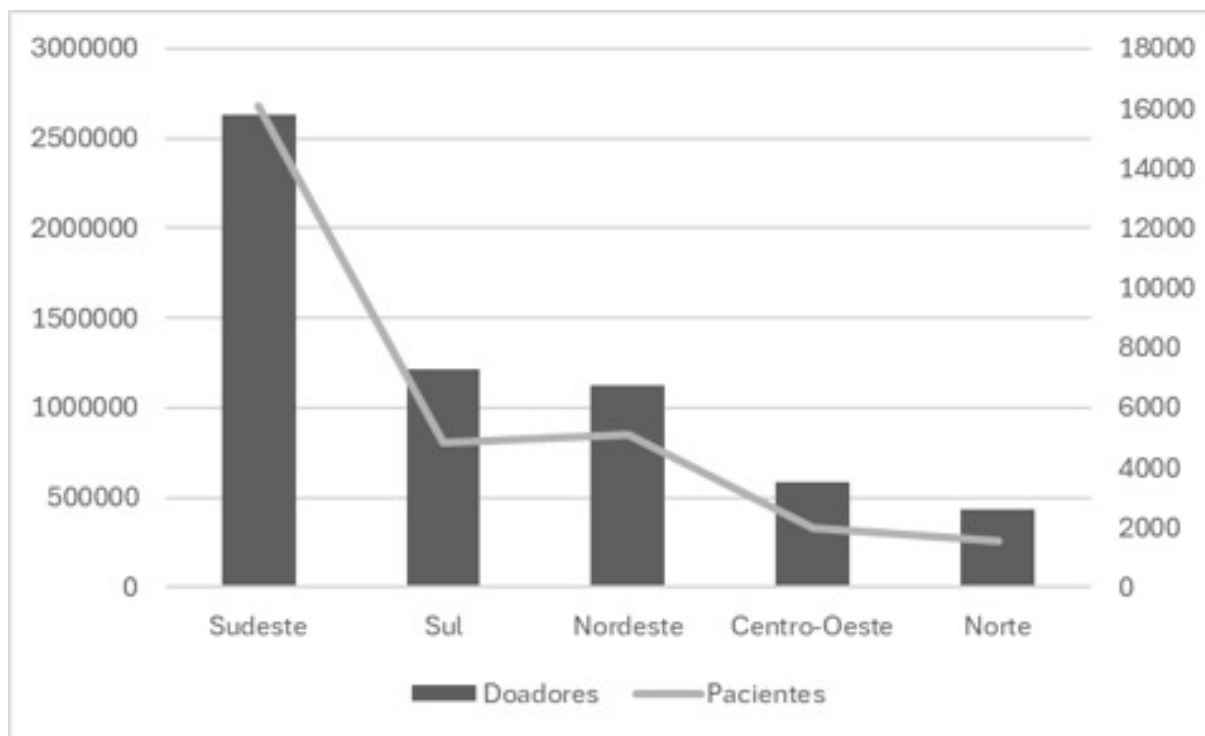
Fonte: Adaptado de REDOME (2026)

A equidade no acesso ao transplante de medula óssea é uma questão de justiça social. É importante garantir que todos os pacientes, independentemente de sua condição socioeconômica, tenham acesso ao tratamento necessário. Segundo Batistiolle (2014), garantir a equidade no acesso a recursos terapêuticos essenciais para a saúde pública e a proteção de grupos vulneráveis não é apenas uma diretriz política, mas uma questão de justiça, sendo um princípio fundamental da bioética desde sua origem.

2.4 Indicadores de saúde e cenário epidemiológico

A análise epidemiológica contemporânea evidencia a necessidade contínua de expansão qualitativa dos cadastros de doadores. De acordo com os dados consolidados do REDOME (2026) o Brasil conta com um banco de dados de aproximadamente 5,9 milhões de doadores voluntários inscritos, enquanto a demanda média mantida em fila de espera para transplantes não aparentados estabiliza-se em torno de 650 pacientes. A Figura 5 reflete comparativamente nacionalmente o número de doadores com o de pacientes que realizaram busca de doadores não aparentados.

Figura 5 – Gráfico de barras com o comparativo numérico entre pacientes e doadores de medula óssea.



Fonte: Adaptado de REDOME (2026)

Observa-se superioridade numérica de doadores cadastrados no REDOME em relação aos pacientes que realizaram busca de doador. Entretanto, ressalta-se o critério de compatibilidade entre o doador e receptor de 100% para realizar o transplante de medula óssea.

A distribuição geográfica desses indicadores revela assimetrias na concentração de registros e demandas inter-regionais. Conforme os relatórios consolidados de 2025 (REDOME, 2026), a Região Sudeste concentra a maior densidade do sistema, respondendo por 43% do total de doadores cadastrados (2.631.531 indivíduos) e por 49% do volume nacional de pacientes em busca ativa de doadores não aparentados (1.164 receptores). A caracterização espacial completa dos fluxos do sistema está sintetizada na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição regional de doadores cadastrados e pacientes em busca de transplante no Brasil

Região Geográfica	% de Doadores	Nº de Doadores	% de Receptores	Nº de Pacientes
Sudeste	43%	2.537.000	49%	1.164
Nordeste	28%	1.652.000	21%	498
Sul	12%	708.000	19%	450
Centro-Oeste	9%	531.000	6%	154
Norte	8%	472.000	5%	122
Total Nacional	100%	5.900.000	100%	2.388

Fonte: Adaptado de REDOME (2026)

Nota: Os números absolutos regionais foram calculados proporcionalmente com base no censo do registro ativo de 2025.

Embora a relação puramente numérica entre doadores cadastrados e pacientes sugira um superávit, a probabilidade estatística de encontrar uma compatibilidade imunológica HLA perfeita (100%) em doações não aparentadas é estimada em 1 para 100 mil (AMEO, s.d.a). Diante dessa restrição probabilística, o Brasil integra a *World Marrow Donor Association (WMDA)*, conectando o REDOME a um ecossistema internacional. Essa integração eleva a expectativa de vida dos pacientes ao expandir o espaço amostral de busca genética (Bicalho, 2010). No entanto, o aumento no volume de dados reforça a urgência em implementar políticas públicas de busca ativa e algoritmos de sequenciamento para otimizar os fluxos operacionais nos mais de 100 centros transplantadores credenciados no País (Borges, 2024).

2.5 Aplicações de Pesquisa Operacional em Sistemas de Saúde

Os desafios inerentes à gestão de filas, alocação de leitos cirúrgicos, roteirização de tecidos biológicos e sincronização de agendas em ambientes hospitalares podem ser formulados matematicamente como problemas de tomada de decisão estruturada. A PO fornece o instrumental analítico necessário para modelar e resolver esses sistemas sob critérios de eficiência, equidade (*fairness*) e robustez (Hillier; Lieberman, 2021).

2.5.1 Modelos e Teorias de Sequenciamento (*Scheduling*)

A teoria de sequenciamento consiste na alocação de recursos limitados ao longo do tempo para o processamento de um conjunto de tarefas (*jobs*), visando à otimização de uma ou mais funções-objetivo. (Hillier; Lieberman, 2021). No ecossistema hospitalar, os *jobs* correspondem aos pacientes ou às amostras biológicas, enquanto as máquinas representam leitos, equipes cirúrgicas ou equipamentos laboratoriais. A literatura classifica os ambientes de sequenciamento em três arquiteturas fundamentais:

- *Flow Shop*: configuração na qual todas as tarefas seguem rigorosamente a mesma rota tecnológica de processamento através das estações de trabalho. No contexto do TMO, o fluxo macroprocessual assemelha-se a essa estrutura, obedecendo à sequência obrigatória: triagem clínica —> exames de histocompatibilidade —> autorização regulatória —> internação/condicionamento—>infusão celular.
- *Job Shop*: arranjo flexível no qual cada tarefa possui uma rota customizada e independente dentro do sistema. Aplica-se a cenários onde determinados pacientes exigem etapas adicionais exclusivas, tais como sessões extras de radioterapia de resgate ou processamentos de manipulação celular específicos em laboratório.
- *Open Shop*: estrutura na qual as tarefas devem passar por um conjunto de operações, porém sem a obrigatoriedade de uma sequência preestabelecida. Ocorre em fases ambulatoriais pré-operatórias, em que exames de imagem e avaliações multiprofissionais podem ser executados em ordens distintas, desde que concluídos antes do prazo final de internação.

Devido à natureza combinatória desses problemas, a busca por soluções ótimas globais incorre em alta complexidade computacional. O que justifica o amplo emprego de métodos heurísticos, metaheurísticas e algoritmos de aproximação para a obtenção de soluções viáveis em tempo hábil (Hillier; Lieberman, 2021).

A modelagem do TMO sob a ótica do sequenciamento possibilita a minimização do *makespan* e a redução do tempo de espera do receptor, garantindo que o procedimento ocorra dentro das janelas de viabilidade celular. Essa dinâmica assemelha-se ao problema clássico de sequenciamento com prazos rígidos (*deadlines*). Em sistemas de transplantes de órgãos sólidos, estratégias de PO vêm sendo desenvolvidas para lidar com essas restrições sob cenários de escassez extrema. Masanet *et al.* (2025), por exemplo, aplicaram modelos de simulação acoplados à política descritiva *Earliest Simulated Deadline First (ESDF)* para gerenciar filas de alocação em tempo real, demonstrando que a antecipação matemática de prazos críticos melhora os indicadores de equidade e sobrevida global do sistema sem reduzir sua produtividade.

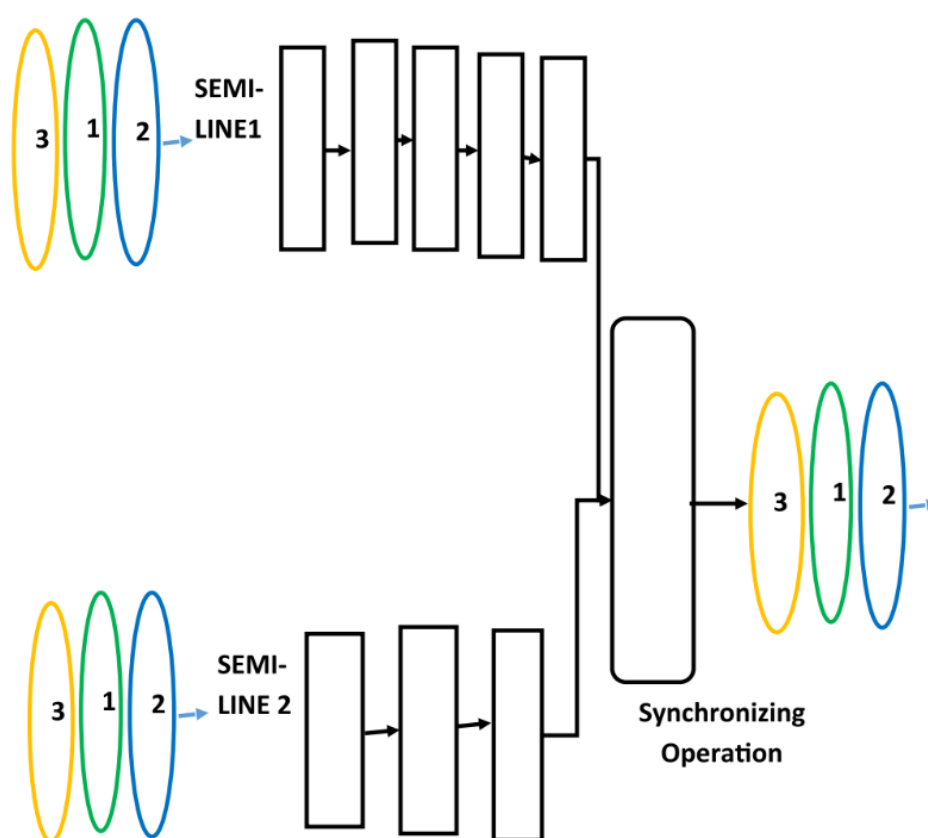
2.5.1.1 Sequenciamento em *flow shop* com linhas semiparalelas e operação sincronizada

Guimarães *et al.* (2019) propõem uma variante do problema de sequenciamento em ambiente *flow shop*, motivada por uma aplicação real do setor eletroeletrônico. Nessa configuração, o sistema é composto por duas linhas semiparalelas de processamento e uma operação final de sincronização. Em cada linha, os trabalhos seguem a mesma ordem tecnológica de processamento, porém as operações executadas em uma linha são independentes daquelas realizadas na outra. Afirmam ainda que a principal característica

do modelo é que a operação final somente pode ser iniciada quando o trabalho tiver concluído seu processamento em ambas as linhas simultaneamente.

A Figura 6 apresenta a estrutura geral do sistema proposto por Guimarães *et al.* (2019). Os elementos identificados pelos números 1, 2 e 3 representam diferentes entidades em processamento no sistema, denominadas pelos autores como *jobs*. Cada entidade percorre simultaneamente duas linhas semiparalelas, nas quais as operações são executadas de forma independente e podem apresentar tempos de processamento distintos. Como consequência, uma mesma entidade pode concluir seu percurso em uma das linhas antes da outra.

Figura 6 – Modelo de *flow shop* com linhas semiparalelas e sincronização



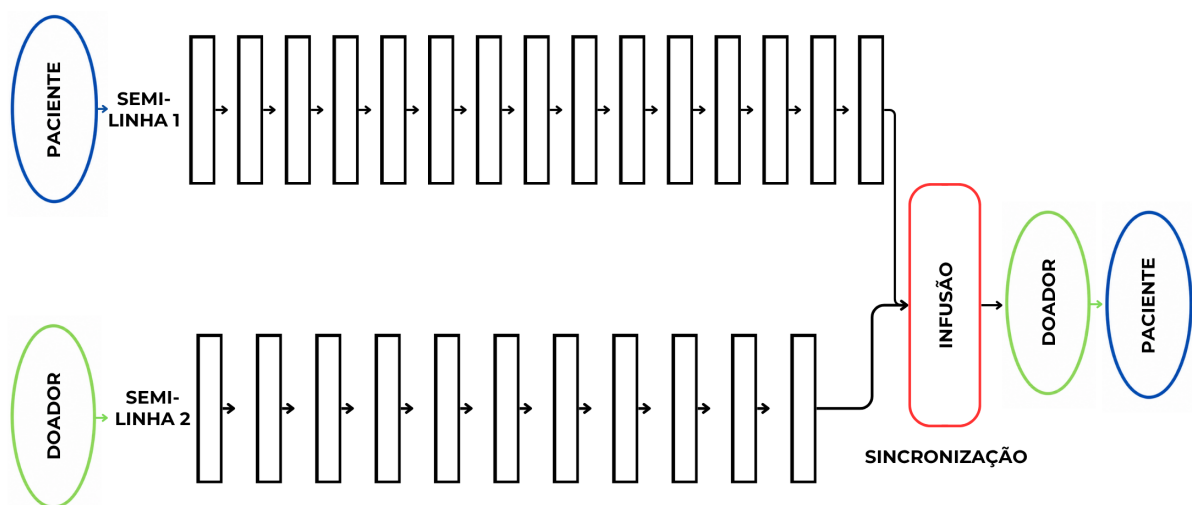
Fonte: Guimarães *et al.* (2019)

Essa característica introduz uma restrição adicional ao problema de sequenciamento, uma vez que o desempenho global do sistema passa a depender não apenas dos tempos de processamento individuais, mas também da coordenação temporal entre os fluxos paralelos. Segundo Guimarães *et al.* (2019), atrasos em qualquer uma das linhas podem provocar tempos de espera antes da operação de sincronização, impactando diretamente o tempo total de conclusão do sistema (*makespan*).

O modelo proposto anteriormente apresenta aderência conceitual ao processo de transplante de medula óssea alogênico analisado nesta pesquisa. Nesse contexto, o fluxo do paciente e o fluxo do doador/material biológico desenvolvem-se de forma parcialmente in-

dependente, mas convergem para uma etapa crítica de sincronização, como desmostrando na Figura 7. A realização do transplante somente pode ocorrer quando o paciente estiver clinicamente apto e, simultaneamente, o material biológico compatível estiver disponível para infusão. Assim, a estrutura de linhas semiparalelas com operação final sincronizada fornece uma representação adequada para descrever a dinâmica operacional do sistema estudado.

Figura 7 – Modelo de *flow shop* com linhas semiparalelas e sincronização do processo de transplante de medula óssea



Fonte: Adaptado (2026) de Guimarães *et al.* (2019)

2.5.2 Simulação computacional e simulação-otimização

A simulação computacional, isolada ou integrada a algoritmos de otimização (configurando a abordagem de simulação-otimização), é amplamente utilizada na literatura para replicar o comportamento dinâmico de sistemas de saúde. Essa técnica destaca-se por sua capacidade de avaliar o impacto de diferentes políticas operacionais sob condições severas de variabilidade e incerteza (Hillier; Lieberman, 2021).

A SED consolida-se como uma técnica de modelagem computacional específica para sistemas cuja dinâmica de estado sofre alterações discretas em pontos particulares do horizonte temporal, disparadas pela ocorrência de eventos. Segundo Sakurada e Miyake (2009), essa abordagem viabiliza a reprodução de sistemas reais em ambientes virtuais controlados, permitindo a execução de experimentos e a análise de cenários alternativos sem inferir riscos ou custos à operação assistencial real. Desse modo, a SED atua como um instrumento de apoio à tomada de decisão estratégica e tática.

A principal virtude da SED reside na capacidade de representação explícita de entidades, recursos, filas e regras de priorização que governam o sistema. De acordo com Almeida (2015), essa técnica é especialmente indicada para ecossistemas de alta complexidade, nos

quais a formulação por métodos analíticos tradicionais, como modelos matemáticos determinísticos ou equações puras de teoria das filas, torna-se matematicamente intratável devido às interações não lineares e à estocasticidade dos processos.

No domínio da saúde (*healthcare operations*), o emprego da SED expandiu-se significativamente. Thorwarth e Arisha (2009) apontam que a metodologia é frequentemente aplicada no dimensionamento de centros cirúrgicos, unidades de terapia intensiva, clínicas de especialidades e fluxos ambulatoriais, visando otimizar a utilização de recursos, mitigar tempos de espera e balancear a capacidade operacional. Os autores ressaltam que a simulação permite testar políticas restritivas ou de expansão sem comprometer a segurança dos pacientes ou desestabilizar a rotina hospitalar.

No contexto específico do transplante de medula óssea, a SED mostra-se altamente aderente. O macroprocesso do TMO é composto por múltiplas etapas interdependentes, submetido a severas restrições de recursos (leitos de isolamento, equipes médicas, capacidade laboratorial) e caracterizado por tempos de processamento altamente variáveis. Assim, a modelagem via SED permite mapear a jornada do paciente desde a sua inserção no sistema até o desfecho do transplante, identificando gargalos estruturais e quantificando o impacto de melhorias na produtividade global do hospital.

Expandindo o uso da técnica, Erazo *et al.* (2023) propuseram um *framework* de simulação-otimização voltado à eficiência dos sistemas de alocação de órgãos sólidos. O modelo determinou o tamanho ótimo de lotes de ofertas locais com base em atributos biológicos dos órgãos, visando maximizar a taxa de utilização e reduzir os tempos de espera na fila. Os autores utilizaram a simulação de Monte Carlo associada a mecanismos de busca heurística sobre o espaço de políticas de decisão, demonstrando ganhos operacionais expressivos em cenários de incerteza.

Complementarmente, a integração entre a modelagem de processos e a simulação computacional é observada na aplicação de Cadeias de Processos Direcionadas por Eventos (*Event-driven Process Chain - EPC*). Feccia *et al.* (2025) desenvolveram um modelo EPC integrado à simulação de Monte Carlo orientada a eventos para gerenciar o fluxo de doadores de órgãos. O estudo avaliou gargalos específicos e tempos de ciclo associados às macro etapas de captação, armazenamento em criobancos e transporte logístico.

Esses estudos evidenciam que, enquanto a camada de simulação captura com eficiência as incertezas de chegada de pacientes, tempos de atendimento e taxas de descarte ou rejeição, a camada de otimização explora o espaço de soluções para determinar políticas ótimas de alocação, sequenciamento e priorização sob condições estocásticas.

2.5.3 Teoria das Filas

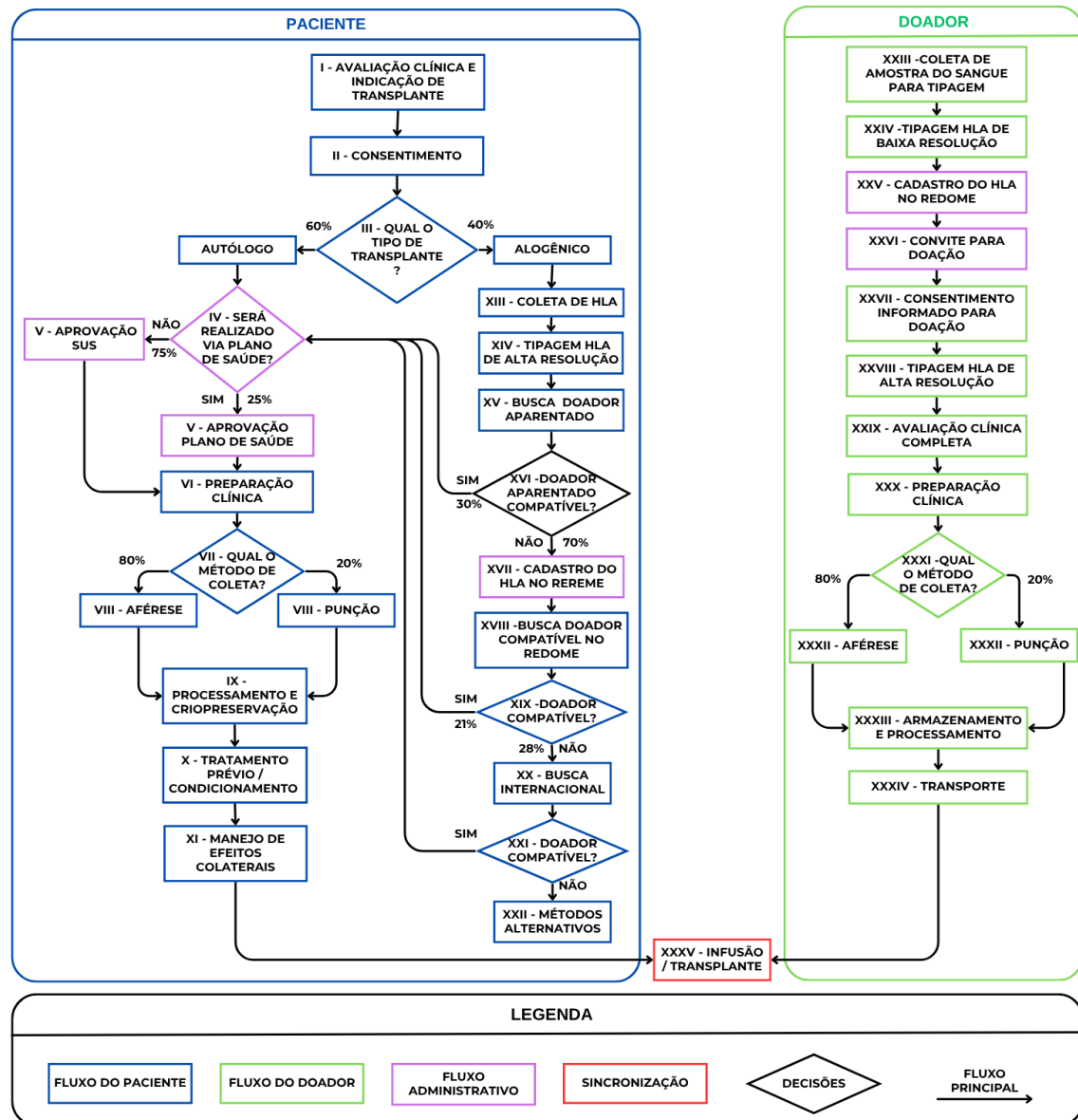
A Teoria das Filas constitui um ramo consolidado da PO dedicado à modelagem matemática de sistemas nos quais a demanda por um serviço compete por recursos de atendimento limitados. Segundo Shortle *et al.* (2018), essa teoria busca descrever e prever

matematicamente o comportamento dos processos de chegada, disciplina de atendimento e tempos de espera na fila. A modelagem analítica gerada fornece métricas fundamentais de desempenho, tais como o tempo médio de permanência na fila W_q , o número médio de clientes em espera L_q e a taxa de ocupação dos servidores ρ , subsidiando decisões de dimensionamento de capacidade.

Estruturalmente, os sistemas de filas são caracterizados por uma população de clientes, um processo estocástico de chegada, uma capacidade de armazenamento da fila e um arranjo de canais de atendimento (servidores). Conforme Chaves (2012), a formação de filas temporárias ou crônicas manifesta-se sempre que a taxa de chegada da demanda excede, mesmo que momentaneamente, a taxa média de serviço do sistema. A análise matemática dessas estruturas permite identificar desequilíbrios operacionais e planejar a expansão ou realocação de servidores para minimizar o tempo de espera institucional.

Na literatura de gestão de saúde, a Teoria das Filas é amplamente empregada para analisar o fluxo de pacientes, prever a ocupação de leitos e otimizar agendas de exames diagnósticos. Orlandin *et al.* (2019) destacam que essa abordagem probabilística auxilia na identificação de ociosidades ou sobrecargas em postos assistenciais, contribuindo diretamente para a redução do tempo total de permanência (*length of stay*) dos pacientes e promovendo um uso racional dos ativos hospitalares.

No âmbito do transplante de medula óssea, praticamente todas as macroetapas operacionais podem ser modeladas e interpretadas como sistemas de filas interconectados em rede (*queueing networks*). As consultas médicas de triagem, a coleta e o processamento laboratorial de exames de HLA, os trâmites regulatórios de autorização administrativa no REREME, a busca ativa por doadores no REDOME e a disponibilidade de leitos na unidade de transplante constituem servidores com tempos de atendimento estocásticos, conforme ilustrado no esquema conceitual do sistema na Figura 8.

Figura 8 – Fluxograma Conceitual processo de doação e transplante de medula óssea

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

Observa-se que a numeração das etapas não é necessariamente sequencial ao longo de cada fluxo, uma vez que foi adotada uma numeração única para representar todas as etapas do processo de transplante de medula óssea. Ademais, os teoremas e formulações analíticas da Teoria das Filas fornecem o embasamento matemático essencial para compreender a formação de gargalos e os impactos das restrições de capacidade. Essa abordagem atua de forma complementar e sinérgica com a SED desenvolvida nesta dissertação, validando os parâmetros probabilísticos utilizados e enriquecendo a análise do desempenho global do fluxo do TMO.

3 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos, este estudo adota uma abordagem metodológica estruturada, detalhada nas subseções a seguir. A estratégia de pesquisa foi concebida de modo a garantir rigor científico, coerência entre os procedimentos adotados e aderência ao problema investigado.

3.1 Natureza e abordagem da pesquisa

A presente pesquisa fundamenta-se no delineamento, na representação e na análise do processo operacional do TMO sob o arcabouço teórico-metodológico da PO, com ênfase na SED. O estudo parte do pressuposto de que o TMO se configura como um sistema hospitalar de alta complexidade, no qual fluxos clínicos, laboratoriais, regulatórios e logísticos interagem dinamicamente. Essas atividades demandam recursos escassos e são governadas por decisões condicionais e restrições de sincronização temporal.

Para transpor a realidade assistencial observada em um modelo computacional representativo, a pesquisa foi estruturada em etapas sequenciais e interdependentes. O percurso metodológico compreendeu: o levantamento preliminar bibliográfico conceitual; a concepção e aplicação de um instrumento de coleta de dados (questionário); a delimitação do escopo do processo; a modelagem conceitual por meio de fluxogramas; a formulação da lógica operacional do sistema; e, por fim, a implementação computacional no *software* Arena para a posterior avaliação de cenários simulados. Salienta-se que a revisão bibliográfica sistemática preliminar antecede este capítulo, integrando a fundamentação de relevância do estudo. O desenho metodológico desta investigação é caracterizado a partir de três eixos fundamentais:

- i) Natureza aplicada: o estudo orienta-se à resolução de um problema prático e concreto: a identificação de gargalos operacionais e restrições de capacidade no fluxo do TMO. Afastando-se de um caráter puramente teórico, a pesquisa entrega uma representação computacional capaz de subsidiar decisões reais de planejamento de capacidade e melhoria contínua em ambiente hospitalar.
- ii) Objetivos exploratórios e descritivos: a dimensão exploratória justifica-se pela escassez de literatura nacional e internacional que aborde o fluxo produtivo do TMO de forma integrada via SED, mapeando simultaneamente as jornadas do paciente e do doador até a sincronização final para a infusão. A dimensão descritiva materializa-se no registro rigoroso, na organização e na parametrização das etapas do processo, tempos de ciclo, pontos de decisão e restrições do sistema.

iii) Abordagem mista (quali-quantitativa): a vertente qualitativa manifesta-se na etapa de imersão no campo, englobando a interpretação de respostas discursivas do questionário, a realização de conversas exploratórias e a compreensão da percepção dos atores assistenciais sobre o fluxo. A vertente quantitativa viabiliza a engenharia do modelo, consolidada na definição de taxas de roteamento probabilístico, no ajuste de distribuições de probabilidade para os tempos de atendimento, no dimensionamento de recursos e na análise estatística dos indicadores gerados pela simulação.

Sob o ponto de vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa articula pesquisa bibliográfica preliminar, levantamento por questionário (*survey*), estudo de caso e simulação computacional. O estudo de caso foi conduzido em duas instituições hospitalares de referência (uma pública e uma privada) localizadas no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, permitindo a captação de dados operacionais condizentes com a prática assistencial contemporânea brasileira.

3.2 Aspectos éticos e proteção dos participantes

Por envolver a interação com profissionais de saúde, pacientes e acompanhantes, a condução desta pesquisa submeteu-se a um rigoroso controle ético, assegurando o anonimato dos respondentes e a estrita confidencialidade dos dados institucionais. O protocolo de pesquisa foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), via Plataforma Brasil, obtendo aprovação consubstanciada sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) nº 94151125.0.0000.5150.

A execução do estudo atendeu integralmente aos preceitos da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) — Lei nº 13.709/2018 — e às resoluções normativas federais que regulam as pesquisas com seres humanos. Para salvaguardar a identidade das organizações co-participantes, os cenários hospitalares foram categorizados genericamente como "Hospital Público" e "Hospital Privado".

O instrumento de coleta de dados foi precedido pelo Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), o qual detalhou os objetivos da investigação, a natureza voluntária da participação, o direito de revogação do consentimento a qualquer momento sem prejuízos, a inexistência de benefícios financeiros diretos e o compromisso com o sigilo. Registra-se que nenhum participante autorizou o registro por gravação de áudio; consequentemente, o estudo prescinde de transcrições sonoras formais, valendo-se exclusivamente de registros textuais. Eventuais dúvidas manifestadas pelos respondentes foram dirimidas oralmente e sem identificação nominal.

Adicionalmente, realizou-se uma conversa exploratória com um paciente submetido ao transplante autólogo, acompanhada de observação passiva em uma consulta clínica de

rotina. Essa imersão não foi estruturada como uma entrevista formal, prescindindo de gravação ou coleta de dados pessoais identificáveis. Sua finalidade restringiu-se ao entendimento fenomenológico da jornada do paciente dentro da unidade hospitalar, servindo como subsídio conceitual para a validação da lógica de construção do modelo de simulação.

3.3 Instrumento de coleta de dados

O instrumento de coleta consistiu em um questionário digital misto (estruturado e semiestruturado), composto por questões fechadas de escolha única ou múltipla e blocos discursivos abertos. O questionário foi projetado especificamente para capturar a arquitetura do processo, estimativas de tempos médios de execução, matrizes de atribuição de recursos humanos e materiais, gargalos operacionais e o potencial de inserção de tecnologias digitais de suporte. As entrevistas foram fundamentais para compreender o contexto operacional do processo estudado, cujas particularidades e interdependências não poderiam ser integralmente captadas apenas por meio de documentos ou registros formais.

A concepção do questionário ocorreu de forma colaborativa com uma pesquisadora de mestrado e outra aluna de graduação, cujos projetos tangenciam a gestão do fluxo de transplantes. Essa construção interlinear expandiu o escopo do instrumento, permitindo coletar dados técnicos de engenharia necessários à parametrização do modelo computacional e, simultaneamente, percepções gerenciais aplicadas à administração hospitalar.

A aplicação do instrumento foi viabilizada por meio da plataforma gratuita Tally.so, selecionada por sua interface digital fluida e pela capacidade de coletar assinaturas digitais diretamente no cabeçalho do formulário, o que automatizou a formalização do consentimento ético antes do preenchimento das questões.

A coleta de dados ocorreu entre os meses de março e abril de 2026, totalizando 7 questionários válidos. A amostra abrangeu profissionais da enfermagem especializados, médicos hematologistas e oncologistas, além de perspectivas de pacientes e acompanhantes. Embora o instrumento estivesse preparado para mapear dados das áreas de farmácia clínica, psicologia hospitalar, nutrição, serviço social, técnicos de laboratório e cuidados paliativos, não houve preenchimento efetivo por parte dessas categorias, configurando uma limitação na representação dessas sub etapas. Embora a ampliação do número de respondentes pudesse aumentar a representatividade dos dados, a obtenção de respostas mostrou-se desafiadora em razão da elevada carga de trabalho dos profissionais envolvidos, das restrições institucionais para participação em pesquisas e da natureza sensível das informações relacionadas ao processo de transplante.

3.4 Campo de aplicação e limitações de acesso

O campo de aplicação do estudo delimitou-se a dois complexos hospitalares de grande porte em Belo Horizonte: uma instituição integrada à rede do SUS e uma unidade pertencente

cente à saúde suplementar. Essa dualidade de ambientes permitiu analisar, sob caráter exploratório, as assimetrias operacionais, fluxos burocráticos e ritmos de disponibilização de recursos inerentes a cada modelo de financiamento da saúde no País.

Durante a fase de planejamento da pesquisa de campo, foram protocolados pedidos formais de acesso a outras 7 instituições, incluindo hospitais gerais e clínicas oncológicas especializadas. Contudo, tais organizações não concederam autorização institucional ou não emitiram parecer favorável dentro da janela temporal reservada à coleta de dados. Essa restrição reduziu o tamanho amostral final do levantamento.

Apesar da restrição no volume de respondentes, o desenvolvimento da pesquisa não foi inviabilizado. O escopo central deste estudo não reside na produção de inferências estatísticas populacionais ou generalizações probabilísticas, mas sim na modelagem conceitual, validação lógica e experimentação matemática de um fluxo operacional complexo via simulação. Em sistemas hospitalares de alta complexidade, restrições de acesso a dados internos e a profissionais na linha de frente são comuns, dada a primazia da atividade assistencial e o resguardo ético exigido pelos comitês institucionais.

3.5 Delimitação do escopo do estudo

O escopo operacional desta pesquisa compreende a jornada do transplante de medula óssea delimitada entre o diagnóstico de indicação cirúrgica (avaliação clínica inicial) e a efetivação do procedimento de infusão das células-tronco hematopoéticas. Foram modeladas as duas principais variantes do procedimento:

- i) Transplante autólogo: no qual o fluxo é linear e o próprio paciente atua como fonte das células-tronco, passando pelas etapas de mobilização e coleta prévia.
- ii) Transplante alogênico: no qual a jornada torna-se bifurcada e dependente de uma cadeia exógena, englobando a busca por doadores, testes de compatibilidade imunológica, processamento laboratorial e transporte do material biológico.

Excluíram-se do modelo computacional as etapas subsequentes à infusão, tais como o período de internação em isolamento para a "pega" da medula, o tratamento de intercorrências clínicas agudas (infecções, rejeições enxerais, DECH), o acompanhamento ambulatorial pós-alta e os indicadores de sobrevida global em longo prazo. Essa delimitação justifica-se pelo fato de que os desfechos pós-infusão são governados por variáveis imunológicas e clínicas altamente individualizadas, as quais extrapolam os objetivos de otimização de fluxos operacionais e logísticos pretendidos pela PO.

Igualmente, não foram incluídos no escopo os modelos de doação baseados em doadores falecidos (*post-mortem*), uma vez que essa modalidade não possui autorização legal ou registros operacionais na prática médica brasileira para tecidos hematopoéticos. Os bancos de SCUP também foram desconsiderados do modelo, pois sua inclusão exigiria a

parametrização de estoques criogênicos fixos e regras próprias de compatibilidade, o que expandirá demasiadamente a complexidade do sistema sem dados empíricos locais para sustentação.

Embora o processo real de transplante possa envolver a busca internacional de doadores via integração do REDOME com registros estrangeiros (como a WMDA), essa rota foi suprimida do modelo de simulação. Essa decisão fundamentou-se na ausência de dados operacionais públicos padronizados na literatura e no campo de aplicação que permitissem parametrizar, com a devida confiabilidade estatística, os tempos de trâmite aduaneiro, aceite internacional, coleta no exterior e logística de transporte internacional. Portanto, a modelagem restringiu-se à cadeia de suprimentos nacional de doadores. Essa simplificação mantém a integridade dos objetivos exploratórios do estudo, preservando o foco nos gargalos internos do sistema brasileiro e abrindo espaço para o aprofundamento do fluxo internacional em investigações futuras.

3.6 Critérios gerais de modelagem

O fluxo produtivo do TMO foi modelado sob a ótica da teoria dos sistemas de produção, sendo classificado como um ambiente *flow shop* híbrido com linhas semiparalelas e operação final sincronizada (Guimarães *et al.* 2019). Essa caracterização teórica justifica-se pela estrutura de movimentação das entidades dentro do sistema. O paciente percorre uma sequência de etapas prioritariamente ordenada e unidirecional, porém o sistema subdivide-se em ramificações condicionadas à modalidade de transplante (autólogo ou alogênico) e ao canal de financiamento (SUS ou privado). A arquitetura do modelo computacional assume comportamentos distintos para cada modalidade de transplante:

- i) No fluxo autólogo: o sistema opera de forma linear e monocanal, visto que o material celular e o paciente compartilham a mesma linha temporal de processamento.
- ii) No fluxo alogênico: o sistema passa a operar por meio de duas linhas semiparalelas independentes — a rota clínica do paciente (preparação e condicionamento) e a rota logística do doador/material (busca ativa, exames de histocompatibilidade, coleta por aférese e transporte). A operação final de infusão comporta-se como um ponto de sincronização obrigatório (módulo *Match/Batch*), o qual exige que ambas as entidades estejam simultaneamente disponíveis para a conclusão do processo.

A lógica de busca por compatibilidade implementada respeita a hierarquia médica convencional: prioriza-se o transplante autólogo; em caso de impossibilidade, ativa-se a busca por doador aparentado; e, esgotadas as opções consanguíneas, deflagra-se a busca por voluntários não aparentados via REDOME. Essa ordenação lógica foi programada, por meio de nós de decisão probabilísticos.

A estratégia de análise estruturou-se em duas etapas complementares. A primeira, consolidada no presente capítulo, consistiu na modelagem conceitual do sistema, tratamento qualitativo do campo e delimitação das regras de negócio. A segunda etapa, detalhada no Capítulo 4, abrange a tradução dessa lógica conceitual para o ambiente computacional do *software* gratuito Arena, contemplando a especificação dos módulos de entrada e saída, os testes de aderência estatística das distribuições e a parametrização dos cenários experimentais.

4 RESULTADOS

Após a consolidação do percurso metodológico, procedeu-se à transposição do sistema real de transplante de medula óssea para um ambiente computacional simulado. Esta etapa teve como propósito converter o diagnóstico operacional obtido por meio da revisão de literatura, do questionário estruturado, das interações exploratórias em um modelo matemático-computacional executável e posterior análise dos resultados.

4.1 Modelagem conceitual do processo

Esta seção apresenta a modelagem conceitual do processo de transplante de medula óssea, contemplando a representação dos fluxos operacionais e das informações obtidas durante a etapa de coleta de dados. O objetivo é estruturar o sistema real em um modelo conceitual que sirva de base para a implementação computacional.

4.1.1 Fluxograma conceitual do processo

O primeiro artefato aplicado foi o fluxograma conceitual, Figura 8 apresentada no capítulo 3, do processo de transplante de medula óssea. Esse fluxograma representa a compreensão operacional do sistema antes de sua tradução para o Arena. Nele foram separados os fluxos do paciente, do doador e das atividades administrativas, evidenciando os pontos de decisão e a sincronização final para infusão. Ressalta-se que não foi identificado na internet ou em outro meio de pesquisa um fluxograma governamental completo do processo de medula óssea no Brasil, sendo necessário o seu desenvolvimento.

O fluxo do paciente inicia-se na avaliação clínica e indicação do transplante, passa pelo consentimento e segue para a definição do tipo de transplante. Caso o transplante seja autólogo, o paciente percorre as etapas de autorização, preparação, definição do método de coleta, coleta, processamento/criopreservação, condicionamento e infusão. Caso seja alogênico, o paciente permanece em preparação enquanto ocorre, em paralelo, a busca e preparação do doador.

O fluxo do doador contempla coleta de amostra, tipagem HLA, cadastro, convite para doação, consentimento, avaliação clínica, preparação, definição do método de coleta, processamento e transporte. A convergência entre o fluxo do paciente e o fluxo do doador ocorre na infusão, que representa o limite final do escopo desta pesquisa. A descrição a seguir resume, de forma sequencial, as etapas utilizadas na construção do modelo conceitual e computacional.

Etapas Iniciais do Processo

I. Avaliação clínica e indicação do transplante.

- II. Obtenção do consentimento do paciente.
- III. Definição do tipo de transplante (autólogo ou alogênico).

Fluxo Autólogo

- IV. Definição da modalidade de financiamento (SUS ou plano de saúde).
- V. Aprovação administrativa do procedimento.
- VI. Preparação clínica do paciente.
- VII. Definição do método de coleta.
- VIII. Realização da aférese ou punção de medula óssea.
- IX. Processamento e criopreservação das células coletadas.
- X. Tratamento prévio e condicionamento do paciente.
- XI. Manejo dos efeitos colaterais do tratamento.
- XII. Infusão das células hematopoéticas (transplante).

Fluxo Alogênico – Paciente

- XIII. Coleta de amostra para tipagem HLA.
- XIV. Realização da tipagem HLA de alta resolução.
- XV. Busca por doador aparentado.
- XVI. Verificação de compatibilidade do doador aparentado.
- XVII. Cadastro do HLA no REREME, quando necessário.
- XVIII. Busca por doador não aparentado por do REDOME.
- XIX. Verificação de compatibilidade do doador identificado.
- XX. Busca internacional por doador compatível, quando aplicável.
- XXI. Verificação da compatibilidade do doador internacional.
- XXII. Encaminhamento para métodos alternativos quando não há compatibilidade encontrada.

Fluxo Alogênico – Doador

- XXIII. Coleta de amostra sanguínea para tipagem.
- XXIV. Realização da tipagem HLA inicial.
- XXV. Cadastro do doador nos registros especializados.
- XXVI. Convite para doação.
- XXVII. Consentimento informado para doação.
- XXVIII. Realização da tipagem HLA de alta resolução.
- XXIX. Avaliação clínica completa do doador.
- XXX. Preparação clínica para doação.
- XXXI. Definição do método de coleta.
- XXXII. Realização da aférese ou punção de medula óssea.
- XXXIII. Armazenamento e processamento do material coletado.
- XXXIV. Transporte do material hematopoético.

Sincronização Final

XXXV. Sincronização entre paciente elegível e material doador compatível.

XXXVI. Realização da infusão das células hematopoéticas (transplante).

O fluxograma conceitual não deve ser interpretado como mera ilustração. Ele constitui o principal artefato de transição entre o processo real e o modelo computacional. Foi a partir dele que se definiu quais etapas seriam mantidas, quais seriam agregadas, quais seriam excluídas por delimitação de escopo e quais decisões seriam parametrizadas por percentuais.

4.1.2 Compilação e análise das respostas obtidas

Após a conclusão da etapa de coleta de dados, procedeu-se à consolidação das informações obtidas por meio dos questionários e das entrevistas exploratórias realizadas junto aos participantes da pesquisa. O objetivo desta etapa consistiu em reunir e organizar os dados necessários para construção do modelo conceitual do processo de transplante de medula óssea.

As respostas foram consolidadas em uma única base de dados, independentemente do meio utilizado para sua obtenção. Embora a maior parte dos participantes tenha respondido ao questionário por meio da plataforma Tally.so, parte das respostas foi inicialmente registrada em formulários impressos. Essa estratégia foi adotada para facilitar a participação de profissionais durante o horário de trabalho, reduzindo o impacto da pesquisa sobre as atividades assistenciais. Após a coleta, todas as respostas obtidas em meio físico foram transcritas para o formulário eletrônico. As cópias digitalizadas dos formulários físicos encontram-se apresentadas no Anexo A deste trabalho.

O questionário utilizado contemplou questões relacionadas à caracterização dos participantes, etapas do processo de transplante, profissionais envolvidos, recursos necessários, tempos estimados para execução das atividades, fatores de atraso, mecanismos de comunicação entre equipes e observações complementares sobre o fluxo assistencial. A versão completa do instrumento de pesquisa encontra-se apresentada no Apêndice A.

Inicialmente, buscou-se identificar quais etapas do processo eram reconhecidas pelos participantes como parte integrante da jornada do transplante de medula óssea, como descrito no Quadro 2. As respostas obtidas indicaram a presença recorrente de atividades relacionadas à avaliação clínica, exames diagnósticos, compatibilidade, preparação do paciente, coleta das células hematopoéticas, processamento do material coletado, condicionamento e infusão.

Quadro 2 – Principais etapas citadas pelos participantes

Categoria	Etapas mencionadas
Avaliação inicial	Consulta médica, indicação do transplante, exames diagnósticos.
Compatibilidade	Tipagem HLA, exames de compatibilidade, busca por doadores.
Preparação	Condicionamento, preparação clínica, tratamentos prévios.
Coleta	Aférese, punção de medula óssea.
Processamento	Criopreservação, manipulação laboratorial, armazenamento.
Transplante	Infusão das células hematopoéticas.

Fonte: Questionário aplicado (2026)

Além das atividades executadas ao longo do processo, os participantes também identificaram os recursos necessários para sua realização, descritos no Quadro 3. As respostas contemplaram tanto recursos humanos quanto recursos físicos e laboratoriais.

Quadro 3 – Recursos mencionados pelos participantes

Categoria	Recursos citados
Recursos médicos	Hematologistas, oncologistas, equipe médica especializada.
Recursos assistenciais	Enfermagem especializada, psicologia, serviço social, nutrição.
Recursos laboratoriais	Laboratórios especializados, exames de compatibilidade, tipagem HLA.
Recursos hospitalares	Leitos de isolamento, unidades de internação, centro cirúrgico.
Recursos logísticos	Transporte de material biológico, hemocomponentes.
Recursos administrativos	Autorizações, documentação e processos regulatórios.

Fonte: Questionário aplicado (2026)

Também foram coletadas informações relacionadas aos fatores que podem influenciar o tempo total do processo (*makespan*), identificados como gargalos e descritos no Qua-

dro 4. As respostas apresentaram referências a etapas administrativas, disponibilidade de doadores, realização de exames complementares, logística de transporte e disponibilidade de recursos hospitalares.

Quadro 4 – Fatores de atraso (*tardiness*) citados pelos participantes

Categoria	Exemplos mencionados
Administrativos	Autorizações, documentação e processos burocráticos.
Compatibilidade	Localização e confirmação de doadores compatíveis.
Laboratoriais	Realização e repetição de exames.
Logísticos	Transporte de material biológico.
Assistenciais	Disponibilidade de leitos e equipes especializadas.

Fonte: Questionário aplicado (2026)

Além da identificação das etapas do processo, o instrumento de pesquisa buscou levantar estimativas de duração para as principais atividades relacionadas ao transplante de medula óssea, descritas no Quadro 5. Os participantes foram convidados a informar tempos observados em suas experiências profissionais ou pessoais, permitindo a obtenção de referências para posterior parametrização do modelo de simulação.

Quadro 5 – Informações temporais coletadas pelo questionário

Categoria	Informações solicitadas
Avaliação inicial	Tempo para indicação e elegibilidade.
Compatibilidade	Tempo para identificação e confirmação de doadores.
Autorizações	Tempo para aprovação institucional e documental.
Coleta	Tempo necessário para realização do procedimento.
Processamento	Tempo para manipulação e preparação do material.
Transplante	Tempo para realização da infusão.

Fonte: Questionário aplicado (2026)

As respostas obtidas contemplaram atividades associadas à avaliação inicial, exames diagnósticos, busca por compatibilidade, autorização do procedimento, preparação do paciente, coleta das células hematopoéticas, processamento laboratorial e infusão. Em função da variabilidade observada entre instituições, profissionais e casos clínicos, os valores coletados foram utilizados como referência para construção de intervalos operacionais e distribuições probabilísticas, em vez de serem interpretados como tempos fixos de execução.

O questionário também contemplou questões relacionadas aos mecanismos de comunicação utilizados ao longo do processo de transplante de medula óssea, descritos no Quadro 6. O objetivo foi compreender como ocorre o compartilhamento de informações entre equipes assistenciais, laboratórios, setores administrativos, pacientes e familiares.

Quadro 6 – Meios de comunicação mencionados pelos participantes

Categoria	Exemplos citados
Sistemas institucionais	Prontuário eletrônico e sistemas hospitalares.
Comunicação formal	E-mail e documentos institucionais.
Comunicação direta	Telefone e reuniões presenciais.
Comunicação instantânea	Aplicativos de mensagens.
Comunicação com pacientes	Consultas presenciais e contatos telefônicos.

Fonte: Questionário aplicado (2026)

As respostas indicaram a utilização de diferentes canais de comunicação, incluindo prontuários eletrônicos, sistemas hospitalares, correio eletrônico, aplicativos de mensagens instantâneas, contatos telefônicos e reuniões multidisciplinares. Em alguns casos, os participantes relataram a utilização simultânea de múltiplos canais para acompanhamento de um mesmo paciente.

O instrumento de pesquisa também disponibiliza espaços para que os participantes registrem sugestões de melhoria relacionadas ao processo, descritos no Quadro 7. As contribuições recebidas abordaram aspectos administrativos, assistenciais, tecnológicos e organizacionais.

Quadro 7 – Principais sugestões registradas

Categoria	Exemplos mencionados
Processos administrativos	Simplificação documental e redução de burocracias.
Tecnologia	Integração de sistemas e digitalização de processos.
Comunicação	Maior compartilhamento de informações entre equipes.
Recursos	Ampliação de equipes e estruturas especializadas.
Gestão	Melhor acompanhamento das etapas do processo.

Fonte: Questionário aplicado (2026)

As respostas obtidas por meio do questionário evidenciaram que o processo de transplante de medula óssea é composto por atividades clínicas, laboratoriais, administrativas e logísticas altamente interdependentes, cuja execução exige coordenação entre diferentes especialidades. Embora a amostra tenha sido composta por sete respostas válidas, os dados coletados mostraram-se suficientes para identificar características recorrentes do processo e subsidiar a construção do modelo computacional.

A diversidade dos participantes contribuiu para uma visão abrangente do fluxo assistencial. As respostas contemplaram profissionais das áreas de hematologia, oncologia e enfermagem especializada, além de um paciente e um acompanhante, evidenciando que o transplante de medula óssea depende da atuação integrada de múltiplos profissionais e não se restringe ao procedimento de infusão.

As etapas mais frequentemente identificadas foram avaliação clínica, exames de compatibilidade, preparação do paciente, tratamento prévio, coleta das células, processamento do material e infusão. Esse resultado confirma que o transplante é compreendido como um processo contínuo, composto por diversas etapas sucessivas, no qual a infusão representa apenas a fase final de uma extensa cadeia operacional.

Os relatos qualitativos reforçaram essa percepção. Pacientes e acompanhantes descreveram um percurso prolongado, envolvendo ciclos de quimioterapia, recuperação clínica, coleta celular, internação, condicionamento e infusão. Entre os profissionais, destacaram-se referências à avaliação pré-transplante, exames complementares, compatibilidade, autorizações, consultas multidisciplinares, implantação de cateter, mobilização celular e processamento do material coletado. Independentemente da perspectiva dos respondentes, observou-se consenso de que a maior parcela do tempo do processo está concentrada nas etapas preparatórias.

Os tempos informados apresentaram elevada variabilidade, característica compatível com a complexidade clínica do transplante. Para o intervalo entre a indicação e a realização do procedimento, foram registrados prazos variando entre seis semanas e seis meses, além de respostas condicionadas à autorização do convênio e à conclusão dos exames. Esses resultados demonstram que a duração do processo depende da condição clínica do paciente, da modalidade do transplante, da disponibilidade de doador, do tipo de financiamento, das autorizações administrativas e da resposta aos tratamentos prévios.

Situação semelhante foi observada nos exames de compatibilidade. Alguns participantes indicaram prazos de quinze dias ou um mês, enquanto outros associaram essa etapa à tipagem HLA, ao *crossmatch* e à pesquisa de anticorpos. Essa heterogeneidade justificou a adoção de distribuições probabilísticas na modelagem computacional, permitindo representar a variabilidade inerente ao processo de forma mais realista do que a utilização de tempos determinísticos.

Quanto aos recursos necessários, os participantes destacaram a importância de equipe médica especializada, enfermagem especializada, laboratórios, exames diagnósticos, lei-

tos de isolamento, psicologia, serviço social, nutrição, fisioterapia, sistemas de cadastro, hemocentro, bancos de doadores e receptores, transporte de células e protocolos administrativos. Essas informações subsidiaram a definição dos recursos agregados do modelo no Arena, representados por `Equipe_Medica`, `Enfermagem_Especializada`, `Laboratorio_HLA`, `Leito_Isolamento`, `Equipe_REDOME` e `Transporte_Criogenico`, além dos recursos administrativos.

As principais dificuldades relatadas envolveram a disponibilidade limitada de doadores, exigências regulatórias, incompatibilidades, restrições financeiras e falhas de comunicação. Os principais fatores de atraso (*tardiness*) foram associados à burocracia, especialmente nas etapas de autorização pelos planos de saúde, cadastro e triagem, além de limitações logísticas, deficiência no fluxo de informações e necessidade de maior capacitação. Esses resultados indicam que os gargalos do processo decorrem da interação entre restrições administrativas, laboratoriais, informacionais e logísticas.

Entre as sugestões apresentadas destacaram-se a redução da burocracia, a ampliação da integração entre sistemas de informação, a melhoria da comunicação entre as equipes, o aumento da disponibilidade de recursos especializados, a agilização dos processos de compatibilidade e o fortalecimento do acompanhamento dos pacientes ao longo da jornada assistencial. Os participantes também indicaram a digitalização de etapas, o uso de inteligência de dados, simulação computacional e inteligência artificial como estratégias capazes de aumentar a eficiência operacional e apoiar a tomada de decisão.

Durante a análise das respostas, verificou-se que determinadas informações operacionais não estavam explicitamente contempladas no questionário ou apresentavam divergências entre os participantes. Por esse motivo, foram realizadas entrevistas exploratórias complementares com profissionais envolvidos no processo e com um paciente submetido a transplante autólogo. Essas entrevistas forneceram informações adicionais utilizadas na elaboração do fluxograma e no refinamento da modelagem computacional.

As entrevistas permitiram esclarecer que a verificação de compatibilidade segue uma sequência hierárquica. Inicialmente, avalia-se a possibilidade de realização do transplante autólogo, quando clinicamente indicado. Na impossibilidade dessa modalidade, procede-se à busca por doadores aparentados e, somente na ausência de compatibilidade familiar, inicia-se a busca por doadores não aparentados. Também foi identificado que o cadastro no REREME é realizado exclusivamente nos casos em que há necessidade de busca por doador não aparentado, mediante integração com as informações do REDOME. Esse aspecto explica a ausência de referências ao REREME em parte dos questionários, especialmente entre profissionais envolvidos em etapas anteriores do processo ou em fluxos autólogos.

Outra informação obtida nas entrevistas refere-se à realização de reuniões multidisciplinares semanais para acompanhamento dos casos clínicos. Segundo os participantes, essas reuniões envolvem profissionais de diferentes especialidades responsáveis pela discussão da evolução dos pacientes e pela definição das condutas terapêuticas. Embora

constituam um importante mecanismo de governança clínica e coordenação assistencial, essas reuniões não foram consideradas uma etapa operacional individual do processo para fins de modelagem.

De forma geral, os resultados evidenciam que o transplante de medula óssea é percebido como um processo complexo, prolongado e fortemente dependente da integração entre equipes, da compatibilidade entre doador e receptor e da eficiência das etapas administrativas e logísticas. Essas evidências forneceram subsídios para a construção do modelo computacional e serviram como referência para a interpretação dos resultados da simulação.

4.2 Implementação computacional no Arena

A implementação computacional foi realizada no *software* Arena, versão 17, utilizando simulação de eventos discretos. O paciente foi modelado como entidade principal do sistema. No transplante alogênico, criou-se uma entidade auxiliar denominada **Token_Doador**, cuja finalidade foi apresentar a linha do doador ou do material hematopoético sem tratá-lo como um segundo paciente independente.

A criação do **Token_Doador** permitiu representar o caráter semiparalelo do processo alogênico. O *token* conserva o identificador do paciente correspondente, possibilitando que ambos sejam reunidos no módulo de sincronização antes da infusão. Essa solução foi necessária porque o transplante alogênico depende da convergência entre duas trajetórias distintas: a preparação do paciente e a disponibilidade do material doador.

A unidade de tempo adotada no Arena foi horas, pois as etapas do processo apresentam durações muito distintas. Atividades como aférese e infusão ocorrem em poucas horas, enquanto busca de doador, aprovações administrativas e condicionamento podem demandar dias ou semanas. A adoção de uma unidade comum em horas permitiu compatibilizar todas essas escalas temporais.

A versão utilizada foi a versão acadêmica do Arena possui limite de aproximadamente 150 módulos (*blocks/modules*) no modelo. Acima disso o *software* não permite salvar ou executar normalmente o modelo completo. Em razão das limitações dessa versão, os recursos e entidades foram adaptados quanto a sua disponibilidade. Essa adaptação foi necessária para preservar a executabilidade do modelo, sem comprometer a lógica operacional do processo. A agregação de subprocessos, nesse contexto, não eliminou a influência das etapas no sistema, pois seus tempos foram incorporados às distribuições dos módulos correspondentes.

4.2.1 Cálculo da taxa de chegada dos pacientes

A quantidade de 60 pacientes não foi adotada como dado epidemiológico ou como volume real anual de transplantes, mas como tamanho experimental do lote simulado. A

escolha desse valor teve por finalidade garantir que os principais ramos probabilísticos do modelo fossem acionados em quantidade suficiente para permitir a observação do comportamento do processo, especialmente nos fluxos autólogo, alogênico, SUS, plano de saúde, aférese e punção.

Como o modelo contempla decisões probabilísticas, uma quantidade muito reduzida de entidades poderia fazer com que determinados caminhos fossem pouco representados ou sequer percorridos durante a simulação. Considerando 60% de transplantes autólogos e 40% de transplantes alogênicos, tem-se, para 60 pacientes:

$$N_{autlogo} = 60 \times 0,60 = 36 \text{ pacientes}$$

$$N_{alognico} = 60 \times 0,40 = 24 \text{ pacientes}$$

Dessa forma, ambos os tipos de transplante passam a ter volume suficiente de entidades para serem observados no modelo. Em seguida, considerando a divisão entre plano de saúde e SUS, com 75% e 25%, respectivamente, obtém-se:

$$N_{plano} = 60 \times 0,75 = 45 \text{ pacientes}$$

$$N_{SUS} = 60 \times 0,25 = 15 \text{ pacientes}$$

Também se verificou a distribuição esperada dos métodos de coleta. Para tal, considerando-se 80% de aférese e 20% de punção:

$$N_{afereze} = 60 \times 0,80 = 48 \text{ pacientes}$$

$$N_{puncao} = 60 \times 0,20 = 12 \text{ pacientes}$$

A escolha de 60 entidades, portanto, permitiu que os principais ramos do modelo fossem percorridos sem tornar a simulação excessivamente extensa ou desnecessariamente complexa para o objetivo exploratório do estudo. Ressalta-se que esse valor não representa uma estimativa nacional ou institucional de demanda, mas uma premissa experimental de simulação, adotada para possibilitar a comparação entre os cenários *AS-IS*, atual, e *TO-BE*, ideal, em condições equivalentes dentro das limitações do Arena acadêmico.

Após a definição do lote experimental de 60 pacientes, foi necessário distribuir essas chegadas ao longo de um horizonte anual de simulação. Considerando que um ano possui 8.760 horas, calculou-se a taxa média de chegada pela razão entre o número de pacientes simulados e o horizonte temporal:

$$\lambda = \frac{N_{\text{pacientes}}}{\text{Horas}}$$

$$\lambda = \frac{60}{8760} = 0,00685 \text{ pacientes/hora}$$

O tempo médio entre chegadas corresponde ao inverso da taxa média:

$$T_{chegada} = \frac{1}{\lambda}$$

$$T_{chegada} = \frac{1}{0,00685}$$

$$T_{chegada} = \frac{8760}{60} = 146 \text{ h}$$

Dessa forma, o módulo *Create* do Arena foi parametrizado como distribuição exponencial EXPO(146), indicando que, em média, um novo paciente ingressa no sistema a cada 146 horas simuladas. Portanto, o valor 146 não foi arbitrado diretamente: ele deriva matematicamente da distribuição de 60 pacientes ao longo de um horizonte anual de 8.760 horas. A limitação da versão acadêmica do Arena não determinou o número de pacientes simulados, mas influenciou a necessidade de simplificar a granularidade do modelo.

4.2.2 Distribuições de tempo utilizadas

Os tempos de processamento foram modelados predominantemente por distribuições triangulares. Essa escolha foi adotada porque era possível estabelecer valores mínimos, mais prováveis e máximos com base na literatura, nas respostas do questionário e na lógica operacional do processo.

A distribuição triangular é representada por: [TRIA(a,m,b)] em que (a) representa o tempo mínimo, (m) representa o tempo mais provável e (b) representa o tempo máximo. Seu valor esperado é calculado por:

$$E[X] = \frac{a + b + c}{3}$$

Como exemplo, o consentimento ou aprovação por plano de saúde no cenário base foi modelado como:

$$[TRIA(720,1440,2880).]$$

Logo:

$$E[X] = \frac{720 + 1440 + 2880}{3}$$

$$E[X] = \frac{5040}{3}$$

$$E[X] = 1680 \text{ h}$$

Esse valor foi utilizado para representar a elevada duração esperada dos processos administrativos associados ao plano de saúde. Para o consentimento ou aprovação pelo SUS, utilizou-se:

$$[\text{TRIA}(168,336,720)]$$

Logo:

$$E[X] = \frac{168 + 336 + 720}{3}$$

$$E[X] = \frac{1224}{3}$$

$$E[X] = 408 \text{ h}$$

A diferença entre os valores médios esperados de plano e SUS permitiu representar, no modelo, a distinção entre fluxos administrativos diferentes. A busca inicial por doador no REDOME/REREME foi modelada como:

$$[\text{TRIA}(240,480,1440)]$$

Assim:

$$E[X] = \frac{240 + 480 + 1440}{3}$$

$$E[X] = \frac{2160}{3}$$

$$E[X] = 720 \text{ h}$$

Já a busca ampliada foi modelada como:

$$[\text{TRIA}(720,1440,2880)]$$

Logo:

$$E[X] = \frac{720 + 1440 + 2880}{3}$$

$$E[X] = \frac{5040}{3}$$

$$E[X] = 1680 \text{ h}$$

Essa diferença representa a maior complexidade do processo quando a compatibilidade inicial não é encontrada.

4.2.3 Dimensionamento dos recursos

O dimensionamento dos recursos foi realizado por meio de uma lógica agregada de carga de trabalho. Quando não havia dados reais completos de capacidade, utilizou-se a relação entre a quantidade esperada de entidades que utilizam determinado recurso, o tempo médio de serviço, o horizonte de análise e a taxa de ocupação desejada. Pois, não há dados públicos completos de quantos recursos há em nível nacional, como hospitais privados e públicos que realizam os procedimentos, clínicas especializadas, leitos por hospital etc.

Fórmula geral adotada foi:

$$C_i = \left\lceil \frac{n_i \times E[S_i]}{H \times \rho_{alvo}} \right\rceil$$

onde:

C_i = capacidade necessária do recurso i ;

n_i = número esperado de entidades que utilizam o recurso;

$E[S_i]$ = tempo médio de serviço da atividade;

H = horizonte de análise;

ρ_{alvo} = taxa de utilização desejada.

O arredondamento para cima é necessário porque os recursos são discretos. Não é possível, por exemplo, modelar 2,4 equipes médicas ou 1,6 laboratórios. Assim, o menor número inteiro capaz de atender à carga média estimada deve ser adotado. Como exemplo ilustrativo, supondo uma atividade executada por 60 pacientes ao ano, com tempo médio de serviço de 72 horas, horizonte de 8.760 horas e ocupação-alvo de 80%, tem-se:

$$C_i = \left\lceil \frac{60 \times 72}{8760 \times 0,80} \right\rceil$$

$$C_i = \left\lceil \frac{4320}{7008} \right\rceil$$

$$C_i = \lceil 0,616 \rceil$$

$$C_i = 1 \text{ recurso}$$

Portanto, uma única unidade do recurso seria suficiente para atender a carga média anual considerada. Para verificar a ocupação efetiva desse recurso, calcula-se a taxa de utilização:

$$\rho = \frac{60 \times 72}{1 \times 8760}$$

$$\rho = \frac{4320}{8760}$$

$$\rho = 0,493$$

$$\rho = 49,3\% \text{ de utilização}$$

Isso indica que o recurso permanecia ocupado durante aproximadamente 49,3% do horizonte analisado. No modelo, alguns recursos foram dimensionados para não se tornarem gargalos artificiais, como enfermagem especializada e leitos de isolamento. Outros foram mantidos restritivos de forma intencional, como a aprovação do plano de saúde, no cenário base, para representar a restrição administrativa identificada no processo.

4.2.4 Parâmetros probabilísticos utilizados

A modelagem incorporou decisões probabilísticas para representar a variabilidade do processo. O tipo de transplante foi dividido entre 60% autólogo e 40% alogênico. A fonte financiadora foi representada por 25% plano privado e 75% SUS. O método de coleta foi parametrizado em 80% aférese e 20% punção. No fluxo alogênico, a compatibilidade inicial foi representada por 30% de sucesso e 70% de necessidade de busca ampliada. Todos esses parâmetros foram definidos pela literatura no Referencial Teórico e registrados anteriormente no capítulo homônimo.

O tempo de transporte foi modelado por meio da distribuição triangular TRIA(12,24,48) horas. O valor mínimo e modal de horas foram definidos com base em relatos dos entrevistados, enquanto o limite superior de 48 horas foi adotado considerando estudos e diretrizes que estabelecem essa janela como referência para processamento e criopreservação do material biológico. Esses parâmetros foram inseridos em módulos *Decide* do Arena, permitindo que as entidades fossem direcionadas a diferentes caminhos.

4.2.5 Quadro de modelagem implementada no Arena

O Quadro 8 apresenta a modelagem desenvolvida no Arena, descrevendo os módulos, suas funções, recursos associados e justificativas de implementação. Essa representação permite compreender a estrutura lógica do modelo computacional e a correspondência entre os elementos simulados e o processo real de TMO.

Quadro 8 – Síntese da modelagem implementada no Arena (continua)

Módulo	Tipo	Função	Tempo/Condição	Recurso	Justificativa
01_Chegada_Paciente	<i>Create</i>	Entrada dos pacientes	EXPO(146) h; limite de 60 chegadas	Não se aplica	Representa a chegada anual estimada de pacientes.
02_Assign_ID_Paciente	<i>Assign</i>	Identificação da entidade	–	Não se aplica	Permite sincronização futura entre paciente e <i>token</i> doador.
03_Avaliacao_Indicacao	<i>Process</i>	Avaliação clínica e indicação	TRIA(24,72,168) h	Equipe_Medica = 4	Representa a primeira etapa efetiva do escopo.
04_Tipo_Autologo_60pct	<i>Decide</i>	Define tipo de transplante	60% autólogo; 40% alogênico	Não se aplica	Separa os fluxos autólogo e alogênico.
05_Financiamento_Autologo_Privado25pct	<i>Decide</i>	Define financiamento autólogo	25% plano; 75% SUS	Não se aplica	Direciona para fluxo administrativo correspondente.
06_Consentimento_Plano_Autologo_Gargalo	<i>Process</i>	Aprovação via plano	TRIA(720,1440,2880) h	Administrativo_Plano = 1	Representa gargalo administrativo privado.
07_Consentimento_SUS_Autologo	<i>Process</i>	Aprovação via SUS	TRIA(168,336,720) h	Administrativo_SUS = 3	Representa o fluxo público regulado.
08_Preparacao_Fisica_Autologo	<i>Process</i>	Preparação física	TRIA(72,168,336) h	Equipe_Medica = 4	Representa preparação clínica após autorização.
09_Tratamento_Previo_Autologo	<i>Process</i>	Condicionamento autólogo	TRIA(168,336,720) h	Leito_Isolamento = 8	Representa uso de leito especializado.
10_Coleta_Autologa_Aferese_80pct	<i>Decide</i>	Define método de coleta	80% aférese; 20% punção	Não se aplica	Separa recursos de coleta.
11_Aferese_Autologa	<i>Process</i>	Coleta por aférese	TRIA(3,5,8) h	Maquina_Aferese = 1	Representa coleta por equipamento específico.
12_Puncao_Autologa	<i>Process</i>	Coleta por punção	TRIA(4,6,10) h	Centro_Cirurgico = 1	Representa coleta cirúrgica.
13_Processamento_Criopreservacao	<i>Process</i>	Processamento autólogo	TRIA(24,48,96) h	Laboratorio_HLA = 2	Prepara material para infusão.
14_Internacao_Condicionamento_Autologo	<i>Process</i>	Condicionamento final	TRIA(72,168,336) h	Leito_Isolamento = 8	Última etapa autóloga antes da infusão.
15_Cria-Token_Doador	<i>Separate</i>	Criação da linha doador	Duplicate Original	Não se aplica	Inicia linhas semiparalelas no alogênico.

Quadro 8 – Continuação

Módulo	Tipo	Função	Tempo/Condição	Recurso	Justificativa
16_Linha_Paciente_Alogenico	<i>Assign</i>	Marca linha paciente	–	Não se aplica	Diferencia paciente do <i>token</i> doador.
17_Tratamento_Previo_Alogenico	<i>Process</i>	Condicionamento alogênico	TRIA(168,336,720) h	Leito_Isolamento = 8	Representa a preparação do paciente.
18_Internacao_Condicionamento_Alogenico	<i>Process</i>	Internação alogênica	TRIA(72,168,336) h	Leito_Isolamento = 8	Mantém paciente até sincronização.
19_Define_Token_Doador	<i>Assign</i>	Define <i>token</i> doador	–	Não se aplica	Representa doador como entidade técnica.
20_Linha_Material_Doador	<i>Assign</i>	Prepara <i>token</i>	–	Não se aplica	Mantém vínculo com paciente.
21_Busca_REDOME_REREME	<i>Process</i>	Busca inicial	TRIA(240,480,1440) h	Equipe_REDOME = 5	Representa busca em cadastros.
22_Compatibilidade_Inicial_30pct	<i>Decide</i>	Compatibilidade inicial	30% compatível; 70% busca ampliada	Não se aplica	Representa incerteza na busca.
23_Busca_Ampliada_Incompatibilidade	<i>Process</i>	Busca ampliada	TRIA(720,1440,2880) h	Equipe_REDOME = 5	Representa dificuldade adicional.
24_Exames_HLA_Crossmatch	<i>Process</i>	Compatibilidade HLA	TRIA(360,720,1080) h	Laboratorio_HLA = 2	Representa exame laboratorial crítico.
25_Repetir_Exames_25pct	<i>Decide</i>	Repetição técnica	25% repete; 75% segue	Não se aplica	Incorpora incerteza técnica.
26_Avaliacao_Clinica_Doador	<i>Process</i>	Avaliação do doador	TRIA(72,168,336) h	Equipe_Medica = 4	Confirma aptidão clínica.
27_Doador_Disponivel_80pct	<i>Decide</i>	Disponibilidade do doador	80% disponível; 20% retorna	Não se aplica	Representa indisponibilidade eventual.
28_Financiamento_Alogenico_Privado_25pct	<i>Decide</i>	Define financiamento alogênico	25% plano; 75% SUS	Não se aplica	Autorizações após doador apto.
29_Consentimento_Plano_Alogenico_Gargalo	<i>Process</i>	Aprovação plano alogênico	TRIA(720,1440,2880) h	Administrativo_Plano = 1	Representa gargalo administrativo.
30_Consentimento_SUS_Alogenico	<i>Process</i>	Aprovação SUS alogênico	TRIA(168,336,720) h	Administrativo_SUS = 3	Representa o fluxo público.
31_Coleta_Doador_Aferese_80pct	<i>Decide</i>	Método de coleta do doador	80% aférese; 20% punção	Não se aplica	Define recurso de coleta.

Quadro 8 – Conclusão

Módulo	Tipo	Função	Tempo/Condição	Recurso	Justificativa
32_Aferese_Doador	<i>Process</i>	Aférese doador	TRIA(3,5,8) h	Maquina_Aferese = 1	Coleta por equipamento.
33_Puncao_Doador	<i>Process</i>	Punção doador	TRIA(4,6,10) h	Centro_Cirurgico = 1	Coleta cirúrgica.
34_Processamento_Doador	<i>Process</i>	Processamento doador	TRIA(24,48,96) h	Laboratorio_HLA = 2	Prepara o material alogênico.
35_Transporte_Criogenico	<i>Process</i>	Transporte do material	TRIA(6,24,72) h	Transporte_Criogenico = 1	Representa o deslocamento do material.
36_Sincronizacao_Pac_Doador	<i>Batch</i>	Sincronização final	Batch 2 por ID	Não se aplica	Une paciente e material para infusão.
37_Infusao_Transplante	<i>Process</i>	Infusão/transplante	TRIA(0,67,4,12) h	Enfermagem Especializada = 6	Etapa final do escopo.
38_Saida_Apos_Infusao	<i>Dispose</i>	Saída do sistema	Remove entidade	Não se aplica	Encerra o fluxo após infusão.

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

4.2.6 Recursos utilizados no cenário base

O cenário base foi configurado com recursos agregados, representando capacidades operacionais e não necessariamente indivíduos nominais. Essa decisão foi necessária porque o estudo busca avaliar o comportamento do processo, e não realizar o dimensionamento exato de uma instituição específica. No Quadro 9 são apresentados os recursos utilizados no modelo, suas respectivas capacidades e as funções desempenhadas ao longo do processo.

Quadro 9 – Recursos do cenário base

Recurso	Capacidade	Função
Equipe Médica	4	Avaliação clínica, preparação do paciente e avaliação clínica do doador.
Enfermagem Especializada	6	Realização da infusão/transplante.
Administrativo Plano	1	Aprovação administrativa e consentimento por plano de saúde.
Administrativo SUS	3	Aprovação administrativa e consentimento pelo SUS.
Laboratório HLA	2	Realização dos exames de HLA, <i>crossmatch</i> e processamento laboratorial.
Leito de Isolamento	8	Internação e condicionamento do paciente.
Máquina de Aférese	1	Coleta por aférese.
Centro Cirúrgico	1	Coleta por punção de medula óssea.
Equipe REDOME	5	Busca e confirmação de doadores compatíveis.
Transporte Criogênico	1	Transporte do material hematopoético.

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

A separação entre Administrativo_Plano e Administrativo_SUS foi essencial para evitar que o comportamento de um fluxo interfira no outro. Essa diferenciação permitiu representar a saúde suplementar e o SUS como caminhos administrativos distintos.

4.2.7 Configuração dos cenários simulados

Foram configurados dois cenários, com suas delimitações descritas no Quadro 10. O primeiro, denominado cenário base ou *AS-IS*, representa a condição operacional de referência, mantendo tempos administrativos elevados, recursos limitados em etapas críticas e lógica atual do processo. O segundo, denominado cenário ideal ou *TO-BE*, mantém

a mesma estrutura de fluxo, mas altera capacidades e tempos associados aos gargalos, representando uma situação de melhoria operacional.

No cenário ideal, foram ampliados recursos críticos e reduzidos tempos de atividades administrativas, laboratoriais e logísticas. A finalidade não foi criar um processo artificialmente simplificado, mas avaliar o comportamento do mesmo sistema diante de maior capacidade e menor variabilidade em etapas críticas.

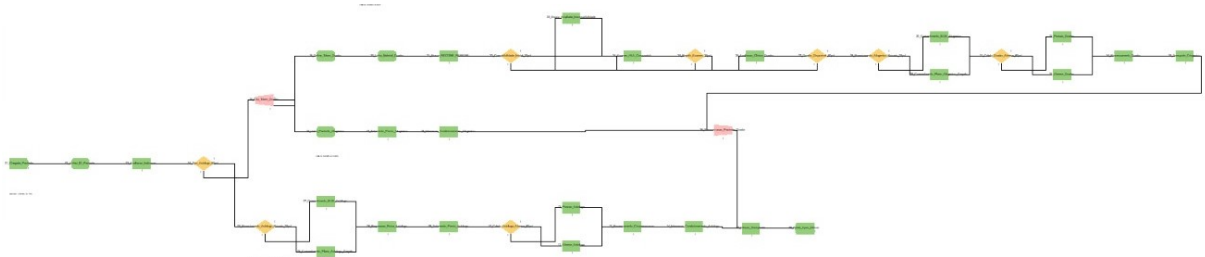
Quadro 10 – Alterações do cenário ideal em relação ao cenário base

Item	Cenário base	Cenário ideal	Justificativa
Administrativo_Plano	1 recurso	4 recursos	Representa equipe dedicada e análise paralela.
Administrativo_SUS	3 recursos	4 recursos	Evita deslocamento do gargalo para o SUS.
Laboratorio_HLA	2 recursos	4 recursos	Reduz espera em exames e processamento.
Equipe_REDOME	5 recursos	8 recursos	Aumenta capacidade de busca e contato.
Transporte_Criogenico	1 recurso	2 recursos	Reduz restrição logística.
Consentimento plano	TRIA(720,1440,2880) h	TRIA(168,336,720) h	Representa padronização documental.
Consentimento SUS	TRIA(168,336,720) h	TRIA(72,168,336) h	Representa maior integração administrativa.
Busca RE-DOME/REREME	TRIA(240,480,1440) h	TRIA(120,240,720) h	Representa melhoria de rastreabilidade.
Busca ampliada	TRIA(720,1440,2880) h	TRIA(240,720,1440) h	Reduz atraso em casos sem compatibilidade inicial.
HLA/ <i>Crossmatch</i>	TRIA(360,720,1080) h	TRIA(168,336,720) h	Representa priorização laboratorial.
Transporte criogênico	TRIA(6,24,72) h	TRIA(2,12,24) h	Representa agenda logística priorizada.

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

4.2.8 Modelo Arena

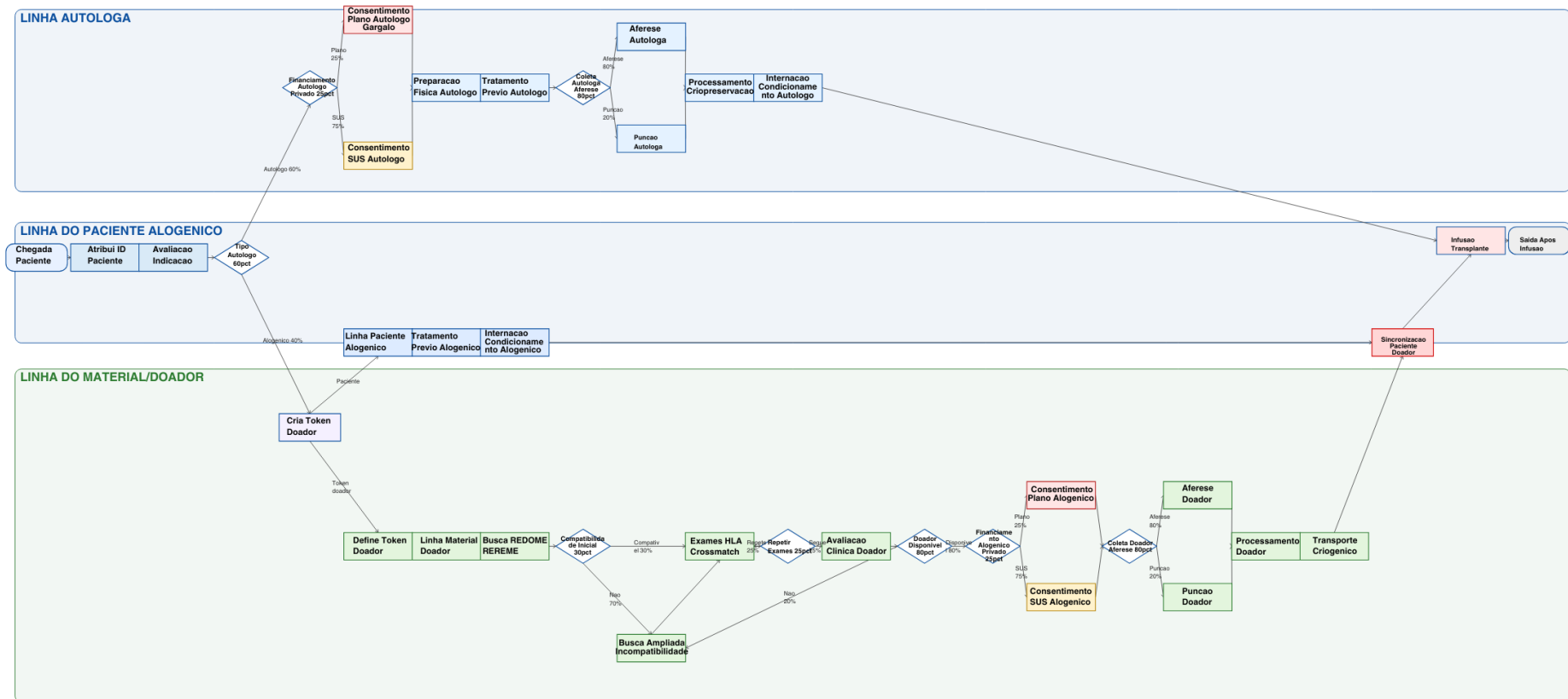
Após a construção do fluxograma conceitual e a definição dos parâmetros de modelagem, o processo foi implementado no *software* Arena. A Figura 9 apresenta uma visão da interface do *software* Arena durante a implementação do modelo de simulação. Nela é possível observar a disposição dos módulos que compõem a lógica do processo, incluindo atividades, decisões, bifurcações, sincronizações e demais elementos responsáveis pela representação computacional do fluxo operacional.

Figura 9 – Interface do *software* Arena com os módulos do modelo de simulação

Fonte: Dados da pesquisa implemetados no Arena (2026)

Após a implementação do modelo computacional, procedeu-se à execução da simulação no *software* Arena. A Figura 10 apresenta a representação completa do processo modelado, evidenciando a divisão entre as linhas do transplante autólogo, do paciente alogênico e do material/doador, bem como as principais atividades, pontos de decisão, sincronizações e gargalos considerados na simulação.

Figura 10 – Modelo de simulação do processo de transplante de medula óssea executado no *software* Arena



Gargalo principal do cenário base: consentimento/aprovação do plano de saúde.

Modelo: Modelo_TMO_final_Arena_16_10.doe | Saída do run: System.NumberOut = 60

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

O modelo implementado foi estruturado em três linhas principais: linha autóloga, linha do paciente alogênico e linha do material/doador. Essa divisão permitiu representar a lógica *flow shop* com linhas semiparalelas e sincronização final. No fluxo autólogo, o paciente percorre as etapas de avaliação, autorização, preparação, coleta, processamento, condicionamento e infusão. No fluxo alogênico, o paciente segue por uma linha própria de preparação, enquanto o material/doador percorre outra linha composta por busca, compatibilidade, exames, avaliação clínica, autorização, coleta, processamento e transporte.

A criação do **Token_Doador** foi um dos elementos centrais da modelagem. Essa entidade auxiliar permitiu representar o fluxo do doador ou do material hematopoético sem tratá-lo como um segundo paciente. Ao final do processo, o paciente e o *token* correspondente são reunidos no módulo de sincronização. Essa escolha foi necessária porque a infusão somente pode ocorrer quando o paciente está preparado e quando o material doador está disponível.

O modelo foi encerrado no módulo de infusão/transplante, respeitando a delimitação do estudo. Dessa forma, não foram incluídas etapas posteriores como pega da medula, recuperação clínica, acompanhamento pós-transplante, complicações, infecções ou reinternações. Essa delimitação permitiu concentrar a análise no fluxo operacional até a efetivação do transplante.

4.2.9 Critério de comparação entre cenários

A comparação entre os cenários foi planejada por meio da análise de indicadores operacionais, como tempo médio no sistema, tempo de espera em filas, utilização de recursos, número de entidades processadas e comportamento da sincronização final. Para mensurar reduções percentuais entre cenário base e cenário ideal, adotou-se a seguinte equação:

$$Reduo(\%) = \frac{V_{base} - V_{ideal}}{V_{base}} \times 100$$

Onde:

R = redução percentual (%);

V_{base} = resultado obtido no cenário *AS-IS*;

V_{ideal} = resultado obtido no cenário *TO-BE*.

Essa equação será utilizada no capítulo de resultados para quantificar a redução de tempos, filas e demais indicadores entre os cenários. Nesta etapa de aplicação, sua apresentação é necessária para explicitar previamente o critério matemático de comparação.

4.3 Validação lógica da aplicação

Após a implementação computacional, o modelo foi submetido a procedimentos de verificação e validação com o objetivo de garantir sua consistência lógica e aderência ao

processo real estudado. A etapa de verificação concentrou-se na análise da programação desenvolvida no *software* Arena, buscando identificar erros de modelagem, conexões incorretas entre módulos, inconsistências em rotas probabilísticas e falhas na sincronização entre entidades. Foram realizados testes sucessivos de execução, acompanhando visualmente o deslocamento das entidades ao longo do modelo. Nessa etapa verificou-se se os pacientes percorriam os caminhos adequados, se os retornos decorrentes de incompatibilidade de doadores eram direcionados corretamente para novas buscas, se as probabilidades definidas nos módulos de decisão resultaram nos encaminhamentos esperados e se todas as entidades possuíam um caminho válido até o encerramento do processo.

Especial atenção foi dada à modelagem do transplante alogênico, uma vez que esse fluxo exige a sincronização entre as trajetórias do paciente e do doador. Para isso, foi criado um *token* representando o material doador, associado ao identificador único do paciente. Durante os testes, verificou-se se o identificador era preservado ao longo do processo e se a sincronização final ocorria exclusivamente entre entidades correspondentes.

Posteriormente, foi realizada a validação lógica do modelo. Nessa etapa, a estrutura implementada no Arena foi comparada ao fluxograma elaborado a partir da revisão bibliográfica, dos questionários aplicados e das discussões realizadas com profissionais envolvidos no processo de transplante de medula óssea. Buscou-se verificar se a sequência de atividades, os pontos de decisão, as etapas administrativas e os processos de compatibilidade estavam adequadamente representados.

A validação também contemplou a análise das distribuições de probabilidade, dos tempos atribuídos às atividades e da coerência operacional dos recursos utilizados. Embora algumas etapas administrativas e documentais tenham sido agrupadas em módulos únicos, em função das limitações de detalhamento impostas pelo escopo do estudo e pela versão acadêmica do *software*, procurou-se preservar seus impactos temporais e sua influência sobre o comportamento global do sistema.

Ressalta-se que não foi realizada validação estatística dos resultados por meio de comparação com séries históricas institucionais, uma vez que tais dados não estavam disponíveis para consulta. Dessa forma, o modelo deve ser compreendido como uma representação exploratória do processo de transplante de medula óssea, cujo objetivo principal consiste na identificação de gargalos, recursos críticos e oportunidades de melhoria, e não na previsão exata de indicadores operacionais reais. Concluídas as etapas de verificação e validação lógica, o modelo foi considerado apto para a realização dos experimentos computacionais e para a comparação entre os cenários *AS-IS* e *TO-BE* desenvolvidos neste trabalho.

4.4 Resultados da simulação

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos a partir das simulações computacionais desenvolvidas no *software* Arena, as tabelas-resposta geradas pelo Arena estão

nos Anexos B e C. Expondo os resultados dos cenários simulados, comparando o cenário base, denominado *AS-IS*, com o cenário ideal, denominado *TO-BE*.

4.4.1 Resultados gerais do cenário base *AS-IS*

O cenário base, denominado *AS-IS*, foi desenvolvido para representar a condição operacional de referência do processo, mantendo os tempos administrativos elevados e os recursos críticos definidos no capítulo anterior. A simulação foi executada com unidade temporal em horas, 30 replicações e 60 pacientes incluídos, como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Indicadores gerais do cenário base *AS-IS*

Indicador	Valor no cenário base
Replicações	30
Unidade de tempo	Horas
Horizonte médio de simulação	72.000 h
Pacientes concluídos	60
Tempo médio total no sistema	8.278,08 h
Tempo médio total no sistema em dias	344,92 dias
WIP médio – Paciente	6,9002 entidades
WIP médio – Token Doador	3,3985 entidades

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

O relatório do Arena registrou a saída de 60 pacientes do sistema, indicando que todas as entidades previstas concluíram o processo até a saída. Esse resultado é importante porque confirma que o modelo não apresentou bloqueios estruturais que impedissem a conclusão do fluxo. Além disso, o cenário base apresentou entrada e saída em média de 24 *tokens* doadores, coerente com a presença do fluxo alogênico dentro da amostra simulada.

No cenário base, o tempo médio de permanência do paciente no sistema foi de 8.278,08 horas, equivalente a aproximadamente 344,92 dias. Esse resultado evidencia o elevado impacto das restrições operacionais, das filas e dos tempos de processamento considerados na modelagem, caracterizando o desempenho do sistema na condição operacional de referência.

O relatório da simulação também apontou tempos médios de espera elevados, principalmente nas etapas de consentimento e aprovação administrativa, busca por doador, exames HLA/*crossmatch*, processamento do material e sincronização entre paciente e doador. Esses resultados demonstram que o desempenho do sistema é condicionado, sobretudo, por etapas administrativas, laboratoriais e logísticas que antecedem a infusão.

O *Work In Process* (WIP) médio de pacientes foi de 6,9002 entidades, enquanto o WIP médio de *tokens* doadores foi de 3,3985 entidades. Esses indicadores representam a quantidade média de entidades presentes no sistema ao longo da simulação, incluindo aquelas em processamento e em espera. No transplante alogênico, o WIP também reflete a permanência decorrente da necessidade de sincronização entre os fluxos do paciente e do doador antes da realização da infusão.

4.4.1.1 Análise das filas no cenário base

A análise das filas do cenário base evidencia os principais pontos de restrição do sistema, apresentados na Tabela 3. O maior tempo médio de espera foi observado na etapa de consentimento e aprovação por plano de saúde do fluxo alogênico, com 7.733,71 horas, caracterizando-a como o principal gargalo operacional do modelo. Esse resultado demonstra que as atividades administrativas exercem influência significativa sobre o tempo de permanência dos pacientes no sistema e sobre o desempenho global do processo.

Tabela 3 – Principais tempos médios de espera em fila no cenário base

Fila	Tempo médio de espera
Consentimento plano alogênico	7.733,71 h
Consentimento plano autólogo	4.431,47 h
Sincronização paciente-doador	3.661,64 h
Processamento/Criopreservação	1.262,45 h
Exames HLA/ <i>Crossmatch</i>	1.061,31 h
Processamento doador	973,09 h
Busca ampliada por incompatibilidade	497,15 h
Busca REDOME/REREME	485,74 h

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

No fluxo autólogo, a etapa de consentimento e aprovação por plano de saúde também apresentou elevado tempo médio de espera, igual a 4.431,47 horas. Embora inferior ao observado no fluxo alogênico, esse resultado demonstra que a restrição administrativa afeta ambas as modalidades de transplante.

A sincronização entre paciente e doador apresentou tempo médio de espera de 3.661,64 horas, configurando o segundo maior tempo de fila do cenário base. Esse resultado evidencia o desbalanceamento entre os fluxos paralelos do paciente e do doador, exigindo que uma das entidades permaneça em espera até que ambas estejam aptas para a realização da infusão.

Outros tempos médios de espera relevantes foram observados no processamento e criopreservação, com 1.262,45 horas; nos exames HLA/*crossmatch*, com 1.061,31 horas; no processamento do material do doador, com 973,09 horas; na busca ampliada por incompatibilidade, com 497,15 horas; e na busca REDOME/REREME, com 485,74 horas.

A distribuição dos tempos de espera demonstra que os principais gargalos do processo concentram-se em etapas administrativas, laboratoriais e de sincronização entre os fluxos. Em contrapartida, procedimentos técnicos como coleta, aférese, punção e infusão apresentaram tempos de espera reduzidos ou praticamente nulos, indicando que não constituem as principais restrições operacionais do sistema.

Esses resultados corroboram as respostas obtidas no questionário aplicado, no qual os participantes apontaram a burocracia administrativa, a disponibilidade de doadores, a compatibilidade HLA e os processos regulatórios como os principais fatores responsáveis pelos atrasos no transplante. A simulação permitiu quantificar esses impactos e identificar o consentimento por plano de saúde no fluxo alogênico como o principal gargalo operacional do cenário base.

4.4.1.2 Utilização dos recursos no cenário base

A análise da utilização dos recursos reforça a identificação do gargalo administrativo, conforme apresentado na Tabela 4. O recurso Administrativo_Plano apresentou a maior utilização média no cenário base, igual a 34,32%, indicando maior demanda em relação aos demais recursos. Em seguida, destacaram-se os recursos Laboratorio_HLA, com utilização de 21,36%, e Equipe_REDOME, com 15,64%. Os demais recursos apresentaram níveis de utilização inferiores, evidenciando que as principais restrições do sistema concentraram-se nas etapas administrativas e de compatibilidade do transplante.

Tabela 4 – Utilização dos recursos no cenário base

Recurso	Utilização
Administrativo_Plano	34,32%
Laboratorio_HLA	21,36%
Equipe_REDOME	15,64%
Administrativo_SUS	8,48%
Leito_Isolamento	5,49%
Transporte_Criogenico	1,10%
Maquina_Aferese	0,77%
Equipe_Medica	0,62%
Enfermagem_Especializada	0,08%
Centro_Cirurgico	0,07%

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

A maior utilização observada para o recurso **Administrativo_Plano**, aliada aos elevados tempos de espera registrados nas etapas de consentimento e aprovação administrativa, reforça sua importância no desempenho do cenário base. O **Laboratorio_HLA** e a **Equipe_REDOME** também apresentaram níveis de utilização relevantes, evidenciando sua participação nas etapas de compatibilidade e busca por doadores.

Recursos como **Enfermagem_Especializada**, **Centro_Cirurgico**, **Maquina_Aferese** e **Equipe_Medica** apresentaram baixas taxas de utilização e não geraram filas significativas durante a simulação. Esse resultado indica que, na configuração adotada, tais recursos não constituíram restrições operacionais, embora permaneçam essenciais para a execução do transplante sob a perspectiva assistencial.

4.4.2 Resultados gerais do cenário ideal *TO-BE*

O cenário ideal, denominado *TO-BE*, foi construído mantendo a mesma lógica estrutural do cenário base, porém com alterações nos tempos e capacidades dos recursos críticos. Seus indicadores gerais estão descritos na Tabela 5. O objetivo foi avaliar como o sistema se comportaria diante da redução dos gargalos administrativos, laboratoriais e logísticos.

Tabela 5 – Indicadores gerais do cenário ideal *TO-BE*

Indicador	Valor no cenário ideal
Replicações	30
Unidade de tempo	Horas
Horizonte de simulação	72.000 h
Pacientes concluídos	60
Tempo médio total no sistema	3.478,23 h
Tempo médio total no sistema em dias	144,93 dias
WIP médio – Paciente	2,9012 entidades
WIP médio – Token Doador	1,3588 entidades

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

Assim como no cenário base, a simulação do cenário ideal foi executada com unidade temporal em horas e 60 pacientes concluídos. O relatório indicou que todas as entidades previstas concluíram o processo, confirmando o correto funcionamento do modelo após a implementação das melhorias propostas.

O tempo médio de permanência do paciente no sistema foi reduzido para 3.478,23 horas, equivalente a aproximadamente 144,93 dias. Em comparação com o cenário base, esse resultado evidencia uma redução expressiva do tempo total no sistema, demonstrando que as alterações implementadas foram eficazes na diminuição dos tempos de espera e na melhoria do desempenho operacional.

O *Work In Process* (WIP) médio de pacientes foi reduzido para 2,9012 entidades, enquanto o WIP médio de *tokens* doadores passou para 1,3588 entidades. Esses resultados indicam menor acúmulo de entidades ao longo do processo, refletindo a redução das filas e o aumento da fluidez operacional proporcionados pelo cenário ideal.

4.4.2.1 Análise das filas no cenário ideal

No cenário ideal, os tempos médios de espera foram substancialmente reduzidos, conforme apresentado na Tabela 6. As filas associadas ao consentimento e à aprovação por plano de saúde, tanto no fluxo autólogo quanto no alogênico, foram eliminadas após a implementação das melhorias propostas. Dessa forma, o principal gargalo observado no cenário base deixou de exercer influência significativa sobre o desempenho do sistema.

Com a eliminação das restrições administrativas, a etapa de sincronização entre paciente e doador passou a apresentar o maior tempo médio de espera do cenário ideal, igual a 472,58 horas. Embora ainda represente o principal ponto de espera do sistema, esse

valor é significativamente inferior ao observado no cenário base, evidenciando o aumento da eficiência operacional proporcionado pelas intervenções implementadas.

Tabela 6 – Principais tempos médios de espera em fila no cenário ideal

Fila	Tempo médio de espera
Sincronização paciente-doador	472,58 h
Processamento doador	11,41 h
Exames HLA/ <i>Crossmatch</i>	8,40 h
Processamento/Criopreservação	0,21 h
Aférese Doador	0,10 h
Consentimentos, Busca RE-DOME/REREME, Busca Ampliada e Transporte	0,00 h

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

A fila de sincronização entre paciente e doador foi reduzida de 3.661,64 horas para 472,58 horas. Embora tenha permanecido como o maior tempo médio de espera do cenário ideal, sua magnitude foi significativamente inferior à observada no cenário base, evidenciando a redução do desbalanceamento entre os fluxos paralelos.

As demais filas também apresentaram reduções expressivas. As etapas de busca RE-DOME/REREME e busca ampliada deixaram de apresentar espera média, enquanto os exames HLA/*crossmatch* foram reduzidos de 1.061,31 para 8,40 horas. O processamento do material do doador passou de 973,09 para 11,41 horas, e o processamento/criopreservação foi reduzido de 1.262,45 para 0,21 hora.

No cenário ideal, observa-se uma mudança na natureza do principal gargalo do sistema. Com a eliminação das restrições administrativas e a redução das filas laboratoriais, a sincronização entre paciente e doador passou a representar a maior espera operacional. Esse comportamento é inerente ao transplante alogênico, cuja execução depende da convergência temporal entre os fluxos paralelos do paciente e do material doador.

4.4.2.2 Utilização dos recursos no cenário ideal

A utilização dos recursos no cenário ideal, apresentada na Tabela 7, evidencia a redução da demanda sobre os recursos anteriormente mais pressionados. O recurso **Laboratorio_HLA** apresentou utilização de 8,36%, seguido pela **Equipe_REDOME**, com 6,62%, e pelo **Leito_Isolamento**, com 5,58%. Esses resultados indicam que as melhorias propostas reduziram a formação de filas e contribuíram para maior fluidez operacional.

Tabela 7 – Utilização dos recursos no cenário ideal

Recurso	Utilização
Laboratorio_HLA	8,36%
Equipe_REDOME	6,62%
Leito_Isolamento	5,58%
Administrativo_Plano	2,76%
Administrativo_SUS	2,56%
Maquina_Aferese	0,76%
Equipe_Medica	0,67%
Transporte_Criogenico	0,29%
Enfermagem_Especializada	0,08%
Centro_Cirurgico	0,07%

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

O Laboratorio_HLA teve sua utilização reduzida de 21,36% para 8,36%, enquanto a Equipe_REDOME passou de 15,64% para 6,62%. O recurso Transporte_Criogenico também apresentou redução, passando de 1,10% para 0,29%. Esses resultados demonstram que as melhorias implementadas reduziram a demanda sobre os recursos críticos, contribuindo para a diminuição das filas e para um fluxo operacional mais eficiente.

A redução da utilização dos recursos é compatível com o objetivo do cenário ideal, que consistiu em avaliar os efeitos da ampliação da capacidade e da redução dos tempos críticos sobre o desempenho do sistema. Os resultados evidenciam que essas intervenções foram suficientes para reduzir os tempos de espera e melhorar a fluidez do processo, sem comprometer a conclusão das entidades simuladas.

4.4.3 Comparação entre os cenários *AS-IS* e *TO-BE*

A comparação entre os cenários foi realizada com base nos indicadores definidos no capítulo anterior: tempo médio total no sistema, tempo de espera em filas, utilização dos recursos, quantidade de entidades processadas e comportamento da sincronização final.

O primeiro indicador analisado foi o tempo médio de permanência no sistema. No cenário base, o tempo médio foi de 8.278,08 horas, enquanto no cenário ideal esse valor foi reduzido para 3.478,23 horas. A redução percentual foi calculada conforme a equação apresentada a seguir:

$$\text{Redução (\%)} = \frac{V_{base} - V_{ideal}}{V_{base}} \times 100$$

Aplicando os valores:

$$R = \frac{8.278,08 - 3.478,23}{8.278,08} \times 100$$

$$R = \frac{4.799,85}{8.278,08} \times 100$$

$$R = 57,98\%$$

Verifica-se, portanto, que o cenário ideal proporcionou uma redução de 57,98% no tempo médio de permanência dos pacientes no sistema. A Tabela 8 apresenta a comparação dos principais indicadores entre os cenários analisados.

Tabela 8 – Comparação dos indicadores gerais entre os cenários

Indicador	Cenário base	Cenário ideal	Redução
Tempo médio total no sistema	8.278,08 h	3.478,23 h	-57,98%
Tempo em dias	344,92 dias	144,93 dias	-57,98%
WIP médio – Paciente	6,9002 entidades	2,9012 entidades	-57,95%
WIP médio – Token Doador	3,3985 entidades	1,3588 entidades	-60,02%

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

A redução do tempo médio de permanência no sistema e do *Work In Process* (WIP) evidencia que o cenário ideal proporcionou maior fluidez ao processo. A diminuição do WIP de pacientes e de *tokens* doadores indica menor acúmulo de entidades ao longo da simulação, refletindo a redução das filas e dos tempos de espera entre as etapas do processo.

4.4.3.1 Comparação dos principais tempos de espera

A comparação das filas evidencia que as maiores reduções ocorreram justamente nos pontos previamente identificados como críticos, conforme apresentado na Tabela 9. As filas de consentimento e aprovação por plano de saúde, tanto no fluxo alogênico quanto no autólogo, foram completamente eliminadas no cenário ideal. Da mesma forma, as etapas de busca REDOME/REREME e busca ampliada por incompatibilidade deixaram de apresentar tempo médio de espera, evidenciando o impacto das melhorias implementadas.

Tabela 9 – Comparação dos tempos médios de espera em fila

Fila	Cenário base	Cenário ideal	Redução
Consentimento plano alogênico	7.733,71 h	0,00 h	100,00%
Consentimento plano autólogo	4.431,47 h	0,00 h	100,00%
Sincronização paciente-doador	3.661,64 h	472,58 h	87,09%
Busca RE-DOME/REREME	485,74 h	0,00 h	100,00%
Busca ampliada por incompatibilidade	497,15 h	0,00 h	100,00%
Exames HLA/ <i>Crossmatch</i>	1.061,31 h	8,40 h	99,21%
Processamento/Criopres.	1.262,45 h	0,21 h	99,98%
Processamento doador	973,09 h	11,41 h	98,83%

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

Os resultados demonstram que o cenário ideal reduziu de forma expressiva as filas administrativas, laboratoriais e de busca por doador. Entretanto, mesmo após as melhorias implementadas, a sincronização entre paciente e doador permaneceu como a maior fila média do cenário ideal. Esse comportamento evidencia que a sincronização constitui uma característica inerente ao transplante alogênico, decorrente da necessidade de convergência temporal entre os fluxos paralelos do paciente e do material doador.

Dessa forma, observa-se que a redução dos gargalos administrativos e laboratoriais melhora significativamente o desempenho global do sistema, mas não elimina a complexidade operacional associada à sincronização final. Esse resultado é coerente com a caracterização do processo como um *flow shop* com linhas semiparalelas e operação final sincronizada.

As filas remanescentes nas etapas de compatibilidade, processamento e sincronização paciente-doador confirmam o comportamento do sistema como um ambiente *flow shop* com linhas semiparalelas e operação final sincronizada, no qual atrasos em uma etapa repercutem diretamente no desempenho global do processo.

4.4.3.2 Comparação da utilização dos recursos

A utilização dos recursos também apresentou mudanças relevantes, conforme apresentado na Tabela 10. O recurso **Administrativo_Plano** apresentou a maior redução relativa de utilização, passando de 34,32% para 2,76%. Esse resultado reflete o aumento da ca-

pacidade disponível e a redução dos tempos administrativos implementados no cenário ideal.

Tabela 10 – Comparação da utilização dos recursos

Recurso	Cenário base	Cenário ideal	Variação
Administrativo_Plano	34,32%	2,76%	-91,96%
Laboratorio_HLA	21,36%	8,36%	-60,86%
Equipe_REDOME	15,64%	6,62%	-57,67%
Transporte_Criogenico	1,10%	0,29%	-73,64%
Administrativo_SUS	8,48%	2,56%	-69,81%
Leito_Isolamento	5,49%	5,58%	+1,64%
Equipe_Medica	0,62%	0,67%	+8,06%
Enfermagem_Especializada	0,08%	0,08%	0,00%

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

A redução da utilização dos recursos críticos demonstra que as melhorias implementadas diminuíram a demanda sobre as etapas anteriormente restritivas, contribuindo para a redução das filas e do tempo médio de permanência no sistema. Ressalta-se, entretanto, que o cenário ideal foi desenvolvido com finalidade comparativa, buscando avaliar o impacto da ampliação da capacidade e da redução dos tempos críticos sobre o desempenho do processo, não constituindo uma proposta definitiva de dimensionamento de recursos para implantação prática.

4.5 Análise e discussão dos resultados

Esta seção discute os resultados obtidos à luz das informações coletadas durante a pesquisa e dos objetivos do estudo. Além da interpretação dos principais achados, são apresentadas as limitações da análise e uma síntese das contribuições proporcionadas pela modelagem computacional.

4.5.1 Comparação entre percepção dos participantes e resultados do Arena

A comparação entre as respostas obtidas no questionário e os resultados da simulação constitui uma das principais contribuições deste estudo. Os participantes identificaram a burocracia administrativa, a disponibilidade de doadores, as incompatibilidades, as exigências regulatórias, as falhas de comunicação e os aspectos logísticos como fatores que influenciam o tempo total do processo (*makespan*). Os resultados da simulação corroboraram essa percepção e permitiram quantificar a influência de cada etapa sobre o desempenho do sistema.

No cenário base, o principal gargalo identificado foi a etapa de consentimento e aprovação por plano de saúde no fluxo alogênico, que apresentou o maior tempo médio de espera entre todas as atividades do modelo. Esse resultado confirma a percepção dos participantes quanto ao impacto das etapas administrativas e demonstra que tais atividades exercem influência significativa sobre o tempo total de permanência dos pacientes no sistema.

As etapas relacionadas à busca de doadores e aos exames de compatibilidade também apresentaram tempos de espera relevantes no cenário base. As filas associadas à busca REDOME/REREME, à busca ampliada por incompatibilidade e aos exames HLA/*crossmatch* evidenciaram que a disponibilidade de doadores e o processo de compatibilização representam fatores importantes para o desempenho do transplante alogênico, em concordância com as respostas obtidas no questionário.

A sincronização entre paciente e doador também se destacou como um elemento crítico do modelo. Embora essa etapa não tenha sido explicitamente apontada pelos participantes, a simulação demonstrou que o alinhamento temporal entre os fluxos paralelos constitui uma fonte relevante de espera, especialmente após a redução dos gargalos administrativos. Esse resultado evidencia uma limitação inerente ao processo de transplante alogênico, decorrente da necessidade de convergência entre a preparação do paciente e a disponibilidade do material doador.

Esses resultados demonstram a complementaridade entre a percepção dos profissionais e a modelagem por simulação de eventos discretos. Enquanto o questionário permitiu identificar os fatores percebidos como responsáveis pelos atrasos, a simulação possibilitou mensurar quantitativamente seus impactos e identificar restrições sistêmicas que não são facilmente observadas durante a execução rotineira do processo.

4.5.2 Interpretação operacional dos resultados

Os resultados obtidos indicam que o processo de transplante de medula óssea, quando analisado sob a ótica operacional, apresenta forte sensibilidade a etapas administrativas e de compatibilidade. O gargalo principal do cenário base foi a aprovação por plano de saúde, especialmente no fluxo alogênico. Isso sugere que a melhoria do processo não depende apenas de ampliar recursos clínicos, mas também de reduzir atrasos documentais, padronizar autorizações, integrar informações e diminuir retrabalhos administrativos.

Outro ponto relevante é que os recursos assistenciais diretamente associados à infusão não foram gargalos. A fila da infusão foi nula nos dois cenários. Esse resultado reforça que o problema operacional central não está no ato final do transplante, mas no caminho necessário para chegar até ele. A infusão é curta em comparação com as etapas preparatórias e depende da conclusão de diversos subprocessos anteriores.

A redução expressiva observada no cenário ideal mostra que intervenções sobre recursos administrativos, laboratoriais e de busca podem gerar impacto sistêmico. A diminuição do

tempo médio total no sistema em 57,98% indica que a atuação sobre gargalos a montante reduz não apenas a espera local, mas também o acúmulo global de entidades.

Entretanto, o cenário ideal também revela que, mesmo após a redução dos gargalos administrativos, a sincronização paciente-doador permanece como ponto sensível. Isso ocorre porque o transplante alogênico depende de duas trajetórias que precisam convergir. Assim, a melhoria operacional não deve buscar apenas reduzir tempos individuais, mas coordenar melhor as etapas paralelas.

4.5.3 Implicações dos resultados

Os resultados obtidos indicam que o processo de transplante de medula óssea, sob a perspectiva operacional, apresenta elevada sensibilidade às etapas administrativas, de compatibilidade e de sincronização entre paciente e doador. No cenário base, o principal gargalo foi identificado na etapa de consentimento e aprovação por plano de saúde do fluxo alogênico, evidenciando que a melhoria do desempenho do sistema depende não apenas da ampliação de recursos assistenciais, mas também da otimização dos processos administrativos, da integração das informações e da redução dos tempos associados às autorizações.

Outro aspecto relevante é que os recursos diretamente relacionados à realização do transplante não constituíram os principais gargalos do modelo. As etapas de coleta, aférese, punção e infusão apresentaram tempos de espera reduzidos, indicando que o maior impacto sobre o tempo total de permanência no sistema decorre das atividades que antecedem o procedimento de infusão.

Os resultados do cenário ideal demonstraram que intervenções direcionadas aos recursos administrativos, laboratoriais e de busca por doadores promoveram melhorias expressivas no desempenho do sistema. A redução de 57,98% no tempo médio de permanência dos pacientes, acompanhada da diminuição do WIP e das filas críticas, evidencia que a atuação sobre as principais restrições operacionais produz efeitos positivos em todo o fluxo do processo.

Entretanto, mesmo após a eliminação das principais restrições administrativas e laboratoriais, a sincronização entre paciente e doador permaneceu como a maior fila do cenário ideal. Esse resultado demonstra que a necessidade de convergência temporal entre os fluxos paralelos constitui uma característica inerente ao transplante alogênico. Dessa forma, além da redução dos tempos individuais das atividades, a melhoria operacional desse processo requer estratégias que favoreçam o alinhamento e a coordenação entre as etapas paralelas.

4.5.4 Síntese dos resultados

A análise dos resultados permite destacar cinco conclusões principais. Primeiramente, o cenário base apresentou elevado tempo médio de permanência no sistema, evidenci-

ando a influência das filas e das restrições operacionais sobre o desempenho do processo. Em segundo lugar, a etapa de consentimento e aprovação por plano de saúde no fluxo alogênico foi identificada como o principal gargalo do modelo. Em terceiro lugar, a sincronização entre paciente e doador mostrou-se uma restrição estrutural do transplante alogênico, permanecendo como a principal fila mesmo após a implementação das melhorias propostas. Em quarto lugar, o cenário ideal promoveu redução de 57,98% no tempo médio de permanência no sistema, além de diminuir significativamente as filas críticas, a utilização dos recursos mais demandados e o WIP. Por fim, os resultados da simulação corroboraram as principais percepções obtidas no questionário e possibilitaram identificar restrições sistêmicas que não eram explicitamente percebidas pelos participantes.

De forma geral, os resultados demonstram que a simulação de eventos discretos representou adequadamente o comportamento operacional do processo de transplante de medula óssea, permitindo identificar gargalos, quantificar seus impactos e avaliar os efeitos de diferentes estratégias de melhoria. A comparação entre os cenários *AS-IS* e *TO-BE* evidencia o potencial da Pesquisa Operacional como ferramenta de apoio à análise e à otimização de processos hospitalares complexos.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo analisar o processo operacional do transplante de medula óssea por meio da Simulação de Eventos Discretos (SED), buscando identificar restrições operacionais, compreender sua influência sobre o desempenho do sistema e avaliar o impacto de estratégias de melhoria. Para isso, foi desenvolvido um modelo computacional no *software Arena*, fundamentado em dados obtidos na literatura, em entrevistas com profissionais envolvidos no processo e em informações coletadas por meio de questionários aplicados a especialistas da área.

Os resultados obtidos permitiram responder ao problema de pesquisa e corroboram as hipóteses estabelecidas para o estudo. A hipótese H1 foi corroborada ao evidenciar que o processo de transplante de medula óssea apresenta restrições operacionais que influenciam significativamente seu desempenho global. No cenário base, observou-se elevado tempo médio de permanência no sistema, associado principalmente às etapas administrativas, laboratoriais e de sincronização entre paciente e doador, demonstrando que o desempenho do processo é condicionado por fatores que antecedem o procedimento de infusão.

Os resultados também corroboram a hipótese H2. A simulação evidenciou que as etapas de consentimento e aprovação administrativa, os exames de histocompatibilidade e a sincronização entre paciente e doador constituem as principais restrições operacionais do sistema. Em especial, a etapa de consentimento por plano de saúde no fluxo alogênico apresentou o maior tempo médio de espera do cenário base, corroborando a percepção dos profissionais participantes da pesquisa quanto à influência dos processos regulatórios e administrativos sobre o tempo total do transplante. A busca por doadores não aparentados também se mostrou uma restrição relevante para o desempenho do fluxo alogênico, embora com impacto inferior ao observado nas etapas administrativas e laboratoriais. Adicionalmente, a modelagem evidenciou que a sincronização entre paciente e doador representa uma restrição estrutural inerente ao transplante alogênico, característica que dificilmente seria identificada apenas pela observação direta do processo.

A hipótese H3 também foi corroborada. O modelo desenvolvido representou de forma consistente a dinâmica operacional do processo de transplante de medula óssea, reproduzindo a interação entre entidades, recursos, filas, decisões probabilísticas e sincronização entre fluxos paralelos. Além de representar o comportamento esperado do sistema, a simulação possibilitou quantificar o impacto das principais restrições operacionais, fornecendo informações que dificilmente seriam obtidas apenas por meio da análise empírica do processo.

Da mesma forma, os resultados corroboram a hipótese H4 ao demonstrar que intervenções direcionadas aos principais gargalos produziram melhorias expressivas no desempenho do sistema. A ampliação da capacidade dos recursos críticos e a redução dos tempos

das etapas restritivas proporcionaram uma redução de 57,98% no tempo médio de permanência dos pacientes no sistema, acompanhada por reduções significativas nos tempos médios de espera, no *Work In Process* (WIP) e na utilização dos recursos mais demandados. Esses resultados evidenciam que melhorias localizadas em etapas críticas repercutem positivamente sobre todo o fluxo operacional, reduzindo os efeitos da variabilidade e do acúmulo de entidades ao longo do processo.

Além de fornecer evidências favoráveis às hipóteses propostas, esta pesquisa apresenta contribuições científicas e práticas. Sob o ponto de vista científico, demonstra a aplicabilidade da Simulação de Eventos Discretos na modelagem de processos hospitalares de elevada complexidade, caracterizados por fluxos paralelos, decisões probabilísticas, múltiplos recursos compartilhados e sincronização entre entidades. Sob a perspectiva prática, o estudo disponibiliza uma ferramenta de apoio à tomada de decisão capaz de avaliar previamente diferentes estratégias de melhoria sem interferir na operação real, reduzindo custos, riscos e incertezas associados à implementação de mudanças em ambientes hospitalares.

Cabe destacar que o presente trabalho não teve como objetivo propor um dimensionamento definitivo de recursos, mas avaliar o comportamento do sistema diante de um cenário de melhoria. Dessa forma, os resultados obtidos devem ser interpretados como subsídio ao planejamento operacional, demonstrando o potencial de intervenções direcionadas sobre as principais restrições do processo, e não como uma definição definitiva da configuração ótima de recursos.

Conclui-se, portanto, que a Simulação de Eventos Discretos mostrou-se uma ferramenta eficaz para representar, analisar e apoiar a otimização do processo de transplante de medula óssea. A abordagem desenvolvida permitiu identificar restrições operacionais, mensurar quantitativamente seus impactos e avaliar alternativas de melhoria de forma segura e sistemática, evidenciando o potencial da Pesquisa Operacional como instrumento de apoio à gestão hospitalar e ao aperfeiçoamento de processos assistenciais complexos.

Como trabalhos futuros, recomenda-se a incorporação de técnicas de Inteligência Artificial, Inteligência de Dados, métodos de otimização e sistemas avançados de rastreamento e monitoramento operacional, bem como a aplicação do modelo desenvolvido em diferentes instituições de saúde e em outros processos hospitalares que apresentem características semelhantes. Essas iniciativas poderão ampliar a capacidade preditiva do modelo, apoiar o planejamento de recursos e contribuir para a redução dos tempos de espera e para o aumento da eficiência dos serviços de transplante.

Referências

Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS). *Dados gerais: beneficiários e taxa de cobertura dos planos privados de saúde*. 2026. Disponível em: <<https://www.gov.br/ans/pt-br/aceso-a-informacao/perfil-do-setor/dados-gerais>><https://www.gov.br/ans/pt-br/aceso-a-informacao/perfil-do-setor/dados-gerais>.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Conhecendo os bancos de sangue de cordão umbilical e placentário*. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/sangue/cordao-umbilical/arquivos/cartilha-bancos-cordao>><https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/sangue/cordao-umbilical/arquivos/cartilha-bancos-cordao>.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 508, de 27 de maio de 2021*. 2021. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2020/rdc0508_27_05_2021.pdf>https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2020/rdc0508_27_05_2021.pdf.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Transporte de sangue e componentes (hemoterapia): perguntas e respostas*. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/sangue/transporte-de-material-biologico/faq-transporte_25-01-2021.pdf>https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/sangue/transporte-de-material-biologico/faq-transporte_25-01-2021.pdf.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Anvisa atualiza dados dos Centros de Processamento Celular*. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2023/anvisa-atualiza-dados-dos-centros-de-processamento-celular>><https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2023/anvisa-atualiza-dados-dos-centros-de-processamento-celular>.

ALMEIDA, João Flávio de Freitas. *Simulação por eventos discretos: teoria e prática*. 2015. Disponível em: <<https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/engenhariadeproducao/files/2016/08/apostila-sim-simulacao-por-eventos-discretos.pdf>><https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/engenhariadeproducao/files/2016/08/apostila-sim-simulacao-por-eventos-discretos.pdf>.

Associação da Medula Óssea (AMEO). *Como me tornar um doador de medula óssea*. s.d. Disponível em: <<https://ameo.org.br/como-me-tornar-um-doador-de-medula-ossea/>><https://ameo.org.br/como-me-tornar-um-doador-de-medula-ossea/>.

Associação da Medula Óssea (AMEO). *Tipos de transplante de medula óssea*. s.d. Disponível em: <https://rowconsultoria.com.br/ameo/Mp_index.aspx>https://rowconsultoria.com.br/ameo/Mp_index.aspx.

Associação da Medula Óssea (AMEO). *Transplante de medula óssea (TMO)*. s.d. Disponível em: <<https://ameo.org.br/transplante-de-medula-ossea-tmo>><https://ameo.org.br/transplante-de-medula-ossea-tmo>.

BANKS, Jerry et al. *Discrete-Event System Simulation*. 5. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010.

BATISTIOLE, João Valdecir. *Acesso aos transplantes de medula óssea no Brasil: uma questão de justiça*. Tese (Doutorado) — Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca - Fiocruz, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<https://www.academia.edu/112952710>><https://www.academia.edu/112952710>.

BICALHO, Maria da Graça. Hla e minorias étnicas: quando menos significa muito. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, v. 32, n. 2, p. 101–101, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-84842010000200006>><https://doi.org/10.1590/S1516-84842010000200006>.

BIREME. *Tutorial de Pesquisa no Portal Regional da BVS*. São Paulo: [s.n.], 2022. Disponível em: <https://bvsaud.org/searchtutorial/documents/BIREME-OMS-PT-Aula_2-Tutorial_de_Pesquisa.pdf>https://bvsaud.org/searchtutorial/documents/BIREME-OMS-PT-Aula_2-Tutorial_de_Pesquisa.pdf.

BORGES, LCDS. Receptores de medula óssea no brasil: um estudo ecológico da doação e análise epidemiológica sob as perspectivas de gênero, idade e regionalidade. *Hematology, Transfusion and Cell Therapy*, v. 46, p. S997–S998, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.htct.2024.09.1698>><https://doi.org/10.1016/j.htct.2024.09.1698>.

Brasil. *Lei nº 9.434, de 4 de fevereiro de 1997. Dispõe sobre a remoção de órgãos, tecidos e partes do corpo humano para fins de transplante e tratamento*. 1997. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9434.htm>https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9434.htm.

Brasil. Ministério da Saúde. *Portaria nº 2.600, de 21 de outubro de 2009. Aprova o Regulamento Técnico do Sistema Nacional de Transplantes*. 2009. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2009/prt2600_21_10_2009.html>https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2009/prt2600_21_10_2009.html.

Brasil. Ministério da Saúde. *Tópicos em transplante de células-tronco hematopoéticas*. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/topicos_transplante_celtronco_hematopoeticas.pdf>https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/topicos_transplante_celtronco_hematopoeticas.pdf.

Brasil. Ministério da Saúde. *34% dos municípios brasileiros não têm serviços médicos privados e dependem exclusivamente do SUS*. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2023/fevereiro/34-dos-municipios-brasileiros-nao-tem-servicos-medicos-privados-e-dependem-exclusivamente-do-sus>><https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2023/fevereiro/34-dos-municipios-brasileiros-nao-tem-servicos-medicos-privados-e-dependem-exclusivamente-do-sus>.

Brasil. Ministério da Saúde. *Medula óssea*. s.d. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saes/snt/medula-ossea>><https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saes/snt/medula-ossea>.

Brasil. Ministério da Saúde. *Sistema Nacional de Transplantes (SNT)*. s.d. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saes/snt>><https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saes/snt>.

CERESOLI, Jason D. *HCD-SIM: Healthcare Clinic Design Simulator with Application to a Bone Marrow Transplant Clinic*. Dissertação (Mestrado) — Rochester Institute of Technology, Rochester, 2019. Disponível em: <<https://www.proquest.com/openview/9ed4fd8c93a60920cd248cb5a58b0f4b-1>><https://www.proquest.com/openview/9ed4fd8c93a60920cd248cb5a58b0f4b-1>.

CHAVES, Ana Laura de Figueiredo. Estudo da teoria das filas em um sistema médico-hospitalar na cidade de belém-pa. *P&D em Engenharia de Produção*, Belém, 2012. Disponível em: <<https://revistapodes.emnuvens.com.br/podesenvolvimento/article/download/105-168>><https://revistapodes.emnuvens.com.br/podesenvolvimento/article/download/105-168>.

CORGOZINHO, Marcelo Moreira; GOMES, José Roberto de Almeida Alves; GARRAFA, Volnei. Transplantes de medula óssea no brasil: dimensão bioética. *Revista Latinoamericana de Bioética*, v. 12, n. 1, p. 36–45, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-47022012000100004>http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-47022012000100004.

Câmara dos Deputados. *Projeto determina controle estatal de bancos de sangue de cordão umbilical*. 2023. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/939003-projeto-determina-controle-estatal-de-bancos-de-sangue-de-cordao-umbilical->>[https://www.camara.leg.br/noticias/939003-projeto-determina-controle-estatal-de-bancos-de-sangue-de-cordao-umbilical/](https://www.camara.leg.br/noticias/939003-projeto-determina-controle-estatal-de-bancos-de-sangue-de-cordao-umbilical-).

Deloitte. *2025 Global Health Care Outlook*. 2025. Disponível em: <<https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/health-care/life-sciences-and-health-care-industry-outlooks/2025-global-health-care-executive-outlook.html>><https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/health-care/life-sciences-and-health-care-industry-outlooks/2025-global-health-care-executive-outlook.html>.

DEPADOVA, Samantha. *Evaluation of Patient Throughput in an Outpatient Pediatric Hematology, Oncology, and Bone Marrow Transplant Clinic*. Tese (Doutorado) — George Washington University, Washington, 2019. Disponível em: <https://hsrc.himmelfarb.gwu.edu/son_dnp/49/>https://hsrc.himmelfarb.gwu.edu/son_dnp/49/.

ERAZO, Ignacio et al. A simulation-optimization framework to improve the organ transplantation offering system. In: *Proceedings of the Winter Simulation Conference*. [s.n.], 2023. p. 1009–1020. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.5555/3586210-3586294>><https://dl.acm.org/doi/10.5555/3586210-3586294>.

ESCORSIM, Silvana Maria. O envelhecimento no brasil: aspectos sociais, políticos e demográficos em análise. *Serviço Social & Sociedade*, n. 142, p. 427–446, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0101-6628.258>><https://doi.org/10.1590/0101-6628.258>.

FECCIA, Mariano et al. Modelling and simulating the organ donation process using bootstrap and event-driven process chain representation. *Journal of Simulation*, p. 1–17, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/17477778.2025.2486709>><https://doi.org/10.1080/17477778.2025.2486709>.

FUCHIGAMI, Heitor Yochihiro; RANGEL, Sérgio. A survey of case studies in production scheduling. *Production*, v. 28, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstreams/0bd4277b-6387-4d54-bc38-0411ed0a92fd/download>><https://repositorio.unesp.br/bitstreams/0bd4277b-6387-4d54-bc38-0411ed0a92fd/download>.

GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; RICARTE, Ivan Luiz Marques. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion: Filosofia da Informação*, v. 6, n. 1, p. 57–73, 2019. Disponível em: <<https://revista.ibict.br/fiinf/article/view/4835/4187>><https://revista.ibict.br/fiinf/article/view/4835/4187>.

GUIMARÃES, Irce F. G. et al. Flowshop scheduling problem with parallel semi-lines and final synchronization operation. *Computers & Operations Research*, v. 108, p. 121–133, 2019.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. *Introduction to Operations Research*. 11. ed. New York: McGraw-Hill, 2021.

HIYANE, Isabella Baptista Mariano. *Transplante de Medula Óssea: Classificação e Avaliação*. São José do Rio Preto: [s.n.], 2015. Disponível em: <<https://www.ciencianews.com.br/arquivos/ACET/IMAGENS/biblioteca-digital/hemoterapia/transplante-medula-ossea/2-Transplante-de-medula-ossea-classificacao.pdf>><https://www.ciencianews.com.br/arquivos/ACET/IMAGENS/biblioteca-digital/hemoterapia/transplante-medula-ossea/2-Transplante-de-medula-ossea-classificacao.pdf>.

Instituição Fiscal Independente (IFI). *Estudo projeta aumento de gastos em saúde acima dos limites do arcabouço fiscal*. 2025. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/audios/2025/07/estudo-da-ifi-projeta-aumento-de-gastos-em-saude-acima-dos-limites-do-arcabouco-fiscal>><https://www12.senado.leg.br/noticias/audios/2025/07/estudo-da-ifi-projeta-aumento-de-gastos-em-saude-acima-dos-limites-do-arcabouco-fiscal>.

Instituto de Estudos para Políticas de Saúde (IEPS). *Orçamento do SUS cresceu 30% nos últimos 3 anos; quase metade da expansão foi apropriada por emendas parlamentares*. 2025. Disponível em: <<https://ieps.org.br/orcamento-do-sus-cresceu-30-nos-ultimos-3-anos-quase-metade-da-expansao-foi-apropriada-por-emendas-parlamentares/>><https://ieps.org.br/orcamento-do-sus-cresceu-30-nos-ultimos-3-anos-quase-metade-da-expansao-foi-apropriada-por-emendas-parlamentares/>.

Instituto Nacional de Câncer (INCA). *Doação de medula óssea*. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/inca/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/doacao-de-medula-ossea/>><https://www.gov.br/inca/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/doacao-de-medula-ossea/>.

Instituto Nacional de Câncer (INCA). *Estimativa 2023: incidência de câncer no Brasil*. 2022. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/estimativa-2023.pdf>><https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/estimativa-2023.pdf>.

Instituto Nacional de Câncer (INCA). *INCA estima 704 mil casos de câncer por ano no Brasil até 2025*. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/noticias/2022/inca-estima-704-mil-casos-de-cancer-por-ano-no-brasil-ate-2025>><https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/noticias/2022/inca-estima-704-mil-casos-de-cancer-por-ano-no-brasil-ate-2025>.

Instituto Nacional de Câncer (INCA). *Leucemia*. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tipos/leucemia>><https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tipos/leucemia>.

Instituto Nacional de Câncer (INCA). *Quimioterapia*. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tratamento/quimioterapia>><https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tratamento/quimioterapia>.

Instituto Nacional de Câncer (INCA). *Radioterapia*. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tratamento/radioterapia>><https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tratamento/radioterapia>.

KESHTZARI, Maryam; NORMAN, Bryan A. Improving patient access in oncology clinics using simulation. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 15, n. 3, p. 455–469, 2022. Disponível em: <<https://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/3925>><https://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/3925>.

LEE, Seung Yup. *Proactive Coordination in Healthcare Service Systems Through Near Real-Time Analytics*. Tese (Doutorado) — Wayne State University, Detroit, 2018. Disponível em: <<https://www.proquest.com/openview/0c51116605433ccdb2a9970d2155cd81/1>><https://www.proquest.com/openview/0c51116605433ccdb2a9970d2155cd81/1>.

LESSER, Susan. *Creating Rural Nurse Retention Strategies for Nursing Administrators*. Tese (Doutorado) — Lincoln Memorial University, Harrogate, 2022. Disponível em: <<https://digitalcommons.lmunet.edu/dnpprojects/8/>><https://digitalcommons.lmunet.edu/dnpprojects/8/>.

MALTA, Deborah Carvalho et al. Carga das doenças crônicas não transmissíveis nos países de língua portuguesa. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 28, n. 5, p. 1549–1562, 2023. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csc/a/vhKgNScrB4434FpYkjdwbdD/>><https://www.scielo.br/j/csc/a/vhKgNScrB4434FpYkjdwbdD/>.

MASANET, Thomas et al. Toward organ shortage resilient allocation policies using real-time queueing models for liver transplantation. *European Journal of Operational Research*, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2025.05.557>><https://doi.org/10.1016/j.ejor.2025.05.557>.

MELLADO-SILVA, Rafael et al. Flow-shop scheduling problem applied to the planning of repair and maintenance of electromedical equipment in the hospital industry. *Processes*, v. 10, n. 12, p. 2679, 2022. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2227-9717/10/12/2679>><https://www.mdpi.com/2227-9717/10/12/2679>.

MIGUEL, Wini de Moura. *Fatores associados ao tempo de espera para identificação de doadores compatíveis para receptores cadastrados no REDOME-net entre os anos de*

2016–2023. Dissertação (Mestrado) — Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <<https://ninho.inca.gov.br/jspui/bitstream/123456789/15721/1/Fatores%20associados%20ao%20tempo%20de%20espera%20para%20identifica%20c3%a7%c3%a3o%20de.pdf>><https://ninho.inca.gov.br/jspui/bitstream/123456789/15721/1/Fatores%20associados%20ao%20tempo%20de%20espera%20para%20identifica%20c3%a7%c3%a3o%20de.pdf>.

MOKASHI, Anup C. et al. A simulation-based approach for inpatient capacity management at a hospital dedicated for cancer treatment. *Journal of Medical Systems*, v. 49, 2025. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-025-02206-y>><https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-025-02206-y>.

ONER, Aysenur et al. A novel hypothermic preservation formulation containing sul-138 enables long-term hypothermic storage of clinical-grade car-t cells. *Pharmaceutics*, v. 18, n. 4, p. 414, 2026. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1999-4923/18/4/414>><https://www.mdpi.com/1999-4923/18/4/414>.

Organização das Nações Unidas. *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Nova York: [s.n.], 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>><https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>.

Organização Pan-Americana da Saúde. *Carga Global do Câncer Aumenta em Meio à Crescente Necessidade de Serviços*. 2024. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/1-2-2024-carga-global-cancer-aumenta-em-meio-crescente-necessidade-servicos>><https://www.paho.org/pt/noticias/1-2-2024-carga-global-cancer-aumenta-em-meio-crescente-necessidade-servicos>.

ORLANDIN, Bruna Caroline et al. Aplicação de teoria das filas em um ambulatório do estado do rio grande do sul. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*. Ponta Grossa: [s.n.], 2019. Disponível em: <https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/02292020_160239_5e5ac1f7ea293.pdf>https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/02292020_160239_5e5ac1f7ea293.pdf.

PAIM, Jairnilson Silva. Sistema Único de saúde (sus) aos 30 anos. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 23, n. 6, p. 1723–1728, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csc/a/Qg7SJFjWPjvdQjvnRzxS6Mg/>><https://www.scielo.br/j/csc/a/Qg7SJFjWPjvdQjvnRzxS6Mg/>.

PEREIRA, Jefferson Rodrigues et al. Doar ou não doar, eis a questão: uma análise dos fatores críticos da doação de sangue. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 21, n. 8, p. 2475–2484, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-81232015218.24062015>><https://doi.org/10.1590/1413-81232015218.24062015>.

Registro Brasileiro de Doadores Voluntários de Medula Óssea (REDOME). *REDOME em números*. 2026. Disponível em: <<https://redome.inca.gov.br/redome-em-numeros/>><https://redome.inca.gov.br/redome-em-numeros/>.

Registro Brasileiro de Doadores Voluntários de Medula Óssea (REDOME). *Quem somos*. s.d. Disponível em: <<https://redome.inca.gov.br/quem-somos/>><https://redome.inca.gov.br/quem-somos/>.

RENNERT, W. et al. Optimizing total nucleated cell yield in bone marrow harvests: Lessons learned from 15 years of experience. *Annals of Blood*, v. 9, 2024. Disponível em: <<https://aob.amegroups.org/article/view/10233/html>><https://aob.amegroups.org/article/view/10233/html>.

SABZEVARY, Arman Sadeghi et al. A novel hybrid algorithm for designing a sustainable supply chain of car-t therapy in a multi-objective mode considering disease relapse. *Journal of Engineering Management and Soft Computing*, v. 12, n. 1, p. 179–204, 2026. Disponível em: <https://jemsc.qom.ac.ir/article_4226.html>https://jemsc.qom.ac.ir/article_4226.html.

SAKURADA, Nelson; MIYAKE, Dario Ikuo. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. *Gestão & Produção*, v. 16, n. 1, p. 25–43, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/gp/a/wkVR4Vw4cV9CN8zqrZHCrfj/>><https://www.scielo.br/j/gp/a/wkVR4Vw4cV9CN8zqrZHCrfj/>.

SHORTLE, John F. et al. *Fundamentals of Queueing Theory*. 5. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119453765>><https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119453765>.

SIMÕES, Taynãna César et al. Prevalências de doenças crônicas e acesso aos serviços de saúde no brasil: evidências de três inquéritos domiciliares. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 26, n. 9, p. 3991–4006, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-81232021269-02982021>><https://doi.org/10.1590/1413-81232021269-02982021>.

SINGH, Surya et al. Operationalizing access for chimeric antigen receptor t cell therapies: A cross-functional perspective. *Mayo Clinic Proceedings: Innovations, Quality & Outcomes*, v. 10, n. 1, p. 100682, 2026. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.mayocpiqo.2025.100682>><https://doi.org/10.1016/j.mayocpiqo.2025.100682>.

STROBEL, Julian et al. Influence of duration and temperature of transport and storage prior to processing on stem cell characteristics of umbilical cord blood. *Transfusion Medicine and Hemotherapy*, v. 42, n. 6, p. 391–399, 2015. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26642707/>><https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26642707/>.

SUNG, Hyuna et al. Global cancer statistics 2020: Globocan estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, v. 71, n. 3, p. 209–249, 2021. Disponível em: <<https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.3322/caac.21660>><https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.3322/caac.21660>.

THORWARTH, Michael; ARISHA, Amr. *Application of Discrete-Event Simulation in Health Care: A Review*. Dublin: [s.n.], 2009. Disponível em: <<https://arrow.tudublin.ie/buschmanrep/3/>><https://arrow.tudublin.ie/buschmanrep/3/>.

WOODS, Erik J. et al. Ischemia considerations for the development of an organ and tissue donor derived bone marrow bank. *Journal of Translational Medicine*, v. 18, p. 300, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s12967-020-02470-1>><https://doi.org/10.1186/s12967-020-02470-1>.

ZUQUI, Robert et al. Evolução do tratamento do câncer: terapias alvo e imunoterapia. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 9, n. 7, p. 1292–1302, 2023. Disponível em: <<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/10696/4486>><https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/10696/4486>.

Apêndices

APÊNDICE A – TCLE e Questionário Aplicado

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título do Estudo: Otimização do Processo de Transplantes de Órgãos no Brasil

Pesquisadora Responsável:

Laura Eliza Ferreira Silva – Mestranda

Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

O(a) Senhor(a) está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa científica. Antes de decidir, é importante que leia atentamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Caso haja qualquer dúvida ou dificuldade de compreensão, o(a) senhor(a) poderá solicitar esclarecimentos à pesquisadora responsável ou à equipe da pesquisa, antes, durante ou após sua participação. Este documento tem como objetivo explicar, de forma clara e objetiva, todas as informações sobre o estudo e solicitar sua autorização para participação voluntária.

O objetivo desta pesquisa é compreender, sob a perspectiva de profissionais de saúde, pacientes e acompanhantes, as etapas, recursos, tempos, desafios e gargalos envolvidos nos processos de transplante, buscando identificar oportunidades de melhoria para aprimorar a eficiência dos fluxos assistenciais.

A realização desta pesquisa justifica-se pela necessidade de analisar processos críticos do sistema brasileiro de transplantes, contribuindo para o planejamento, a organização e a melhoria da qualidade do atendimento prestado a pacientes que aguardam ou realizam procedimentos relacionados ao transplante.

Caso o(a) Senhor(a) aceite participar da pesquisa, sua participação envolverá os seguintes procedimentos: responder a um questionário semi-estruturado disponibilizado online (15 a 20 minutos); participar, opcionalmente, de entrevista semiestruturada online (30 a 40 minutos), gravada exclusivamente em áudio mediante autorização; não haverá gravação de imagem ou vídeo, garantindo total anonimato.

Os dados serão armazenados por no mínimo 5 (cinco) anos em ambiente digital seguro, protegido por senha, com acesso restrito exclusivamente à equipe de pesquisa. E depois desse período os dados serão destruídos de forma segura.

Não há benefícios diretos ao participante. Os benefícios são indiretos e científicos, incluindo a possibilidade de contribuir para a melhoria de processos e fluxos administrativos e assistenciais.

A pesquisa apresenta risco mínimo, uma vez que não envolve intervenção clínica, procedimentos invasivos ou manipulação de informações sensíveis além daquelas fornecidas voluntariamente pelos participantes. Os possíveis riscos estão relacionados principalmente ao desconforto emocional ou psicológico, caso alguma pergunta do questionário ou da entrevista remeta a experiências profissionais difíceis, situações de estresse, conflitos éticos ou desafios vivenciados no contexto dos processos de transplante. Em tais situações, o participante poderá interromper a participação a qualquer momento, pular perguntas específicas ou retirar seu consentimento sem qualquer prejuízo. Outro risco potencial é a

exposição indevida de informações profissionais, porém tal risco é minimizado pelo fato de que todas as respostas serão tratadas de forma anônima, sem identificação individual, institucional ou profissional.

Nenhum dado que permita reconhecer o participante será coletado, registrado ou divulgado. A análise e apresentação dos resultados ocorrerão de maneira agregada, impedindo a identificação de indivíduos ou serviços de saúde. Não há riscos físicos, biológicos, clínicos, sociais ou econômicos. Caso qualquer desconforto seja identificado durante a participação, o pesquisador estará disponível para esclarecimentos e acolhimento, garantindo que o participante possa encerrar sua colaboração imediatamente, sem qualquer penalidade ou consequência.

A participação é voluntária, podendo ser interrompida a qualquer momento, sem prejuízo de qualquer natureza. Não há custos nem pagamentos para participação. Caso haja dano comprovado, haverá indenização conforme legislação vigente.

O CEP/UFOP tem a função de proteger os participantes, avaliar eticamente a pesquisa e garantir que todos os procedimentos sejam conduzidos de acordo com as normas éticas vigentes.

Não está previsto nenhum tipo de pagamento pela sua participação e o(a) Sr.(a) não terá nenhum custo relacionado aos procedimentos. Caso haja necessidade de deslocamento para entrevista presencial, despesas poderão ser ressarcidas pelo orçamento da pesquisa.

Caso ocorra algum problema ou dano decorrente de sua participação, o(a) Sr.(a) receberá todo o atendimento necessário, sem custo, e terá direito à indenização nos termos da legislação, caso seja comprovado nexo causal com a pesquisa.

Solicitamos também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de saúde e publicar em revista científica nacional e/ou internacional. Em todas as etapas, sua identidade será mantida em sigilo absoluto.

É assegurada assistência durante toda a pesquisa, bem como livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo antes, durante e depois de sua participação.

Caso o(a) Sr.(a) tenha dúvidas, poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável Laura Eliza Ferreira Silva, pelo telefone 3198840-2204 e/ou pelo e-mail laura.eliza@aluno.ufop.edu.br, com as Nívia Maria Ferreira Souza e Isabella Sena Coimbra Franco, pelos e-mails nivia.souza@aluno.ufop.edu.br e isabella.franco@aluno.ufop.edu.br ou com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UFOP – COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA; UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP. Endereço: Campus Universitário Morro do Cruzeiro, Rua Cinco, s/n, prédio do Centro de Convergência, andar Térreo, bloco PROPPI, sala 1, Bairro Bauxita, Ouro Preto – MG – CEP: 35.402-163. Telefone: (31) 3559-1368 / E-mails: coordenacao.cep@ufop.edu.br; cep.propp@ufop.edu.br. Horário de atendimento: Segunda a Sexta-feira, de 8h00 às 12h00).

Esse Termo é assinado em duas vias, uma via fica com o participante e a outra com a equipe de pesquisa.

Autorização para Gravação de Áudio

- () Sim, autorizo a gravação da minha voz
() Não, não autorizo a gravação da minha voz
() Autorizo a gravação da minha voz, mas não autorizo sua divulgação

Declaração de Consentimento

Concordo em participar do estudo intitulado: **Otimização do Processo de Transplantes de Órgãos no Brasil.**

_____ Nome do participante ou responsável _____ Assinatura do participante ou responsável	Data: ____/____/____
---	-----------------------------

Eu, Laura Eliza Ferreira Silva, declaro cumprir as exigências contidas nos itens IV.3 e IV.4, da Resolução nº 466/2012 MS.

_____ Assinatura e carimbo do Pesquisador	Data: ____/____/____
---	-----------------------------

1. Dados Demográficos e Profissionais

1.1. Faixa etária:

- ☐ Abaixo de 20 anos
- ☐ 20 a 30 anos
- ☐ 31 a 40 anos
- ☐ 41 a 50 anos
- ☐ 51 a 60 anos
- ☐ Acima de 60 anos

1.2. Área profissional:

- ☐ Hematologia
- ☐ Oncologia
- ☐ Enfermagem especializada
- ☐ Farmácia
- ☐ Psicologia
- ☐ Nutrição
- ☐ Serviço Social
- ☐ Laboratório / Técnico
- ☐ Cuidados paliativos
- ☐ Outro: _____

1.3. Tipo de instituição em que atua:

- ☐ Hospital público especializado
- ☐ Hospital privado especializado
- ☐ Laboratório público
- ☐ Laboratório privado
- ☐ Hemocentro
- ☐ Clínica pública
- ☐ Clínica privada
- ☐ Transportadora pública
- ☐ Transportadora privada
- ☐ ONG
- ☐ Outro: _____

1.4. Tempo de atuação no sistema de doação e transplante:

- ☐ < 6 meses
 - ☐ 6 meses – 1 ano
 - ☐ 1 – 2 anos
 - ☐ 2 – 3 anos
 - ☐ 3 – 5 anos
 - ☐ 5 – 7 anos
 - ☐ > 7 anos
-

2. Caracterização dos Processos de Transplante

2.1. Número aproximado de profissionais envolvidos no processo completo (do cadastro do doador até a conclusão da cirurgia):

- ☐ 1–10
- ☐ 11–15
- ☐ 16–20
- ☐ 21–25
- ☐ 26–30
- ☐ Outro: _____

2.2. Profissionais que participam dos processos (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Hematologista
- ☐ Oncologista
- ☐ Enfermeiro especializado
- ☐ Farmacêutico
- ☐ Psicólogo
- ☐ Nutricionista
- ☐ Assistente social
- ☐ Técnico de laboratório
- ☐ Profissional de cuidados paliativos
- ☐ Outro: _____

2.3. Etapas que compõem o processo de transplante

Pré-transplante:

- ☐ Avaliação clínica e indicação
- ☐ Exames de compatibilidade
- ☐ Reunião multidisciplinar
- ☐ Consentimento informado
- ☐ Preparação física
- ☐ Tratamento prévio (quimioterapia/radioterapia, quando aplicável)
- ☐ Manejo de efeitos colaterais
- ☐ Outro: _____

Transplante:

- ☐ Coleta ou doação do órgão/células
- ☐ Cirurgia ou infusão
- ☐ Outro: _____

2.4. Meios utilizados para comunicação com pacientes e doadores:

- ☐ E-mail
 - ☐ Telefone
 - ☐ Reuniões presenciais
 - ☐ Consultas
 - ☐ Aplicativos (WhatsApp, app institucional etc.)
 - ☐ Videoconferência
 - ☐ Outro: _____
-

3. Tempo dos Processos

3.1. Tempo médio entre a decisão pelo transplante e sua realização:

- ☐ < 8 horas
- ☐ 16 horas
- ☐ 24 horas
- ☐ 48 horas
- ☐ 96 horas
- ☐ 1 semana
- ☐ 2 semanas
- ☐ 4 semanas (1 mês)
- ☐ 6 semanas (1,5 meses)
- ☐ 8 semanas (2 meses)
- ☐ Outro: _____

3.2. Tempo médio para identificação de um doador compatível:

- ☐ < 8 horas
- ☐ 16 horas
- ☐ 24 horas
- ☐ 48 horas
- ☐ 96 horas
- ☐ 1 semana
- ☐ 2 semanas
- ☐ 4 semanas (1 mês)
- ☐ 6 semanas (1,5 meses)
- ☐ 8 semanas (2 meses)
- ☐ Outro: _____

3.3. Tempo total médio do processo (decisão de realizar o Transplante até a efetiva realização do transplante):

- ☐ 24 horas
- ☐ 48 horas
- ☐ 1 semana
- ☐ 2 semanas
- ☐ 4 semanas (1 mês)
- ☐ 1,5 mês
- ☐ 2 meses
- ☐ 3 meses
- ☐ 6 meses
- ☐ 1 ano
- ☐ Outro: _____

3.4. Tempo de execução das etapas – Medula Óssea (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

- Avaliação e indicação: _____

- Exames de compatibilidade: _____
- Reuniões multidisciplinares: _____
- Consentimento: _____
- Preparação física: _____
- Tratamento prévio: _____
- Manejo de efeitos colaterais: _____
- Outro: _____ / tempo: _____

Transplante:

- Coleta/doação: _____
- Infusão: _____
- Outro: _____ / tempo: _____

3.5. Tempo de execução das etapas – Fígado (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

- Avaliação e indicação: _____
- Exames de compatibilidade: _____
- Reuniões multidisciplinares: _____
- Consentimento: _____
- Preparação física: _____
- Tratamento prévio: _____
- Manejo de efeitos colaterais: _____
- Outro: _____ / tempo: _____

Transplante:

- Coleta/doação: _____
- Infusão: _____
- Outro: _____ / tempo: _____

3.6. Recursos necessários no processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Equipe médica especializada
 - ☐ Equipe de suporte
 - ☐ Leitos especializados / UTI
 - ☐ Centro cirúrgico
 - ☐ Laboratórios especializados
 - ☐ Exames diagnósticos
 - ☐ Sistemas de cadastro (SNT, REDOME etc.)
 - ☐ Banco de doadores
 - ☐ Hemocentro / Banco de medula
 - ☐ Imunossuppressores
 - ☐ Hemocomponentes
 - ☐ Unidades de isolamento
 - ☐ Psicologia e serviço social
 - ☐ Nutrição e fisioterapia
 - ☐ Enfermagem especializada
 - ☐ Transporte de órgãos/células
 - ☐ Apoio logístico ou financeiro institucional
 - ☐ Sistemas informatizados de rastreamento
 - ☐ Acompanhamento pós-transplante
 - ☐ Protocolos e autorizações legais
 - ☐ CIHDOTT (Comissão Intra-Hospitalar de Doação de Órgãos e Tecidos para Transplante)
 - ☐ Outro: _____
-

4. Gargalos Operacionais

4.1. Dificuldades mais frequentes:

- ☐ Disponibilidade limitada de doadores
- ☐ Exigências regulatórias
- ☐ Dilemas éticos
- ☐ Incompatibilidades
- ☐ Rejeição do órgão/células
- ☐ Restrições financeiras
- ☐ Falhas de comunicação
- ☐ Outro: _____

4.2. Principais pontos de atraso no processo:

- ☐ Cadastro e triagem
 - ☐ Burocracia
 - ☐ Problemas logísticos
 - ☐ Falta de capacitação
 - ☐ Fluxo de informação insuficiente
 - ☐ Outro: _____
-

5. Sugestões e Percepções

5.1. Tecnologias que poderiam aprimorar o processo:

- ☐ Simulação computacional
- ☐ Inteligência Artificial
- ☐ Inteligência de Dados
- ☐ Edição genética
- ☐ Telemedicina
- ☐ Outra tecnologia: _____

5.2. Descreva as principais etapas do transplante de Medula Óssea:

5.3. Descreva as principais etapas do transplante de Fígado:

6. Comentários Finais

6.1. Comente algum caso excepcional que presenciou ou que ache interessante de compartilhar: (opcional)

Anexos

ANEXO A – Respostas de Questionário Aplicado

Otimização do Processo de Transplantes de Órgãos no Brasil

Somos Laura Eliza Ferreira Silva, Nívia Maria Ferreira Souza e Isabella Sena Coimbra Franco, pesquisadoras vinculadas ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Você está sendo convidado(a) a participar, de forma voluntária, da pesquisa intitulada **"Mapeamento do processo de transplantes de órgãos no Brasil"**, cujo objetivo é compreender, sob a perspectiva de profissionais da saúde, as etapas, recursos, desafios e tempos envolvidos nas diferentes fases do processo de transplante de medula óssea e fígado, desde o cadastro do doador até a realização do procedimento cirúrgico.

As informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, tratadas com total sigilo e anonimato, sem qualquer identificação individual.

A estimativa de tempo para preenchimento é de 15 a 20 minutos.

Ao prosseguir e responder ao questionário, entende-se que o(a) senhor(a) concorda com os termos apresentados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Reforçamos que a participação é voluntária e que o(a) senhor(a) pode deixar de responder qualquer pergunta que cause desconforto.

Sua colaboração é essencial para aprimorar o conhecimento sobre o fluxo de transplantes no Brasil e identificar oportunidades de melhoria nos processos de cuidado. Caso tenha dúvidas ou deseje mais informações, entre em contato:

 laura.eliza@aluno.ufop.edu.br

 nivia.souza@aluno.ufop.edu.br

 isabella.franco@aluno.ufop.edu.br

Visualize e leia o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), **em seguida, assine no local indicado para declarar o seu consentimento em participar do estudo.**

Autorização para Gravação de Áudio: *

- ☐ A Sim, autorizo a gravação da minha voz
- ☐ B Não, não autorizo a gravação da minha voz
- ☐ C Autorizo a gravação da minha voz, mas não autorizo sua divulgação

Assine aqui: *



Assinatura

Página 2

Dados demográficos e profissionais

Selecione a categoria que melhor define sua relação com o processo de doação e transplante de medula óssea:

- ☐ A Paciente
- ☐ B Acompanhante
- ☐ C Hematologia
- ☒ D Oncologia
- ☐ E Enfermagem especializada
- ☐ F Farmácia
- ☐ G Psicologia

H Nutrição

I Serviço social

J Laboratório / Técnico

K Cuidados paliativos

L Outro

Faixa etária:

A Abaixo de 20 anos

B 20 a 30 anos

C 31 a 40 anos

D 41 a 50 anos

E 51 a 60 anos

F Acima de 60 anos

Tipo de instituição que realizou majoritariamente os procedimentos ou instituição em que atua:

A Hospital público especializado

B Hospital privado especializado

C Laboratório público

D Laboratório privado

E Hemocentro

F Clínica pública

G Clínica privada

H Transportadora pública

I Transportadora privada

J ONG

K Outro

Tempo de atuação no sistema de doação e transplante:

A < 6 meses

B 6 meses - 1 ano

C 1 - 2 anos

D 2 - 3 anos

E 3 - 5 anos

F 5 - 7 anos

G > 7 anos

Caracterização dos processos de transplante

Número aproximado de profissionais envolvidos no processo completo (do cadastro do doador até a conclusão da cirurgia):

A 1 - 10

B 11 - 15

C 16 - 20

D 21 - 25

Profissionais que participam dos processos (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Hematologista
- ☒ Oncologista
- ☒ Enfermeiro especializado
- ☒ Farmacêutico
- ☒ Psicólogo
- ☒ Nutricionista
- ☒ Assistente social
- ☒ Técnico de laboratório
- ☐ Profissionais de cuidados paliativos
- ☐ Outro

Etapas que compõem o processo de transplante (selecionar todos os que se aplicam)

Pré- transplante:

- ☒ Avaliação clínica e indicação
- ☐ Exames de compatibilidade
- ☐ Reunião multidisciplinar
- ☐ Consentimento informado
- ☒ Preparação física
- ☒ Tratamento prévio (quimioterapia/radioterapia, quando aplicável)
- ☐ Manejo de efeitos colaterais

☐ Outro

Transplante:

☒ Coleta ou doação do órgão/células

☒ Cirurgia ou infusão

☐ Outro

Meios utilizados para comunicação com pacientes e doadores (selecionar todos os que se aplicam):

☐ E-mail

☐ Telefone

☐ Reuniões presenciais

☐ Consultas

☐ Aplicativos (WhatsApp, app institucional etc.)

☐ Videoconferência

☒ Outro

Foi um transplante autólogo

Tempo dos Processos

Tempo médio entre a decisão pelo transplante e sua realização:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Aproximadamente 6 meses, incluindo a

Tempo médio para identificação de um doador compatível:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Tempo total médio do processo (decisão de realizar o transplante até a efetiva realização do transplante):

A 24 horas

B 48 horas

C 1 semana

D 2 semanas

E 4 semanas (1 mês)

F 1,5 meses

G 2 meses

H 3 meses

I 6 meses

J 1 ano

K Outro

Tempo de execução das etapas – Medula Óssea (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

1 ano e 6 meses

Exames de compatibilidade:

0

Reuniões multidisciplinares:

3 horas , contando as informações de ante:

Consentimento:

0

Preparação física:

1 mês (entre a última quimio de preparaçã

Tratamento prévio:	6 meses de quimio no primeiro ciclo , um ir
Manejo de efeitos colaterais:	1 ano restrito, e até o momento 3 anos dep
Outro (qual e o tempo)	26 dias
Transplante:	
Coleta/doação:	6 horas
Infusão:	Aproximadamente 12 horas
Outro (qual e o tempo)	
Tempo de execução das etapas – Fígado (unidade: min / h / dia / semana)	
Pré-transplante:	
Avaliação e indicação:	
Exames de compatibilidade:	
Reuniões multidisciplinares:	
Consentimento:	
Preparação física:	
Tratamento prévio:	
Manejo de efeitos colaterias:	
Transplante:	
Coleta/doação:	

Transplante:

Outro (qual e o tempo)

Recursos necessários no processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Equipe médica especializada
- ☒ Equipe de suporte
- ☒ Leitos especializados / UTI
- ☐ Centro cirúrgico
- ☒ Laboratórios especializados
- ☒ Exames diagnósticos
- ☐ Sistemas de cadastro (SNT, etc.)
- ☐ Banco de doadores
- ☐ Banco de receptores
- ☐ Hemocentro / Banco de medula
- ☐ Imunossupressores
- ☒ Hemocomponentes
- ☒ Unidades de isolamento
- ☒ Psicologia e serviço social
- ☐ Nutrição e fisioterapia
- ☒ Enfermagem especializada
- ☒ Transporte de órgãos/células
- ☒ Apoio logístico ou financeiro institucional
- ☐ Sistemas informatizados de rastreamento
- ☒ Acompanhamento pós transplante
- ☒ Protocolos e autorizações legais

- ☐ CIHDOTT (Comissão Intra-Hospitalar de Doação de Órgãos e Tecidos para Transplante)
- ☐ Outro

Gargalos operacionais

Dificuldades mais frequentes (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Disponibilidade limitada de doadores
- ☐ Exigências regulatórias
- ☐ Dilemas éticos
- ☐ Incompatibilidades
- ☐ Rejeição do órgão/células
- ☐ Restrições financeiras
- ☐ Falhas de comunicação
- ☐ Outro

Principais pontos de atraso no processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Cadastro e triagem
- ☒ Burocracia
- ☐ Problemas logísticos
- ☐ Falta de capacitação
- ☐ Fluxo de informação insuficiente
- ☐ Outro

Sugestões e Percepções

Tecnologias que poderiam aprimorar o processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Simulação computacional
- ☐ Inteligência artificial (IA)
- ☒ Inteligência de dados
- ☐ Edição genética
- ☒ Telemedicina
- ☐ Outro

Descreva as principais etapas do transplante de Medula Óssea:

Como foi um transplante autólogo:
Coleta e biópsia da medula
Avaliação de tratamento da mesma
Coleta da medula para tratamento da mesma.
Realização de um ciclo de quimios diferente, no meu caso foram aproximadamente 5 horas por dia , por 4 dias seguidos por 3 meses , com intervalo de 15 dias entre uma seção e outra.
Tempo de recuperação para iniciar a internação.
Na internação houve uma quimio mais forte para matar a medula, e após isso houve a aplicação da minha medula tratada.

Descreva as principais etapas do transplante de Fígado:

Comente algum caso excepcional que presenciou ou que ache interessante de compartilhar:

A conexão com o mundo espiritual se intensifica, uma vez que você se vê mais susceptível a questões de vida e morte. Não se tratando de uma religião específica, eu não possuo religião mas a crença em algo maior acaba ajudando como uma coisa a quem você pode recorrer em qualquer momento e pode "conversar" mesmo sem forças de abrir a boca, seria o conversar mentalmente.

Agradecemos sua participação e contribuição para esta pesquisa.

Otimização do Processo de Transplantes de Órgãos no Brasil

Somos Laura Eliza Ferreira Silva, Nívia Maria Ferreira Souza e Isabella Sena Coimbra Franco, pesquisadoras vinculadas ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Você está sendo convidado(a) a participar, de forma voluntária, da pesquisa intitulada **“Mapeamento do processo de transplantes de órgãos no Brasil”**, cujo objetivo é compreender, sob a perspectiva de profissionais da saúde, as etapas, recursos, desafios e tempos envolvidos nas diferentes fases do processo de transplante de medula óssea e fígado, desde o cadastro do doador até a realização do procedimento cirúrgico.

As informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, tratadas com total sigilo e anonimato, sem qualquer identificação individual.

A estimativa de tempo para preenchimento é de 15 a 20 minutos.

Ao prosseguir e responder ao questionário, entende-se que o(a) senhor(a) concorda com os termos apresentados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Reforçamos que a participação é voluntária e que o(a) senhor(a) pode deixar de responder qualquer pergunta que cause desconforto.

Sua colaboração é essencial para aprimorar o conhecimento sobre o fluxo de transplantes no Brasil e identificar oportunidades de melhoria nos processos de cuidado. Caso tenha dúvidas ou deseje mais informações, entre em contato:

 laura.eliza@aluno.ufop.edu.br

 nivia.souza@aluno.ufop.edu.br

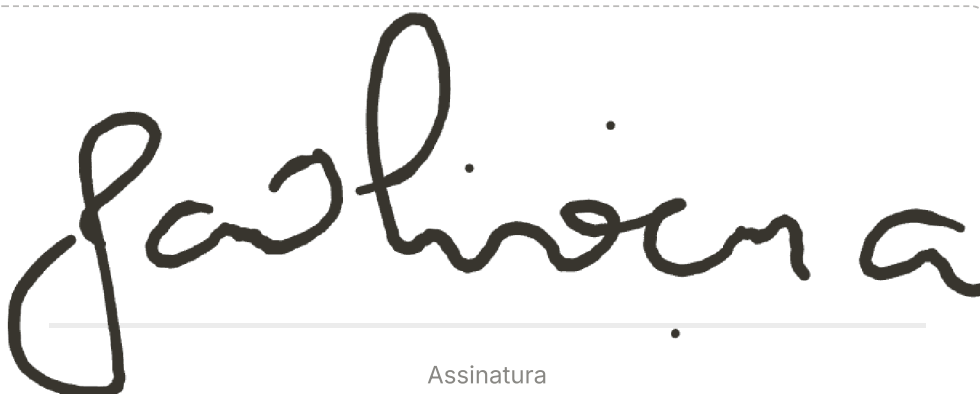
 isabella.franco@aluno.ufop.edu.br

Visualize e leia o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), **em seguida, assine no local indicado para declarar o seu consentimento em participar do estudo.**

Autorização para Gravação de Áudio: *

- ☐ A Sim, autorizo a gravação da minha voz
- ☐ B Não, não autorizo a gravação da minha voz
- ☐ C Autorizo a gravação da minha voz, mas não autorizo sua divulgação

Assine aqui: *



Assinatura

Página 2

Dados demográficos e profissionais

Selecione a categoria que melhor define sua relação com o processo de doação e transplante de medula óssea:

- ☐ A Paciente
- ☒ B Acompanhante
- ☐ C Hematologia
- ☐ D Oncologia
- ☐ E Enfermagem especializada
- ☐ F Farmácia
- ☐ G Psicologia

H Nutrição

I Serviço social

J Laboratório / Técnico

K Cuidados paliativos

L Outro

Faixa etária:

A Abaixo de 20 anos

B 20 a 30 anos

C 31 a 40 anos

D 41 a 50 anos

E 51 a 60 anos

F Acima de 60 anos

Tipo de instituição que realizou majoritariamente os procedimentos ou instituição em que atua:

A Hospital público especializado

B Hospital privado especializado

C Laboratório público

D Laboratório privado

E Hemocentro

F Clínica pública

G Clínica privada

H Transportadora pública

I Transportadora privada

J ONG

K Outro

Tempo de atuação no sistema de doação e transplante:

A < 6 meses

B 6 meses - 1 ano

C 1 - 2 anos

D 2 - 3 anos

E 3 - 5 anos

F 5 - 7 anos

G > 7 anos

Caracterização dos processos de transplante

Número aproximado de profissionais envolvidos no processo completo (do cadastro do doador até a conclusão da cirurgia):

A 1 - 10

B 11 - 15

C 16 - 20

D 21 - 25

Profissionais que participam dos processos (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Hematologista
- ☒ Oncologista
- ☒ Enfermeiro especializado
- ☒ Farmacêutico
- ☒ Psicólogo
- ☒ Nutricionista
- ☒ Assistente social
- ☒ Técnico de laboratório
- ☐ Profissionais de cuidados paliativos
- ☐ Outro

Etapas que compõem o processo de transplante (selecionar todos os que se aplicam)

Pré- transplante:

- ☒ Avaliação clínica e indicação
- ☐ Exames de compatibilidade
- ☒ Reunião multidisciplinar
- ☒ Consentimento informado
- ☐ Preparação física
- ☒ Tratamento prévio (quimioterapia/radioterapia, quando aplicável)
- ☒ Manejo de efeitos colaterais

☐ Outro

Transplante:

☒ Coleta ou doação do órgão/células

☒ Cirurgia ou infusão

☐ Outro

Meios utilizados para comunicação com pacientes e doadores (selecionar todos os que se aplicam):

☐ E-mail

☒ Telefone

☐ Reuniões presenciais

☒ Consultas

☒ Aplicativos (WhatsApp, app institucional etc.)

☐ Videoconferência

☐ Outro

Tempo dos Processos

Tempo médio entre a decisão pelo transplante e sua realização:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Mais ou menos uns 3 meses entre a col

Tempo médio para identificação de um doador compatível:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Tempo total médio do processo (decisão de realizar o transplante até a efetiva realização do transplante):

- A** 24 horas
- B** 48 horas
- C** 1 semana
- D** 2 semanas
- E** 4 semanas (1 mês)
- F** 1,5 meses
- G** 2 meses
- H** 3 meses
- I** 6 meses
- J** 1 ano
- K** Outro

Tempo de execução das etapas – Medula Óssea (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

Após o tratamento uns 4 meses eu acho.

Exames de compatibilidade:

O dele foi autólogo

Reuniões multidisciplinares:

Não me lembro datas.

Consentimento:

Assim que indicaram o transplante, veio o c

Preparação física:

Não teve, só alimentar

Tratamento prévio:

Esse tratamento é feito com a coleta de cél

Manejo de efeitos colaterais:

Esse manejo no dia do transplante é feito c

Outro (qual e o tempo)

Foi realizado mais ou menos um mês após

Transplante:

Coleta/doação:

A coleta foi feita mais ou menos de 23/11/2

Infusão:

30/12/23

Outro (qual e o tempo)

Tempo de execução das etapas – Fígado (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

Exames de compatibilidade:

Reuniões multidisciplinares:

Consentimento:

Preparação física:

Tratamento prévio:

Manejo de efeitos colaterias:

Transplante:

Coleta/doação:

Transplante:

Outro (qual e o tempo)

Recursos necessários no processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Equipe médica especializada
- ☒ Equipe de suporte
- ☐ Leitos especializados / UTI
- ☐ Centro cirúrgico
- ☒ Laboratórios especializados
- ☒ Exames diagnósticos
- ☐ Sistemas de cadastro (SNT, etc.)
- ☐ Banco de doadores
- ☐ Banco de receptores
- ☒ Hemocentro / Banco de medula
- ☐ Imunossupressores
- ☐ Hemocomponentes
- ☒ Unidades de isolamento
- ☒ Psicologia e serviço social
- ☒ Nutrição e fisioterapia
- ☒ Enfermagem especializada
- ☒ Transporte de órgãos/células
- ☐ Apoio logístico ou financeiro institucional
- ☒ Sistemas informatizados de rastreamento
- ☒ Acompanhamento pós transplante
- ☒ Protocolos e autorizações legais
- ☐ CIHDOTT (Comissão Intra-Hospitalar de Doação de Órgãos e Tecidos para Transplante)

☐ Outro

Gargalos operacionais

Dificuldades mais frequentes (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Disponibilidade limitada de doadores
- ☐ Exigências regulatórias
- ☐ Dilemas éticos
- ☐ Incompatibilidades
- ☐ Rejeição do órgão/células
- ☒ Restrições financeiras
- ☐ Falhas de comunicação
- ☐ Outro

Principais pontos de atraso no processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Cadastro e triagem
- ☒ Burocracia
- ☒ Problemas logísticos
- ☐ Falta de capacitação
- ☐ Fluxo de informação insuficiente
- ☐ Outro

Sugestões e Percepções

Tecnologias que poderiam aprimorar o processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Simulação computacional
- ☒ Inteligência artificial (IA)
- ☒ Inteligência de dados
- ☒ Edição genética
- ☐ Telemedicina
- ☐ Outro

Descreva as principais etapas do transplante de Medula Óssea:

A preparação se dá no momento que o paciente é internado p tomar injeções para aumentar a produção de células. Depois ele passa pela coleta do material genético, que é preparado para a futura infusão. E por fim o transplante onde o paciente recebe uma quimio de 4 dias para zerar a imunidade e após a infusão da medula.

Descreva as principais etapas do transplante de Fígado:

Comente algum caso excepcional que presenciou ou que ache interessante de compartilhar:

Agradecemos sua participação e contribuição para esta pesquisa.

Otimização do Processo de Transplantes de Órgãos no Brasil

Somos Laura Eliza Ferreira Silva, Nívia Maria Ferreira Souza e Isabella Sena Coimbra Franco, pesquisadoras vinculadas ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Você está sendo convidado(a) a participar, de forma voluntária, da pesquisa intitulada **"Mapeamento do processo de transplantes de órgãos no Brasil"**, cujo objetivo é compreender, sob a perspectiva de profissionais da saúde, as etapas, recursos, desafios e tempos envolvidos nas diferentes fases do processo de transplante de medula óssea e fígado, desde o cadastro do doador até a realização do procedimento cirúrgico.

As informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, tratadas com total sigilo e anonimato, sem qualquer identificação individual.

A estimativa de tempo para preenchimento é de 15 a 20 minutos.

Ao prosseguir e responder ao questionário, entende-se que o(a) senhor(a) concorda com os termos apresentados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Reforçamos que a participação é voluntária e que o(a) senhor(a) pode deixar de responder qualquer pergunta que cause desconforto.

Sua colaboração é essencial para aprimorar o conhecimento sobre o fluxo de transplantes no Brasil e identificar oportunidades de melhoria nos processos de cuidado. Caso tenha dúvidas ou deseje mais informações, entre em contato:

 laura.eliza@aluno.ufop.edu.br

 nivia.souza@aluno.ufop.edu.br

 isabella.franco@aluno.ufop.edu.br

Visualize e leia o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), **em seguida, assine no local indicado para declarar o seu consentimento em participar do estudo.**

Autorização para Gravação de Áudio: *

- ☐ A Sim, autorizo a gravação da minha voz
- ☐ B Não, não autorizo a gravação da minha voz
- ☐ C Autorizo a gravação da minha voz, mas não autorizo sua divulgação

Assine aqui: *



Assinatura

Página 2

Dados demográficos e profissionais

Selecione a categoria que melhor define sua relação com o processo de doação e transplante de medula óssea:

- ☐ A Paciente
- ☐ B Acompanhante
- ☐ C Hematologia
- ☐ D Oncologia
- ☒ E Enfermagem especializada
- ☐ F Farmácia
- ☐ G Psicologia

H Nutrição

I Serviço social

J Laboratório / Técnico

K Cuidados paliativos

L Outro

Faixa etária:

A Abaixo de 20 anos

B 20 a 30 anos

C 31 a 40 anos

D 41 a 50 anos

E 51 a 60 anos

F Acima de 60 anos

Tipo de instituição que realizou majoritariamente os procedimentos ou instituição em que atua:

A Hospital público especializado

B Hospital privado especializado

C Laboratório público

D Laboratório privado

E Hemocentro

F Clínica pública

G Clínica privada

H Transportadora pública

I Transportadora privada

J ONG

K Outro

Tempo de atuação no sistema de doação e transplante:

A < 6 meses

B 6 meses - 1 ano

C 1 - 2 anos

D 2 - 3 anos

E 3 - 5 anos

F 5 - 7 anos

G > 7 anos

Caracterização dos processos de transplante

Número aproximado de profissionais envolvidos no processo completo (do cadastro do doador até a conclusão da cirurgia):

A 1 - 10

B 11 - 15

C 16 - 20

D 21 - 25

Profissionais que participam dos processos (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Hematologista
- ☐ Oncologista
- ☒ Enfermeiro especializado
- ☐ Farmacêutico
- ☐ Psicólogo
- ☐ Nutricionista
- ☐ Assistente social
- ☐ Técnico de laboratório
- ☐ Profissionais de cuidados paliativos
- ☐ Outro

Etapas que compõem o processo de transplante (selecionar todos os que se aplicam)

Pré- transplante:

- ☒ Avaliação clínica e indicação
- ☒ Exames de compatibilidade
- ☒ Reunião multidisciplinar
- ☒ Consentimento informado
- ☒ Preparação física
- ☒ Tratamento prévio (quimioterapia/radioterapia, quando aplicável)
- ☐ Manejo de efeitos colaterais

☐ Outro

Transplante:

☒ Coleta ou doação do órgão/células

☒ Cirurgia ou infusão

☐ Outro

Meios utilizados para comunicação com pacientes e doadores (selecionar todos os que se aplicam):

☐ E-mail

☒ Telefone

☐ Reuniões presenciais

☒ Consultas

☒ Aplicativos (WhatsApp, app institucional etc.)

☐ Videoconferência

☐ Outro

Tempo dos Processos

Tempo médio entre a decisão pelo transplante e sua realização:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Tempo de autorização do convênio

Tempo médio para identificação de um doador compatível:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Tempo total médio do processo (decisão de realizar o transplante até a efetiva realização do transplante):

A 24 horas

B 48 horas

C 1 semana

D 2 semanas

E 4 semanas (1 mês)

F 1,5 meses

G 2 meses

H 3 meses

I 6 meses

J 1 ano

K Outro

Tempo de autorização do convênio

Tempo de execução das etapas – Medula Óssea (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

15 dias

Exames de compatibilidade:

15 dias

Reuniões multidisciplinares:

1 dia

Consentimento:

1 dia

Preparação física:

1 mês

Tratamento prévio:

1 mês

Manejo de efeitos colaterais:

15 dias

Outro (qual e o tempo)

Transplante:

Coleta/doação:

4 - 6 h

Infusão:

40 min

Outro (qual e o tempo)

Tempo de execução das etapas – Fígado (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

Exames de compatibilidade:

Reuniões multidisciplinares:

Consentimento:

Preparação física:

Tratamento prévio:

Manejo de efeitos colaterias:

Transplante:

Coleta/doação:

Transplante:

Outro (qual e o tempo)

Recursos necessários no processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Equipe médica especializada
- ☒ Equipe de suporte
- ☐ Leitos especializados / UTI
- ☒ Centro cirúrgico
- ☒ Laboratórios especializados
- ☐ Exames diagnósticos
- ☒ Sistemas de cadastro (SNT, etc.)
- ☒ Banco de doadores
- ☒ Banco de receptores
- ☐ Hemocentro / Banco de medula
- ☒ Imunossupressores
- ☒ Hemocomponentes
- ☒ Unidades de isolamento
- ☒ Psicologia e serviço social
- ☒ Nutrição e fisioterapia
- ☒ Enfermagem especializada
- ☐ Transporte de órgãos/células
- ☒ Apoio logístico ou financeiro institucional
- ☒ Sistemas informatizados de rastreamento
- ☒ Acompanhamento pós transplante
- ☒ Protocolos e autorizações legais
- ☐ CIHDOTT (Comissão Intra-Hospitalar de Doação de Órgãos e Tecidos para Transplante)

☐ Outro

Gargalos operacionais

Dificuldades mais frequentes (selecionar todos os que se aplicam):

☐ Disponibilidade limitada de doadores

☐ Exigências regulatórias

☐ Dilemas éticos

☐ Incompatibilidades

☐ Rejeição do órgão/células

☐ Restrições financeiras

☐ Falhas de comunicação

☒ Outro

Autorização médica em tempo hábil

Principais pontos de atraso no processo (selecionar todos os que se aplicam):

☐ Cadastro e triagem

☐ Burocracia

☐ Problemas logísticos

☐ Falta de capacitação

☐ Fluxo de informação insuficiente

☒ Outro

Convênio

Sugestões e Percepções

Tecnologias que poderiam aprimorar o processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Simulação computacional
- ☐ Inteligência artificial (IA)
- ☒ Inteligência de dados
- ☐ Edição genética
- ☐ Telemedicina
- ☐ Outro

Descreva as principais etapas do transplante de Medula Óssea:

Avaliação do paciente, cadastro REDOME, solicitação autorização, devolutiva do REDOME e definição do centro de coleta, consultas médicas e multidisciplinar.

Descreva as principais etapas do transplante de Fígado:

Comente algum caso excepcional que presenciou ou que ache interessante de compartilhar:

Agradecemos sua participação e contribuição para esta pesquisa.

Otimização do Processo de Transplantes de Órgãos no Brasil

Somos Laura Eliza Ferreira Silva, Nívia Maria Ferreira Souza e Isabella Sena Coimbra Franco, pesquisadoras vinculadas ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Você está sendo convidado(a) a participar, de forma voluntária, da pesquisa intitulada **"Mapeamento do processo de transplantes de órgãos no Brasil"**, cujo objetivo é compreender, sob a perspectiva de profissionais da saúde, as etapas, recursos, desafios e tempos envolvidos nas diferentes fases do processo de transplante de medula óssea e fígado, desde o cadastro do doador até a realização do procedimento cirúrgico.

As informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, tratadas com total sigilo e anonimato, sem qualquer identificação individual.

A estimativa de tempo para preenchimento é de 15 a 20 minutos.

Ao prosseguir e responder ao questionário, entende-se que o(a) senhor(a) concorda com os termos apresentados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Reforçamos que a participação é voluntária e que o(a) senhor(a) pode deixar de responder qualquer pergunta que cause desconforto.

Sua colaboração é essencial para aprimorar o conhecimento sobre o fluxo de transplantes no Brasil e identificar oportunidades de melhoria nos processos de cuidado. Caso tenha dúvidas ou deseje mais informações, entre em contato:

 laura.eliza@aluno.ufop.edu.br

 nivia.souza@aluno.ufop.edu.br

 isabella.franco@aluno.ufop.edu.br

Visualize e leia o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), **em seguida, assine no local indicado para declarar o seu consentimento em participar do estudo.**

Autorização para Gravação de Áudio: *

- ☐ A Sim, autorizo a gravação da minha voz
- ☐ B Não, não autorizo a gravação da minha voz
- ☐ C Autorizo a gravação da minha voz, mas não autorizo sua divulgação

Assine aqui: *



Assinatura

Página 2

Dados demográficos e profissionais

Selecione a categoria que melhor define sua relação com o processo de doação e transplante de medula óssea:

- ☐ A Paciente
- ☐ B Acompanhante
- ☐ C Hematologia
- ☐ D Oncologia
- ☒ E Enfermagem especializada
- ☐ F Farmácia
- ☐ G Psicologia

H Nutrição

I Serviço social

J Laboratório / Técnico

K Cuidados paliativos

L Outro

Faixa etária:

A Abaixo de 20 anos

B 20 a 30 anos

C 31 a 40 anos

D 41 a 50 anos

E 51 a 60 anos

F Acima de 60 anos

Tipo de instituição que realizou majoritariamente os procedimentos ou instituição em que atua:

A Hospital público especializado

B Hospital privado especializado

C Laboratório público

D Laboratório privado

E Hemocentro

F Clínica pública

G Clínica privada

H Transportadora pública

I Transportadora privada

J ONG

K Outro

Tempo de atuação no sistema de doação e transplante:

A < 6 meses

B 6 meses - 1 ano

C 1 - 2 anos

D 2 - 3 anos

E 3 - 5 anos

F 5 - 7 anos

G > 7 anos

Caracterização dos processos de transplante

Número aproximado de profissionais envolvidos no processo completo (do cadastro do doador até a conclusão da cirurgia):

A 1 - 10

B 11 - 15

C 16 - 20

D 21 - 25

Profissionais que participam dos processos (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Hematologista
- ☐ Oncologista
- ☒ Enfermeiro especializado
- ☐ Farmacêutico
- ☐ Psicólogo
- ☐ Nutricionista
- ☐ Assistente social
- ☐ Técnico de laboratório
- ☐ Profissionais de cuidados paliativos
- ☐ Outro

Etapas que compõem o processo de transplante (selecionar todos os que se aplicam)

Pré- transplante:

- ☒ Avaliação clínica e indicação
- ☒ Exames de compatibilidade
- ☐ Reunião multidisciplinar
- ☒ Consentimento informado
- ☐ Preparação física
- ☒ Tratamento prévio (quimioterapia/radioterapia, quando aplicável)
- ☐ Manejo de efeitos colaterais

☐ Outro

Transplante:

☒ Coleta ou doação do órgão/células

☐ Cirurgia ou infusão

☐ Outro

Meios utilizados para comunicação com pacientes e doadores (selecionar todos os que se aplicam):

☐ E-mail

☒ Telefone

☐ Reuniões presenciais

☒ Consultas

☒ Aplicativos (WhatsApp, app institucional etc.)

☐ Videoconferência

☐ Outro

Tempo dos Processos

Tempo médio entre a decisão pelo transplante e sua realização:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Tempo autorização convênio

Tempo médio para identificação de um doador compatível:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Tempo total médio do processo (decisão de realizar o transplante até a efetiva realização do transplante):

A 24 horas

B 48 horas

C 1 semana

D 2 semanas

E 4 semanas (1 mês)

F 1,5 meses

G 2 meses

H 3 meses

I 6 meses

J 1 ano

K Outro

Tempo autorização convênio/ tempo de

Tempo de execução das etapas – Medula Óssea (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

1 semana

Exames de compatibilidade:

15 dias

Reuniões multidisciplinares:

Semanais

Consentimento:

1 dia

Preparação física:

15 dias

Tratamento prévio:

15 dias

Manejo de efeitos colaterais:

Outro (qual e o tempo)

Transplante:

Coleta/doação:

5 dias (mobilização + coleta)

Infusão:

4 horas

Outro (qual e o tempo)

Tempo de execução das etapas – Fígado (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

Exames de compatibilidade:

Reuniões multidisciplinares:

Consentimento:

Preparação física:

Tratamento prévio:

Manejo de efeitos colaterias:

Transplante:

Coleta/doação:

Transplante:

Outro (qual e o tempo)

Recursos necessários no processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Equipe médica especializada
- ☒ Equipe de suporte
- ☒ Leitos especializados / UTI
- ☒ Centro cirúrgico
- ☒ Laboratórios especializados
- ☒ Exames diagnósticos
- ☒ Sistemas de cadastro (SNT, etc.)
- ☒ Banco de doadores
- ☒ Banco de receptores
- ☒ Hemocentro / Banco de medula
- ☒ Imunossupressores
- ☒ Hemocomponentes
- ☒ Unidades de isolamento
- ☒ Psicologia e serviço social
- ☒ Nutrição e fisioterapia
- ☒ Enfermagem especializada
- ☒ Transporte de órgãos/células
- ☒ Apoio logístico ou financeiro institucional
- ☐ Sistemas informatizados de rastreamento
- ☒ Acompanhamento pós transplante
- ☒ Protocolos e autorizações legais
- ☐ CIHDOTT (Comissão Intra-Hospitalar de Doação de Órgãos e Tecidos para Transplante)
- ☒ Outro

Gargalos operacionais

Dificuldades mais frequentes (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Disponibilidade limitada de doadores
- ☐ Exigências regulatórias
- ☐ Dilemas éticos
- ☒ Incompatibilidades
- ☐ Rejeição do órgão/células
- ☐ Restrições financeiras
- ☐ Falhas de comunicação
- ☒ Outro

Dificuldade de centro de coletas REDOM

Principais pontos de atraso no processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Cadastro e triagem
- ☒ Burocracia
- ☐ Problemas logísticos
- ☐ Falta de capacitação
- ☐ Fluxo de informação insuficiente
- ☐ Outro

Sugestões e Percepções

Tecnologias que poderiam aprimorar o processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Simulação computacional
- ☐ Inteligência artificial (IA)
- ☐ Inteligência de dados
- ☐ Edição genética
- ☐ Telemedicina
- ☐ Outro

Descreva as principais etapas do transplante de Medula Óssea:

Avaliação paciente/doador. Solicitação convênio. Avaliação exames pré TMO. Consulta multidisciplinar. Internação + implante cateter. Condicionamento. Mobilização + coleta celular doador TMO

Descreva as principais etapas do transplante de Fígado:

Comente algum caso excepcional que presenciou ou que ache interessante de compartilhar:

Demora autorização pelo convênio e problemas familiares que atrasam o processo entre decisão pelo TMO e a efetivação do procedimento.

Agradecemos sua participação e contribuição para esta pesquisa.

Otimização do Processo de Transplantes de Órgãos no Brasil

Somos Laura Eliza Ferreira Silva, Nívia Maria Ferreira Souza e Isabella Sena Coimbra Franco, pesquisadoras vinculadas ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Você está sendo convidado(a) a participar, de forma voluntária, da pesquisa intitulada **"Mapeamento do processo de transplantes de órgãos no Brasil"**, cujo objetivo é compreender, sob a perspectiva de profissionais da saúde, as etapas, recursos, desafios e tempos envolvidos nas diferentes fases do processo de transplante de medula óssea e fígado, desde o cadastro do doador até a realização do procedimento cirúrgico.

As informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, tratadas com total sigilo e anonimato, sem qualquer identificação individual.

A estimativa de tempo para preenchimento é de 15 a 20 minutos.

Ao prosseguir e responder ao questionário, entende-se que o(a) senhor(a) concorda com os termos apresentados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Reforçamos que a participação é voluntária e que o(a) senhor(a) pode deixar de responder qualquer pergunta que cause desconforto.

Sua colaboração é essencial para aprimorar o conhecimento sobre o fluxo de transplantes no Brasil e identificar oportunidades de melhoria nos processos de cuidado. Caso tenha dúvidas ou deseje mais informações, entre em contato:

 laura.eliza@aluno.ufop.edu.br

 nivia.souza@aluno.ufop.edu.br

 isabella.franco@aluno.ufop.edu.br

Visualize e leia o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), **em seguida, assine no local indicado para declarar o seu consentimento em participar do estudo.**

Autorização para Gravação de Áudio: *

- ☐ **A** Sim, autorizo a gravação da minha voz
- ☐ **B** Não, não autorizo a gravação da minha voz
- ☐ **C** Autorizo a gravação da minha voz, mas não autorizo sua divulgação

Assine aqui: *

Assinatura

Página 2

Dados demográficos e profissionais

Selecione a categoria que melhor define sua relação com o processo de doação e transplante de medula óssea:

- ☐ **A** Paciente
- ☐ **B** Acompanhante
- ☒ **C** Hematologia
- ☐ **D** Oncologia
- ☐ **E** Enfermagem especializada
- ☐ **F** Farmácia
- ☐ **G** Psicologia

H Nutrição

I Serviço social

J Laboratório / Técnico

K Cuidados paliativos

L Outro

Faixa etária:

A Abaixo de 20 anos

B 20 a 30 anos

C 31 a 40 anos

D 41 a 50 anos

E 51 a 60 anos

F Acima de 60 anos

Tipo de instituição que realizou majoritariamente os procedimentos ou instituição em que atua:

A Hospital público especializado

B Hospital privado especializado

C Laboratório público

D Laboratório privado

E Hemocentro

F Clínica pública

G Clínica privada

H Transportadora pública

I Transportadora privada

J ONG

K Outro

Tempo de atuação no sistema de doação e transplante:

A < 6 meses

B 6 meses - 1 ano

C 1 - 2 anos

D 2 - 3 anos

E 3 - 5 anos

F 5 - 7 anos

G > 7 anos

Caracterização dos processos de transplante

Número aproximado de profissionais envolvidos no processo completo (do cadastro do doador até a conclusão da cirurgia):

A 1 - 10

B 11 - 15

C 16 - 20

D 21 - 25

Profissionais que participam dos processos (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Hematologista
- ☐ Oncologista
- ☒ Enfermeiro especializado
- ☐ Farmacêutico
- ☒ Psicólogo
- ☒ Nutricionista
- ☒ Assistente social
- ☐ Técnico de laboratório
- ☐ Profissionais de cuidados paliativos
- ☐ Outro

Etapas que compõem o processo de transplante (selecionar todos os que se aplicam)

Pré- transplante:

- ☒ Avaliação clínica e indicação
- ☒ Exames de compatibilidade
- ☐ Reunião multidisciplinar
- ☒ Consentimento informado
- ☒ Preparação física
- ☒ Tratamento prévio (quimioterapia/radioterapia, quando aplicável)
- ☒ Manejo de efeitos colaterais

☐ Outro

Transplante:

☒ Coleta ou doação do órgão/células

☒ Cirurgia ou infusão

☐ Outro

Meios utilizados para comunicação com pacientes e doadores (selecionar todos os que se aplicam):

☐ E-mail

☒ Telefone

☐ Reuniões presenciais

☒ Consultas

☒ Aplicativos (WhatsApp, app institucional etc.)

☐ Videoconferência

☐ Outro

Tempo dos Processos

Tempo médio entre a decisão pelo transplante e sua realização:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Tempo médio para identificação de um doador compatível:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Tempo total médio do processo (decisão de realizar o transplante até a efetiva realização do transplante):

A 24 horas

- B** 48 horas
- C** 1 semana
- D** 2 semanas
- E** 4 semanas (1 mês)
- F** 1,5 meses
- G** 2 meses
- H** 3 meses
- I** 6 meses
- J** 1 ano
- K** Outro

Tempo de execução das etapas – Medula Óssea (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

1 dia

Exames de compatibilidade:

1 mês

Reuniões multidisciplinares:

1 x / semana

Consentimento:

No momento

Preparação física:

1 mês

Tratamento prévio:

4/6 meses

Manejo de efeitos colaterais:

4/6 meses

Outro (qual e o tempo)

1 h

Transplante:

Coleta/doação:

1 h

Infusão:

Outro (qual e o tempo)

Tempo de execução das etapas – Fígado (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

Exames de compatibilidade:

Reuniões multidisciplinares:

Consentimento:

Preparação física:

Tratamento prévio:

Manejo de efeitos colaterias:

Transplante:

Coleta/doação:

Transplante:

Outro (qual e o tempo)

Recursos necessários no processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Equipe médica especializada
- ☒ Equipe de suporte
- ☒ Leitos especializados / UTI
- ☒ Centro cirúrgico
- ☒ Laboratórios especializados
- ☒ Exames diagnósticos
- ☒ Sistemas de cadastro (SNT, etc.)
- ☒ Banco de doadores
- ☒ Banco de receptores
- ☒ Hemocentro / Banco de medula
- ☒ Imunossuppressores
- ☒ Hemocomponentes
- ☒ Unidades de isolamento
- ☒ Psicologia e serviço social
- ☒ Nutrição e fisioterapia
- ☒ Enfermagem especializada
- ☒ Transporte de órgãos/células
- ☒ Apoio logístico ou financeiro institucional
- ☒ Sistemas informatizados de rastreamento
- ☒ Acompanhamento pós transplante
- ☒ Protocolos e autorizações legais
- ☒ CIHDOTT (Comissão Intra-Hospitalar de Doação de Órgãos e Tecidos para Transplante)
- ☐ Outro

Gargalos operacionais

Dificuldades mais frequentes (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Disponibilidade limitada de doadores
- ☐ Exigências regulatórias
- ☐ Dilemas éticos
- ☐ Incompatibilidades
- ☐ Rejeição do órgão/células
- ☒ Restrições financeiras
- ☐ Falhas de comunicação
- ☒ Outro

Convênio

Principais pontos de atraso no processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Cadastro e triagem
- ☒ Burocracia
- ☐ Problemas logísticos
- ☐ Falta de capacitação
- ☒ Fluxo de informação insuficiente
- ☐ Outro

Sugestões e Percepções

Tecnologias que poderiam aprimorar o processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Simulação computacional

- ☒ Inteligência artificial (IA)
- ☒ Inteligência de dados
- ☐ Edição genética
- ☒ Telemedicina
- ☐ Outro

Descreva as principais etapas do transplante de Medula Óssea:

Avaliação pré TMO, exames complementares (incompatibilidade), avaliação multidisciplinar, decisão clínica para TMO, TMO

Descreva as principais etapas do transplante de Fígado:

Comente algum caso excepcional que presenciou ou que ache interessante de compartilhar:

Agradecemos sua participação e contribuição para esta pesquisa.

Otimização do Processo de Transplantes de Órgãos no Brasil

Somos Laura Eliza Ferreira Silva, Nívia Maria Ferreira Souza e Isabella Sena Coimbra Franco, pesquisadoras vinculadas ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Você está sendo convidado(a) a participar, de forma voluntária, da pesquisa intitulada **"Mapeamento do processo de transplantes de órgãos no Brasil"**, cujo objetivo é compreender, sob a perspectiva de profissionais da saúde, as etapas, recursos, desafios e tempos envolvidos nas diferentes fases do processo de transplante de medula óssea e fígado, desde o cadastro do doador até a realização do procedimento cirúrgico.

As informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, tratadas com total sigilo e anonimato, sem qualquer identificação individual.

A estimativa de tempo para preenchimento é de 15 a 20 minutos.

Ao prosseguir e responder ao questionário, entende-se que o(a) senhor(a) concorda com os termos apresentados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Reforçamos que a participação é voluntária e que o(a) senhor(a) pode deixar de responder qualquer pergunta que cause desconforto.

Sua colaboração é essencial para aprimorar o conhecimento sobre o fluxo de transplantes no Brasil e identificar oportunidades de melhoria nos processos de cuidado. Caso tenha dúvidas ou deseje mais informações, entre em contato:

 laura.eliza@aluno.ufop.edu.br

 nivia.souza@aluno.ufop.edu.br

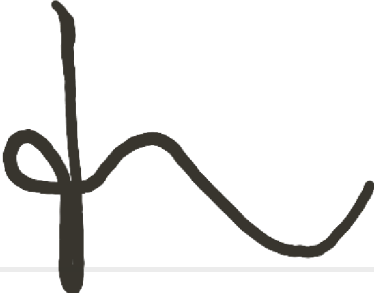
 isabella.franco@aluno.ufop.edu.br

Visualize e leia o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), **em seguida, assine no local indicado para declarar o seu consentimento em participar do estudo.**

Autorização para Gravação de Áudio: *

- ☐ **A** Sim, autorizo a gravação da minha voz
- ☐ **B** Não, não autorizo a gravação da minha voz
- ☐ **C** Autorizo a gravação da minha voz, mas não autorizo sua divulgação

Assine aqui: *



Assinatura

Página 2

Dados demográficos e profissionais

Selecione a categoria que melhor define sua relação com o processo de doação e transplante de medula óssea:

- ☐ **A** Paciente
- ☐ **B** Acompanhante
- ☒ **C** Hematologia
- ☐ **D** Oncologia
- ☐ **E** Enfermagem especializada
- ☐ **F** Farmácia
- ☐ **G** Psicologia

H Nutrição

I Serviço social

J Laboratório / Técnico

K Cuidados paliativos

L Outro

Faixa etária:

A Abaixo de 20 anos

B 20 a 30 anos

C 31 a 40 anos

D 41 a 50 anos

E 51 a 60 anos

F Acima de 60 anos

Tipo de instituição que realizou majoritariamente os procedimentos ou instituição em que atua:

A Hospital público especializado

B Hospital privado especializado

C Laboratório público

D Laboratório privado

E Hemocentro

F Clínica pública

G Clínica privada

H Transportadora pública

I Transportadora privada

J ONG

K Outro

Tempo de atuação no sistema de doação e transplante:

A < 6 meses

B 6 meses - 1 ano

C 1 - 2 anos

D 2 - 3 anos

E 3 - 5 anos

F 5 - 7 anos

G > 7 anos

Caracterização dos processos de transplante

Número aproximado de profissionais envolvidos no processo completo (do cadastro do doador até a conclusão da cirurgia):

A 1 - 10

B 11 - 15

C 16 - 20

D 21 - 25

E 26 - 30

F Outro

Profissionais que participam dos processos (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Hematologista
- ☐ Oncologista
- ☒ Enfermeiro especializado
- ☐ Farmacêutico
- ☒ Psicólogo
- ☒ Nutricionista
- ☐ Assistente social
- ☐ Técnico de laboratório
- ☐ Profissionais de cuidados paliativos
- ☒ Outro

Odontologia

Página 4

Etapas que compõem o processo de transplante (selecionar todos os que se aplicam)

Pré- transplante:

- ☒ Avaliação clínica e indicação
- ☒ Exames de compatibilidade
- ☒ Reunião multidisciplinar
- ☒ Consentimento informado
- ☒ Preparação física
- ☒ Tratamento prévio (quimioterapia/radioterapia, quando aplicável)

☒ Manejo de efeitos colaterais

☐ Outro

Transplante:

☒ Coleta ou doação do órgão/células

☒ Cirurgia ou infusão

☐ Outro

Meios utilizados para comunicação com pacientes e doadores (selecionar todos os que se aplicam):

☒ E-mail

☒ Telefone

☒ Reuniões presenciais

☐ Consultas

☐ Aplicativos (WhatsApp, app institucional etc.)

☐ Videoconferência

☐ Outro

Tempo dos Processos

Tempo médio entre a decisão pelo transplante e sua realização:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Tempo médio para identificação de um doador compatível:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Tempo total médio do processo (decisão de realizar o transplante até a efetiva realização do transplante):

- A** 24 horas
- B** 48 horas
- C** 1 semana
- D** 2 semanas
- E** 4 semanas (1 mês)
- F** 1,5 meses
- G** 2 meses
- H** 3 meses
- I** 6 meses
- J** 1 ano
- K** Outro

Tempo de execução das etapas – Medula Óssea (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

Exames de compatibilidade:

Reuniões multidisciplinares:

Consentimento:

Preparação física:

Tratamento prévio:

1 dia

1 mês

1 x semanal

No momento

1 mês

4 - 6 meses

Manejo de efeitos colaterais:

Outro (qual e o tempo)

Transplante:

Coleta/doação:

Infusão:

Outro (qual e o tempo)

Tempo de execução das etapas – Fígado (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

Exames de compatibilidade:

Reuniões multidisciplinares:

Consentimento:

Preparação física:

Tratamento prévio:

Manejo de efeitos colaterias:

Transplante:

Coleta/doação:

Transplante:

Outro (qual e o tempo)

Recursos necessários no processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Equipe médica especializada
- ☒ Equipe de suporte
- ☒ Leitos especializados / UTI
- ☒ Centro cirúrgico
- ☒ Laboratórios especializados
- ☒ Exames diagnósticos
- ☒ Sistemas de cadastro (SNT, etc.)
- ☒ Banco de doadores
- ☒ Banco de receptores
- ☒ Hemocentro / Banco de medula
- ☒ Imunossupressores
- ☒ Hemocomponentes
- ☒ Unidades de isolamento
- ☒ Psicologia e serviço social
- ☒ Nutrição e fisioterapia
- ☒ Enfermagem especializada
- ☒ Transporte de órgãos/células
- ☒ Apoio logístico ou financeiro institucional
- ☒ Sistemas informatizados de rastreamento
- ☒ Acompanhamento pós transplante
- ☒ Protocolos e autorizações legais
- ☒ CIHDOTT (Comissão Intra-Hospitalar de Doação de Órgãos e Tecidos para Transplante)

☐ Outro

Gargalos operacionais

Dificuldades mais frequentes (selecionar todos os que se aplicam):

☒ Disponibilidade limitada de doadores

☐ Exigências regulatórias

☐ Dilemas éticos

☒ Incompatibilidades

☐ Rejeição do órgão/células

☒ Restrições financeiras

☐ Falhas de comunicação

☒ Outro

Convênio

Principais pontos de atraso no processo (selecionar todos os que se aplicam):

☐ Cadastro e triagem

☒ Burocracia

☐ Problemas logísticos

☐ Falta de capacitação

☒ Fluxo de informação insuficiente

☐ Outro

Sugestões e Percepções

Tecnologias que poderiam aprimorar o processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Simulação computacional
- ☒ Inteligência artificial (IA)
- ☒ Inteligência de dados
- ☐ Edição genética
- ☒ Telemedicina
- ☐ Outro

Descreva as principais etapas do transplante de Medula Óssea:

Avaliação pré TMO; exames incluindo compatibilidade; avaliação multidisciplinar; TMO; acompanhamento pós TMO

Descreva as principais etapas do transplante de Fígado:

Comente algum caso excepcional que presenciou ou que ache interessante de compartilhar:

Agradecemos sua participação e contribuição para esta pesquisa.

Otimização do Processo de Transplantes de Órgãos no Brasil

Somos Laura Eliza Ferreira Silva, Nívia Maria Ferreira Souza e Isabella Sena Coimbra Franco, pesquisadoras vinculadas ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Você está sendo convidado(a) a participar, de forma voluntária, da pesquisa intitulada **"Mapeamento do processo de transplantes de órgãos no Brasil"**, cujo objetivo é compreender, sob a perspectiva de profissionais da saúde, as etapas, recursos, desafios e tempos envolvidos nas diferentes fases do processo de transplante de medula óssea e fígado, desde o cadastro do doador até a realização do procedimento cirúrgico.

As informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, tratadas com total sigilo e anonimato, sem qualquer identificação individual.

A estimativa de tempo para preenchimento é de 15 a 20 minutos.

Ao prosseguir e responder ao questionário, entende-se que o(a) senhor(a) concorda com os termos apresentados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Reforçamos que a participação é voluntária e que o(a) senhor(a) pode deixar de responder qualquer pergunta que cause desconforto.

Sua colaboração é essencial para aprimorar o conhecimento sobre o fluxo de transplantes no Brasil e identificar oportunidades de melhoria nos processos de cuidado. Caso tenha dúvidas ou deseje mais informações, entre em contato:

 laura.eliza@aluno.ufop.edu.br

 nivia.souza@aluno.ufop.edu.br

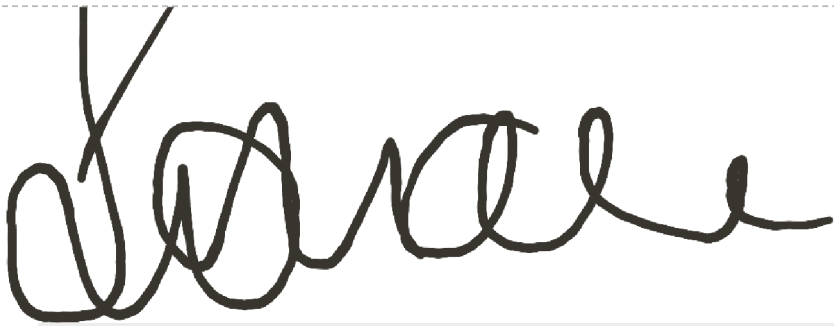
 isabella.franco@aluno.ufop.edu.br

Visualize e leia o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), **em seguida, assine no local indicado para declarar o seu consentimento em participar do estudo.**

Autorização para Gravação de Áudio: *

- ☐ A Sim, autorizo a gravação da minha voz
- ☐ B Não, não autorizo a gravação da minha voz
- ☐ C Autorizo a gravação da minha voz, mas não autorizo sua divulgação

Assine aqui: *



Assinatura

Página 2

Dados demográficos e profissionais

Selecione a categoria que melhor define sua relação com o processo de doação e transplante de medula óssea:

- ☐ A Paciente
- ☐ B Acompanhante
- ☐ C Hematologia
- ☐ D Oncologia
- ☒ E Enfermagem especializada
- ☐ F Farmácia
- ☐ G Psicologia

H Nutrição

I Serviço social

J Laboratório / Técnico

K Cuidados paliativos

L Outro

Faixa etária:

A Abaixo de 20 anos

B 20 a 30 anos

C 31 a 40 anos

D 41 a 50 anos

E 51 a 60 anos

F Acima de 60 anos

Tipo de instituição que realizou majoritariamente os procedimentos ou instituição em que atua:

A Hospital público especializado

B Hospital privado especializado

C Laboratório público

D Laboratório privado

E Hemocentro

F Clínica pública

G Clínica privada

H Transportadora pública

I Transportadora privada

J ONG

K Outro

Tempo de atuação no sistema de doação e transplante:

A < 6 meses

B 6 meses - 1 ano

C 1 - 2 anos

D 2 - 3 anos

E 3 - 5 anos

F 5 - 7 anos

G > 7 anos

Caracterização dos processos de transplante

Número aproximado de profissionais envolvidos no processo completo (do cadastro do doador até a conclusão da cirurgia):

A 1 - 10

B 11 - 15

C 16 - 20

D 21 - 25

Profissionais que participam dos processos (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Hematologista
- ☐ Oncologista
- ☐ Enfermeiro especializado
- ☐ Farmacêutico
- ☐ Psicólogo
- ☐ Nutricionista
- ☐ Assistente social
- ☐ Técnico de laboratório
- ☐ Profissionais de cuidados paliativos
- ☐ Outro

Etapas que compõem o processo de transplante (selecionar todos os que se aplicam)**Pré- transplante:**

- ☒ Avaliação clínica e indicação
- ☒ Exames de compatibilidade
- ☒ Reunião multidisciplinar
- ☒ Consentimento informado
- ☐ Preparação física
- ☒ Tratamento prévio (quimioterapia/radioterapia, quando aplicável)
- ☒ Manejo de efeitos colaterais

☐ Outro

Transplante:

☒ Coleta ou doação do órgão/células

☐ Cirurgia ou infusão

☐ Outro

Meios utilizados para comunicação com pacientes e doadores (selecionar todos os que se aplicam):

☒ E-mail

☒ Telefone

☒ Reuniões presenciais

☒ Consultas

☒ Aplicativos (WhatsApp, app institucional etc.)

☐ Videoconferência

☐ Outro

Tempo dos Processos

Tempo médio entre a decisão pelo transplante e sua realização:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Depende dos resultados dos exames.

Tempo médio para identificação de um doador compatível:

A < 8 horas

B 16 horas

C 24 horas

D 48 horas

E 96 horas

F 1 semana

G 2 semanas

H 4 semanas (1 mês)

I 6 semanas (1,5 meses)

J 8 semanas (2 meses)

K Outro

Tempo total médio do processo (decisão de realizar o transplante até a efetiva realização do transplante):

- A** 24 horas
 - B** 48 horas
 - C** 1 semana
 - D** 2 semanas
 - E** 4 semanas (1 mês)
 - F** 1,5 meses
 - G** 2 meses
 - H** 3 meses
 - I** 6 meses
 - J** 1 ano
 - K** Outro
- Depende dos resultados de exames

Tempo de execução das etapas – Medula Óssea (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

A indicação para o transplante de medula é

Exames de compatibilidade:

A avaliação da compatibilidade entre doador e receptor é

Reuniões multidisciplinares:

As reuniões multidisciplinares são conduzidas

Consentimento:

Não há um intervalo temporal rigidamente estabelecido

Preparação física:

Não é exigido preparo físico.

Tratamento prévio:

Podem envolver: tratamentos odontológico e

Manejo de efeitos colaterais:

O paciente é acompanhado por toda equipe

Outro (qual e o tempo)

Autólogo: media de 15 a 20 dias de internação

Transplante:

Coleta/doação:

Coleta - tempo de internação 7 dias e doação

Infusão:

Depende da disponibilidade de quimioterapia

Outro (qual e o tempo)

Tempo de execução das etapas – Fígado (unidade: min / h / dia / semana)

Pré-transplante:

Avaliação e indicação:

Exames de compatibilidade:

Reuniões multidisciplinares:

Consentimento:

Preparação física:

Tratamento prévio:

Manejo de efeitos colaterais:

Transplante:

Coleta/doação:

Transplante:

Outro (qual e o tempo)

Recursos necessários no processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☒ Equipe médica especializada
- ☒ Equipe de suporte
- ☒ Leitos especializados / UTI
- ☐ Centro cirúrgico
- ☒ Laboratórios especializados
- ☒ Exames diagnósticos
- ☒ Sistemas de cadastro (SNT, etc.)
- ☒ Banco de doadores
- ☐ Banco de receptores
- ☒ Hemocentro / Banco de medula
- ☒ Imunossupressores
- ☒ Hemocomponentes
- ☒ Unidades de isolamento
- ☒ Psicologia e serviço social
- ☒ Nutrição e fisioterapia
- ☒ Enfermagem especializada
- ☒ Transporte de órgãos/células
- ☒ Apoio logístico ou financeiro institucional
- ☒ Sistemas informatizados de rastreamento
- ☒ Acompanhamento pós transplante
- ☒ Protocolos e autorizações legais
- ☒ CIHDOTT (Comissão Intra-Hospitalar de Doação de Órgãos e Tecidos para Transplante)

☐ Outro

Gargalos operacionais

Dificuldades mais frequentes (selecionar todos os que se aplicam):

☒ Disponibilidade limitada de doadores

☐ Exigências regulatórias

☐ Dilemas éticos

☒ Incompatibilidades

☐ Rejeição do órgão/células

☐ Restrições financeiras

☐ Falhas de comunicação

☐ Outro

Principais pontos de atraso no processo (selecionar todos os que se aplicam):

☐ Cadastro e triagem

☐ Burocracia

☐ Problemas logísticos

☐ Falta de capacitação

☒ Fluxo de informação insuficiente

☐ Outro

Sugestões e Percepções

Tecnologias que poderiam aprimorar o processo (selecionar todos os que se aplicam):

- ☐ Simulação computacional
- ☐ Inteligência artificial (IA)
- ☐ Inteligência de dados
- ☒ Edição genética
- ☒ Telemedicina
- ☐ Outro

Descreva as principais etapas do transplante de Medula Óssea:

1. Indicação e avaliação inicial:
Definição da necessidade do transplante com base no diagnóstico, prognóstico e resposta a tratamentos prévios, além da avaliação clínica global do paciente.
2. Busca e seleção do doador:
Identificação de doador compatível por meio da tipagem HLA, podendo ser aparentado ou não aparentado.
3. Exames de compatibilidade:
Realização de testes imunológicos (HLA, ABO, crossmatch) para reduzir riscos de rejeição e complicações.
4. Consentimento informado:
Orientação detalhada ao paciente e assinatura do TCLE, assegurando compreensão dos riscos, benefícios e alternativas.
5. Condicionamento:
Administração de quimioterapia e/ou radioterapia para erradicar células doentes e preparar o organismo para o enxerto.
6. Infusão da medula óssea:
Transplante propriamente dito, com infusão das células-tronco hematopoéticas por via intravenosa.
7. Período de aplasia e enxertia:
Fase crítica de baixa imunidade até a recuperação da medula, com monitoramento intensivo.
8. Manejo de complicações:
Prevenção e tratamento de efeitos colaterais, infecções e doença do enxerto contra o hospedeiro.
9. Acompanhamento pós-transplante:
Seguimento ambulatorial contínuo para monitorar recuperação imunológica, recidiva da doença e qualidade de vida.

Descreva as principais etapas do transplante de Fígado:

Comente algum caso excepcional que presenciou ou que ache interessante de compartilhar:

O que me marcou e acredito ter marcado toda equipe foi de uma criança, sexo feminino, ela passou por 3 transplantes, no último apesar de todos (os pais, médicos e equipe multidisciplinar), termos consciência da necessidade de que ela passasse por todo o processo novamente era a única opção, estávamos muito receosos como seria a evolução, tendo em vista que muitos não superam nem o primeiro. No meio disso tudo a mãe engravidou e não pôde acompanhar sua filha, o pai ficou com ela, era doloroso pra mim, sempre que tinha que coletar exames ela chamava pela mãe, inclusive ela escreveu uma música dizendo que apesar de ser difícil ela, uma criança com mais ou menos 5 anos, deveria ser forte e corajosa. Sempre comemoramos a enxertia da medula, mas ela já cansada de todo o processo e talvez um pouco desacreditada, pediu pra que não fizéssemos festa da pega da medula. Colocamos o nome dela em oração com consentimento dos pais que são evangélicos. E o tratamento alcançou o sucesso que todos desejamos, ela está em casa, já tomou suas vacinas e já voltou pra escola.

São histórias como essas que me inspira e dão significado aquilo que faço diariamente.

Agradecemos sua participação e contribuição para esta pesquisa.

ANEXO B – Resultado da Simulação – Cenário As Is

Discrete-Time
Statistics
(Tally)

Project Name	Name	Type	Source	Average Of Replication Averages	Observed=Req Half-Width	StDev Of Replication Averages	Minimum Replication Average	Maximum Replication Average	Overall Min Value	Overall Max Value	Avg Observations Per Replication	
TMO - modelo final com gargalo de consentimento plano/SUS	Aferese Autologa	Total Time Per Entity	Process	11.3556949	Yes	0.3554441869	0.95189701479263	9.646617471	13.15846913	4.1833688	40.1696549571534	29.5
		VA Time Per Entity	Process	11.1889986	Yes	0.3169360635	0.84877036639458	9.536751005	12.91441969	4.1833688	23.8650871716227	29.5
		Wait Time Per Entity	Process	0.16669621	Yes	0.0805054752	0.215597622091	0	0.642580993	0	19.008502676621	29.5
	Aferese Autologa.Queue	Waiting Time	Queue	0.16669621	Yes	0.0805054752	0.215597622091	0	0.642580993	0	19.008502676621	29.5
	Aferese Doador	Total Time Per Entity	Process	11.5161799	Yes	0.4242449569	1.13614886076077	8.712170452	14.47898257	4.32506832	27.5184193170999	19.666667
		VA Time Per Entity	Process	11.3767081	Yes	0.4225615163	1.13164052415655	8.712170452	14.47898257	4.32506832	23.1391876933103	19.666667
		Wait Time Per Entity	Process	0.13947184	Yes	0.0920697296	0.24656726420592	0	0.977238068	0	16.6130471479146	19.666667
	Aferese Doador.Queue	Waiting Time	Queue	0.13947184	Yes	0.0920697296	0.24656726420592	0	0.977238068	0	16.6130471479146	19.666667
	Avaliacao Clinica Doador	Total Time Per Entity	Process	34.3357339	Yes	1.0230574601	2.73979819652926	28.49436719	39.77844536	9.33394214	70.1581196522593	30.366667
		VA Time Per Entity	Process	34.3357339	Yes	1.0230574601	2.73979819652926	28.49436719	39.77844536	9.33394214	70.1581196522593	30.366667
		Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	0	0	0	0	0	0	30.366667
	Avaliacao Clinica Doador.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	0	0	0	0	0	0	30.366667
	Avaliacao Indicacao	Total Time Per Entity	Process	12.1776648	Yes	0.2502755204	0.6702501531669	10.40509011	13.40588863	4.17767176	23.7078415880369	60
		VA Time Per Entity	Process	12.1776648	Yes	0.2502755204	0.6702501531669	10.40509011	13.40588863	4.17767176	23.7078415880369	60
		Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	0	0	0	0	0	0	60
	Avaliacao Indicacao.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	0	0	0	0	0	0	60
	Busca Ampliada Incompatibilidade	Total Time Per Entity	Process	2187.78396	Yes	199.72550046	534.874713626013	1614.771586	3742.790299	789.859643	6619.18589135442	22.933333
		VA Time Per Entity	Process	1690.63164	Yes	37.653187167	100.837087184218	1518.943204	1934.125441	778.883608	2843.50007040569	22.933333
		Wait Time Per Entity	Process	497.152313	Yes	193.46096201	518.0979771530749	0	2058.195803	0	4305.09897970967	22.933333
	Busca Ampliada Incompatibilidade.Q ueue Busca REDOME REREME	Waiting Time	Queue	497.152313	Yes	193.46096201	518.0979771530749	0	2058.195803	0	4305.09897970967	22.933333
		Total Time Per Entity	Process	1212.87401	Yes	142.10831886	380.573067427763	693.1285667	1979.730804	264.939328	3852.9978922316	23.933333
		VA Time Per Entity	Process	727.130414	Yes	15.684332315	42.0034133633077	619.429992	826.627031	248.951974	1412.536044317	23.933333
		Wait Time Per Entity	Process	485.743595	Yes	138.40492235	370.655189421811	20.6245178	1279.441713	0	3324.26399291622	23.933333
	Busca REDOME REREME.Queue	Waiting Time	Queue	485.743595	Yes	138.40492235	370.655189421811	20.6245178	1279.441713	0	3324.26399291622	23.933333
	Consentimento Plano Alogenico	Total Time Per Entity	Process	9387.60649	No	1650.8105422	4339.90228492775	2359.479401	18632.77353	1455.76356	24852.6308629745	5.7241379
		VA Time Per Entity	Process	1653.89946	No	77.152085592	202.829158154018	1216.535848	2061.447085	781.448511	2544.23743494447	5.7241379

Continuous-Time
Statistics (Time
Persistent)

Project Name	Name	Type	Source	Average Of Replication Averages	Half-Width	StDev Of Replication Averages	Min Replication Average	Max Replication Average	Overall Min Value	Overall Max Value	
TMO - modelo final com gargalo de consentimento plano/SUS	Administrativ o_Plano	Instantaneous Utilization	Resource	0.3431782907	0.0265041304	0.070979364685	0.1813056811	0.49886387059	0	1	
		Number Busy	Resource	0.3431782907	0.0265041304	0.070979364685	0.1813056811	0.49886387059	0	1	
		Number Scheduled	Resource	1	0	0	1	1	1	1	
	Administrativ o_SUS	Instantaneous Utilization	Resource	0.0848024556	0.0022277516	0.005966028237	0.0704045371	0.09884330071	0	1	
		Number Busy	Resource	0.2544073667	0.0066832547	0.017898084711	0.2112136112	0.29652990213	0	3	
		Number Scheduled	Resource	3	0	0	3	3	3	3	
	Aferese Autologa.Que ue	Number Waiting	Queue	6.912391E-05	3.381992E-05	9.05714209E-05	0	0.00027666682	0	1	
		Aferese Doador.Queu e	Number Waiting	Queue	3.75401E-05	2.383186E-05	6.38228815E-05	0	0.00023073677	0	1
		Avaliacao Clinica Doador.Queu e	Number Waiting	Queue	0	0	0	0	0	0	0
	Avaliacao Indicacao.Que ue	Number Waiting	Queue	0	0	0	0	0	0	0	0
		Busca Ampliada Incompatibilid ade.Queue	Number Waiting	Queue	0.1791228834	0.079228958	0.212179046286	0	0.91475369003	0	11
		Busca REDOME REREME.Que ue	Number Waiting	Queue	0.1732725936	0.0554034293	0.14837310875	0.0054425811	0.53310071369	0	8
	Centro_Cirurg ico	Instantaneous Utilization	Resource	0.0006996246	7.631803E-05	0.00020438343	0.0003439979	0.00117861063	0	1	
		Number Busy	Resource	0.0006996246	7.631803E-05	0.00020438343	0.0003439979	0.00117861063	0	1	
		Number Scheduled	Resource	1	0	0	1	1	1	1	
	Consentiment o Plano Alogenico.Qu eue	Number Waiting	Queue	0.6149273643	0.1697751195	0.454666120438	0	2.1523665096	0	8	
		Consentiment o Plano Autologo.Que ue	Number Waiting	Queue	0.6296317171	0.1694110796	0.453691203676	0.0544820793	1.97489620452	0	9
		Consentiment o SUS Alogenico.Qu eue	Number Waiting	Queue	0.0028282522	0.0012729881	0.003409124759	0	0.01312027082	0	2
	Consentiment o SUS Autologo.Que ue	Number Waiting	Queue	0.0126286705	0.0042616279	0.011412849168	0	0.03914535203	0	6	
		Enfermagem_ Especializada	Instantaneous Utilization	Resource	0.0007689984	1.394523E-05	3.73460153E-05	0.000671367	0.00083848013	0	0.333333
		Number Busy	Resource	0.0046139904	8.367139E-05	0.000224076092	0.0040282019	0.0050308808	0	2	
		Number Scheduled	Resource	6	0	0	6	6	6	6	6
	Equipe_Medic a	Instantaneous Utilization	Resource	0.0061616961	0.0002539782	0.000680166052	0.0049450319	0.00767141354	0	1	
		Number Busy	Resource	0.0246467843	0.0010159127	0.002720664206	0.0197801276	0.03068565415	0	4	
	Equipe_REDO ME	Number Scheduled	Resource	4	0	0	4	4	4	4	4
		Instantaneous Utilization	Resource	0.1563774449	0.0102455021	0.027437958621	0.1010299215	0.20809915731	0	1	

Output Statistics
(Reports End of
Replication Value)

TMO - modelo final com
gargalo de consentimento
plano/SUS

Consentimento Plano Alogenico.Queue	Wait Time Per Entity	Process	7733.70703	No	1663.3525893	4372.87472922445	847.5826394	17218.93208	0	22872.2381194688	5.7241379	
				No	1663.3525893	4372.87472922445	847.5826394	17218.93208	0	22872.2381194688	5.7241379	
Consentimento Plano Autologo	Total Time Per Entity	Process	6124.29733	Yes	852.95819256	2284.26399193449	2780.241718	12722.01172	784.369244	22861.0044192783	9.2666667	
	VA Time Per Entity	Process	1692.83067	Yes	65.984870574	176.710728825628	1353.28959	2080.162394	784.369244	2821.71249675104	9.2666667	
	Wait Time Per Entity	Process	4431.46666	Yes	851.21271796	2279.5895250916	980.6774274	10937.88667	0	20752.5945648879	9.2666667	
Consentimento Plano Autologo.Queue	Waiting Time	Queue	4431.46666	Yes	851.21271796	2279.5895250916	980.6774274	10937.88667	0	20752.5945648879	9.2666667	
Consentimento SUS Alogenico	Total Time Per Entity	Process	415.05972	Yes	10.048354782	26.909988328995	368.9819078	484.7792569	180.688784	1054.88712893925	18.4	
	VA Time Per Entity	Process	403.930163	Yes	8.0254737936	21.4926135475625	367.7691218	446.0146898	180.688784	673.433019153217	18.4	
	Wait Time Per Entity	Process	11.1295572	Yes	5.2271057361	13.9984462534549	0	59.04121871	0	474.093342315196	18.4	
Consentimento SUS Alogenico.Queue	Waiting Time	Queue	11.1295572	Yes	5.2271057361	13.9984462534549	0	59.04121871	0	474.093342315196	18.4	
Consentimento SUS Autologo	Total Time Per Entity	Process	441.738841	Yes	13.699464674	36.6878401978385	375.4970178	522.9949646	180.32282	1016.16789138268	26.8	
	VA Time Per Entity	Process	408.300358	Yes	8.40455482	22.5078111809481	370.6456877	454.0536173	174.244267	710.390155067477	26.8	
	Wait Time Per Entity	Process	33.4384834	Yes	10.747942271	28.7835180341506	0	99.47810065	0	575.614961899756	26.8	
Consentimento SUS Autologo.Queue	Waiting Time	Queue	33.4384834	Yes	10.747942271	28.7835180341506	0	99.47810065	0	575.614961899756	26.8	
Exames HLA Crossmatch	Total Time Per Entity	Process	1792.15579	Yes	208.24176642	557.681692730209	940.5237142	3034.907645	386.705427	4666.12459634774	41	
	VA Time Per Entity	Process	730.845993	Yes	8.4608282307	22.6585141427094	690.1401696	783.0460965	369.116693	1073.70806536978	41	
	Wait Time Per Entity	Process	1061.3098	Yes	206.397777975	552.743405731706	201.1779747	2261.111172	0	3963.24149297557	41	
Exames HLA Crossmatch.Queue	Waiting Time	Queue	1061.3098	Yes	206.397777975	552.743405731706	201.1779747	2261.111172	0	3963.24149297557	41	
Infusao Transplante	Total Time Per Entity	Process	5.53678851	Yes	0.1004056653	0.26889131005399	4.833842253	6.037056958	0.69579015	11.9298318235615	60	
	VA Time Per Entity	Process	5.53678851	Yes	0.1004056653	0.26889131005399	4.833842253	6.037056958	0.69579015	11.9298318235615	60	
	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	0	0	0	0	0	0	60	
Infusao Transplante.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	0	0	0	0	0	0	60	
Internacao Condicionamento Alogenico	Total Time Per Entity	Process	526.978117	Yes	5.703802816	15.2750644794409	486.6933649	550.6675572	371.393457	953.347961034819	23.933333	
	VA Time Per Entity	Process	524.941385	Yes	6.1270604421	16.4085692198919	486.6933649	550.6675572	371.393457	719.768112984768	23.933333	
	Wait Time Per Entity	Process	2.03673182	Yes	2.156777853	5.77595717008656	0	28.816927	0	462.543139576739	23.933333	
Internacao Condicionamento Alogenico.Queue	Waiting Time	Queue	2.03673182	Yes	2.156777853	5.77595717008656	0	28.816927	0	462.543139576739	23.933333	
Internacao Condicionamento Autologo	Total Time Per Entity	Process	534.707939	Yes	7.5167412801	20.1302028545197	505.146338	596.6001245	365.52088	1050.25235095555	36.066667	
	VA Time Per Entity	Process	529.313409	Yes	4.880332091	13.0697693759734	505.146338	551.8592814	365.52088	710.488976815055	36.066667	

	Number Busy	Resource	0.7818872244	0.0512275106	0.137189793107	0.5051496073	1.04049578655	0	5
	Number Scheduled	Resource	5	0	0	5	5	5	5
Exames HLA Crossmatch.Q Number ueue	Waiting	Queue	0.6140719286	0.1252290758	0.335369624245	0.1005889874	1.1933642296	0	11
Infusao Transplante.Q Number ueue	Waiting	Queue	0	0	0	0	0	0	0
Internacao Condicionamento Alogenico.Q Number ueue	Waiting	Queue	0.0006598485	0.0006304348	0.001688335273	0	0.00760446685	0	2
Internacao Condicionamento Autologo.Q Number ueue	Waiting	Queue	0.0025504945	0.0020422358	0.005469208012	0	0.02323244677	0	6
Laboratorio_H LA	Instantaneous Utilization	Resource	0.21355218	0.0104883524	0.028088323648	0.1333468503	0.27272460798	0	1
	Number Busy	Resource	0.42710436	0.0209767048	0.056176647296	0.2666937007	0.54544921596	0	2
	Number Scheduled	Resource	2	0	0	2	2	2	2
Leito_Isolamento	Instantaneous Utilization	Resource	0.054944476	0.0003959633	0.001060409294	0.0528744069	0.05701363818	0	1
	Number Busy	Resource	0.4395558081	0.0031677067	0.008483274353	0.4229952552	0.45610910543	0	8
	Number Scheduled	Resource	8	0	0	8	8	8	8
Maquina_Aferese	Instantaneous Utilization	Resource	0.0076758255	0.0001698564	0.000454883832	0.0067133015	0.00866503606	0	1
	Number Busy	Resource	0.0076758255	0.0001698564	0.000454883832	0.0067133015	0.00866503606	0	1
	Number Scheduled	Resource	1	0	0	1	1	1	1
Paciente	WIP	Entity	6.9001993927	0.4272287237	1.14413953518	4.3413436583	9.38649046015	0	56
Processamento Criopreservacao.Queue	Number Waiting	Queue	0.6272773141	0.1171502708	0.313734187292	0.1089312469	1.36023555512	0	15
Processamento Doador.Queue	Number Waiting	Queue	0.3308903627	0.0609365524	0.163191084545	0.0736747853	0.66118373359	0	9
Puncao Autologa.Queue	Number Waiting	Queue	1.844056E-06	3.194119E-06	8.55400674E-06	0	4.628518E-05	0	1
Puncao Doador.Queue	Number Waiting	Queue	8.151817E-07	1.667234E-06	4.46493429E-06	0	2.4455452E-05	0	1
Sincronizacao Paciente Doador.Queue	Number Waiting	Queue	2.4346499169	0.2642852486	0.707768894456	0.8943799415	4.0421358041	0	25
Token_Doador	WIP	Entity	3.3985306267	0.2967226932	0.794637966587	1.7288222154	5.1694530603	0	27
Transporte Criogenico.Q Number ueue	Number Waiting	Queue	0.0021204017	0.0007080742	0.001896257495	0.0001953626	0.00834112719	0	5
Transporte_Criogenico	Instantaneous Utilization	Resource	0.0109914918	0.0006725721	0.001801181253	0.0082431931	0.01407422061	0	1
	Number Busy	Resource	0.0109914918	0.0006725721	0.001801181253	0.0082431931	0.01407422061	0	1
	Number Scheduled	Resource	1	0	0	1	1	1	1

Internacao Condicionamento Autologo.Queue	Wait Time Per Entity	Process	5.39452958	Yes	4.3840339765	11.7406586151195	0	50.68897476	0	420.058285535641	36.066667
	Waiting Time	Queue	5.39452958	Yes	4.3840339765	11.7406586151195	0	50.68897476	0	420.058285535641	36.066667
Paciente	NVA Time	Entity	2850.74702	Yes	38.312504692	102.60277194194	2578.267501	3033.966991	740.165076	5006.24776172973	60
	Other Time	Entity	0	Yes	0	0	0	0	0	0	60
	Total Time	Entity	8278.07587	Yes	512.647771402	1372.89579241375	5207.758333	11261.98628	2179.85325	32499.3134674696	60
	Transfer Time	Entity	0	Yes	0	0	0	0	0	0	60
	VA Time	Entity	2753.71292	Yes	80.078735767	214.454793008494	2353.045272	3162.091407	675.299207	14455.360046555	60
Preparacao Fisica Autologo	Wait Time	Entity	6749.68929	Yes	798.8496489	2139.35865071542	2066.657959	10812.59818	0	53156.2863178663	60
	Total Time Per Entity	Process	721.073435	Yes	10.327283667	27.6569736020524	662.5737539	767.8280628	367.535512	1065.62953389475	36.066667
	NVA Time Per Entity	Process	721.073435	Yes	10.327283667	27.6569736020524	662.5737539	767.8280628	367.535512	1065.62953389475	36.066667
	Total Time Per Entity	Process	1276.3682	Yes	233.38471548	625.015746955278	220.4615824	2590.898515	6.98910965	4072.32753859175	36.066667
	VA Time Per Entity	Process	13.921552	Yes	0.2478149649	0.66366066468177	12.54777025	15.64305249	6.39473316	23.3100816113165	36.066667
Processamento Criopreservacao.Queue	Wait Time Per Entity	Process	1262.44665	Yes	233.46334183	625.226312185511	206.3960468	2577.28842	0	4061.51430021791	36.066667
	Waiting Time	Queue	1262.44665	Yes	233.46334183	625.226312185511	206.3960468	2577.28842	0	4061.51430021791	36.066667
Processamento Doador	Total Time Per Entity	Process	987.165158	Yes	157.31269206	421.291126656491	309.4598562	1829.256168	6.19655955	4218.71965211418	23.933333
	VA Time Per Entity	Process	14.0716106	Yes	0.2991419691	0.80111690632637	12.15804279	15.67622872	6.19655955	23.2188084434165	23.933333
	Wait Time Per Entity	Process	973.093548	Yes	157.37981431	421.47088334817	294.6991412	1815.856979	0	4205.09858115258	23.933333
Processamento Doador.Queue	Waiting Time	Queue	973.093548	Yes	157.37981431	421.47088334817	294.6991412	1815.856979	0	4205.09858115258	23.933333
Puncao Autologa	Total Time Per Entity	Process	4.6467727	Yes	0.2318174615	0.62081856371709	3.576748087	6.08398607	2.23216282	7.7766410292752	6.566667
	VA Time Per Entity	Process	4.62780527	Yes	0.2326442477	0.6230327376837	3.576748087	6.08398607	2.23216282	7.7766410292752	6.566667
	Wait Time Per Entity	Process	0.01896743	Yes	0.0328537914	0.08798406928703	0	0.47607614	0	3.33253297947522	6.566667
Puncao Autologa.Queue	Waiting Time	Queue	0.01896743	Yes	0.0328537914	0.08798406928703	0	0.47607614	0	3.33253297947522	6.566667
Puncao Doador	Total Time Per Entity	Process	4.48762586	Yes	0.2507161488	0.6714301777789	2.974681826	5.842556383	2.39791253	7.47457610343372	4.266667
	VA Time Per Entity	Process	4.46806149	Yes	0.24830244	0.6649661468788	2.974681826	5.842556383	2.39791253	7.47457610343372	4.266667
	Wait Time Per Entity	Process	0.01956436	Yes	0.0400136127	0.10715842288666	0	0.586930854	0	1.76079256325102	4.266667
Puncao Doador.Queue Sincronizacao Paciente Doador.Queue	Waiting Time	Queue	0.01956436	Yes	0.0400136127	0.10715842288666	0	0.586930854	0	1.76079256325102	4.266667
Transporte Criogenico	Waiting Time	Queue	3661.63572	Yes	360.2018534	964.638279718843	1399.899039	5501.677955	0	29513.5428732177	47.866667
	Total Time Per Entity	Process	39.3551054	Yes	2.6820446671	7.18264753338669	28.10347515	61.94626298	4.60731252	166.726586150638	23.933333
	VA Time Per Entity	Process	33.06881	Yes	1.0907733785	2.92114475663754	27.46410674	38.61275208	4.60731252	70.9827861348431	23.933333
Transporte Criogenico.Queue Tratamento Previo Alogenico	Wait Time Per Entity	Process	6.28629534	Yes	2.1138864696	5.66109193586579	0.639368415	27.29823444	0	147.214241762045	23.933333
	Waiting Time	Queue	6.28629534	Yes	2.1138864696	5.66109193586579	0.639368415	27.29823444	0	147.214241762045	23.933333
	Total Time Per Entity	Process	2424.62632	Yes	53.574878299	143.476159133659	2120.841092	2687.448246	740.165076	4256.58742072499	23.933333
Tratamento Previo Autologo	NVA Time Per Entity	Process	2424.62632	Yes	53.574878299	143.476159133659	2120.841092	2687.448246	740.165076	4256.58742072499	23.933333
	Total Time Per Entity	Process	2415.26469	Yes	50.683875089	135.733910345366	2221.157068	2675.991548	814.15461	4268.18217531911	36.066667
	NVA Time Per Entity	Process	2415.26469	Yes	50.683875089	135.733910345366	2221.157068	2675.991548	814.15461	4268.18217531911	36.066667

Name	Type	Source	Average Across Replications	Half-Width	Overall StDev Across Replications	Min Replication Value	Max Replication Value
System.NumberOut	Number Out	System	60	0	0	60	60
Administrativo_Plano.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	14.8	1.2026004669	3.2206232	8	22
Administrativo_Plano.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0.34317829	0.0265041304	0.0709794	0.181305681	0.49886387059
Administrativo_SUS.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	45.2	1.2026004669	3.2206232	38	52
Administrativo_SUS.ScheduleUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0.08480246	0.0022277516	0.005966	0.070404537	0.09884330071
Aferese Autologa Accum VA Time	Accum VA Time	Process	329.761297	13.847593938	37.084538	260.8985688	400.548965581
Aferese Autologa Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	4.9769215	2.4350345547	6.5211423	0	19.920010774
Aferese Autologa Number In	Number In	Process	29.5	1.0412517043	2.7885233	25	35
Aferese Autologa Number Out	Number Out	Process	29.5	1.0412517043	2.7885233	25	35
Aferese Doador Accum VA Time	Accum VA Time	Process	222.898141	12.570164688	33.663519	154.1055809	287.09274681
Aferese Doador Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	2.70288727	1.7158936033	4.5952475	0	16.6130471479
Aferese Doador Number In	Number In	Process	19.6666667	1.0756981546	2.8807726	14	27
Aferese Doador Number Out	Number Out	Process	19.6666667	1.0756981546	2.8807726	14	27
Avaliacao Clinica Doador Accum VA Time	Accum VA Time	Process	1043.90858	67.857455875	181.7256	759.0461351	1405.01378142
Avaliacao Clinica Doador Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	0	0	0	0
Avaliacao Clinica Doador Number In	Number In	Process	30.3666667	1.6481391078	4.4137976	21	38
Avaliacao Clinica Doador Number Out	Number Out	Process	30.3666667	1.6481391078	4.4137976	21	38
Avaliacao Indicacao Accum VA Time	Accum VA Time	Process	730.659887	15.016531221	40.215009	624.3054063	804.353317685
Avaliacao Indicacao Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	0	0	0	0
Avaliacao Indicacao Number In	Number In	Process	60	0	0	60	60
Avaliacao Indicacao Number Out	Number Out	Process	60	0	0	60	60
Busca Ampliada Incompatibilidade Accum VA Time	Accum VA Time	Process	38886.5484	3131.4377269	8386.1443	23788.61394	56089.6377939
Busca Ampliada Incompatibilidade Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	12896.8476	5704.4849742	15276.891	0	65862.2656823
Busca Ampliada Incompatibilidade Number In	Number In	Process	22.93333333	1.6289191674	4.3623256	15	32
Busca Ampliada Incompatibilidade Number Out	Number Out	Process	22.93333333	1.6289191674	4.3623256	15	32
Busca REDOME REREME Accum VA Time	Accum VA Time	Process	17409.3318	988.85855079	2648.2118	12582.15778	23972.1838988

Busca REDOME REREME Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	12475.6267	3989.0469123	10682.864	391.8658382	38383.2513855	
Busca REDOME REREME Number In	Number In	Process	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18	30	
Busca REDOME REREME Number Out	Number Out	Process	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18	30	
Centro_Cirurgico.NumberSeiz ed	Total Number Seized	Resource	10.8333333	1.019475551	2.7302057	6	17	
Centro_Cirurgico.ScheduledU tilization	Scheduled Utilization	Resource	0.00069962	7.631803E-05	0.0002044	0.000343998	0.00117861063	
Consentimento Plano Alogenico Accum VA Time	Accum VA Time	Process	9145.13873	1325.9954663	3551.0811	0	15875.9089628	
Consentimento Plano Alogenico Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	44274.7702	12223.808607	32735.961	0	154970.388691	
Consentimento Plano Alogenico Number In	Number In	Process	5.53333333	0.7950423771	2.1291626	0	9	
Consentimento Plano Alogenico Number Out	Number Out	Process	5.53333333	0.7950423771	2.1291626	0	9	
Consentimento Plano Autologo Accum VA Time	Accum VA Time	Process	15563.6982	1689.1965467	4523.7514	7729.905506	26139.3487379	
Consentimento Plano Autologo Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	45333.4836	12197.597734	32665.767	3922.70971	142192.526725	
Consentimento Plano Autologo Number In	Number In	Process	9.26666667	0.9802856312	2.6252531	4	14	
Consentimento Plano Autologo Number Out	Number Out	Process	9.26666667	0.9802856312	2.6252531	4	14	
Consentimento SUS Alogenico Accum VA Time	Accum VA Time	Process	7405.94039	522.0476151	1398.0692	3707.246703	9927.72015765	
Consentimento SUS Alogenico Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	203.634158	91.65514364	245.45698	0	944.65949935	
Consentimento SUS Alogenico Number In	Number In	Process	18.4	1.3644264395	3.6540011	9	25	
Consentimento SUS Alogenico Number Out	Number Out	Process	18.4	1.3644264395	3.6540011	9	25	
Consentimento SUS Autologo Accum VA Time	Accum VA Time	Process	10911.39	449.11684891	1202.757	8546.362856	13363.2520019	
Consentimento SUS Autologo Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	909.264274	306.83721004	821.72514	0	2818.46534601	
Consentimento SUS Autologo Number In	Number In	Process	26.8	1.226353922	3.2842361	21	32	
Consentimento SUS Autologo Number Out	Number Out	Process	26.8	1.226353922	3.2842361	21	32	
Enfermagem_Especializada.N umberSeized	Total Number Seized	Resource	60	0	0	60	60	
Enfermagem_Especializada.Sc heduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0.000769	1.394523E-05	3.735E-05	0.000671367	0.00083848013	
Equipe_Medica.NumberSeize d	Total Number Seized	Resource	90.3666667	1.6481391078	4.4137976	81	98	
Equipe_Medica.ScheduledUtil ization	Scheduled Utilization	Resource	0.0061617	0.0002539782	0.0006802	0.004945032	0.00767141354	
Equipe_REDOME.NumberSeiz ed	Total Number Seized	Resource	46.8666667	2.5790918079	6.9069347	33	62	
Equipe_REDOME.ScheduledU tilization	Scheduled Utilization	Resource	0.15637744	0.0102455021	0.027438	0.101029921	0.20809915731	
Exames HLA Crossmatch Accum VA Time	Accum VA Time	Process	29913.7199	1512.0881112	4049.4463	18338.11564	38435.4248283	

Exames HLA Crossmatch Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	44213.1789	9016.4934558	24146.613	7242.40709	85922.2245309		
Exames HLA Crossmatch Number In	Number In	Process	41	2.2123627683	5.9248163		25		54
Exames HLA Crossmatch Number Out	Number Out	Process	41	2.2123627683	5.9248163		25		54
Infusao Transplante Accum VA Time	Accum VA Time	Process	332.207311	6.0243399177	16.133479	290.0305352	362.223417462		
Infusao Transplante Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	0	0	0	0		0
Infusao Transplante Number In	Number In	Process	60	0	0	60			60
Infusao Transplante Number Out	Number Out	Process	60	0	0	60			60
Internacao Condicionamento Alogenico Accum VA Time	Accum VA Time	Process	12566.9172	673.64827062	1804.0632	9377.194856	15697.3166753		
Internacao Condicionamento Alogenico Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	47.5090936	45.391302121	121.56014	0	547.521612977		
Internacao Condicionamento Alogenico Number In	Number In	Process	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18			30
Internacao Condicionamento Alogenico Number Out	Number Out	Process	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18			30
Internacao Condicionamento Autologo Accum VA Time	Accum VA Time	Process	19081.101	636.94054427	1705.7581	15260.73349	22531.3280353		
Internacao Condicionamento Autologo Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	183.635604	147.04098012	393.78298	0	1672.73616719		
Internacao Condicionamento Autologo Number In	Number In	Process	36.0666667	1.2362461326	3.3107279	30			42
Internacao Condicionamento Autologo Number Out	Number Out	Process	36.0666667	1.2362461326	3.3107279	30			42
Laboratorio_HLA.NumberSeiz ed	Total Number Seized	Resource	101	2.2123627683	5.9248163	85			114
Laboratorio_HLA.ScheduledU tilization	Scheduled Utilization	Resource	0.21355218	0.0104883524	0.0280883	0.13334685	0.27272460798		
Leito_Isolamento.NumberSei zed	Total Number Seized	Resource	60	0	0	60			60
Leito_Isolamento.ScheduledU tilization	Scheduled Utilization	Resource	0.05494448	0.0003959633	0.0010604	0.052874407	0.05701363818		
Maquina_Aferese.NumberSei zed	Total Number Seized	Resource	49.1666667	1.019475551	2.7302057	43			54
Maquina_Aferese.Scheduled Utilization	Scheduled Utilization	Resource	0.00767583	0.0001698564	0.0004549	0.006713301	0.00866503606		
Paciente.NumberIn	Number In	Entity	107.866667	2.4724922652	6.6214559	96			120
Paciente.NumberOut	Number Out	Entity	107.866667	2.4724922652	6.6214559	96			120
Preparacao Fisica Autologo Accum NVA Time	Accum NVA Time	Process	26045.7576	1088.8635544	2916.0302	20551.9666	30713.1225104		
Preparacao Fisica Autologo Number In	Number In	Process	36.0666667	1.2362461326	3.3107279	30			42
Preparacao Fisica Autologo Number Out	Number Out	Process	36.0666667	1.2362461326	3.3107279	30			42
Processamento Criopreservacao Accum VA Time	Accum VA Time	Process	501.862907	18.564799536	49.717446	422.3411728	598.137934679		
Processamento Criopreservacao Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	45163.9666	8434.8195009	22588.861	7843.049778	97936.9599684		
Processamento Criopreservacao Number In	Number In	Process	36.0666667	1.2362461326	3.3107279	30			42
Processamento Criopreservacao Number Out	Number Out	Process	36.0666667	1.2362461326	3.3107279	30			42
Processamento Doador Accum VA Time	Accum VA Time	Process	335.931099	16.328027709	43.727261	239.9321367	412.950762858		
Processamento Doador Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	23824.1061	4387.4317752	11749.758	5304.584541	47605.2288183		
Processamento Doador Number In	Number In	Process	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18			30
Processamento Doador Number Out	Number Out	Process	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18			30
Puncao Autologa Accum VA Time	Accum VA Time	Process	30.7232719	4.5068674089	12.069613	14.15118806	64.5481605624		
Puncao Autologa Accum Wait Time	Accum Wait T	Process	0.13277202	0.2299765399	0.6158885	0	3.33253297948		
Puncao Autologa Number In	Number In	Process	6.56666667	0.8007668767	2.1444931	3			12

Puncao Autologa Number Out	Number Out	Process	6.56666667	0.8007668767	2.1444931	3	12
Puncao Doador Accum VA Tim	Accum VA Tim	Process	19.6496969	4.4160499174	11.826399	2.974681826	52.2740802292
Puncao Doador Accum Wait Ti	Accum Wait Ti	Process	0.05869309	0.1200408381	0.3214753	0	1.76079256325
Puncao Doador Number In	Number In	Process	4.26666667	0.8767210055	2.347902	1	11
Puncao Doador Number Out	Number Out	Process	4.26666667	0.8767210055	2.347902	1	11
Token_Doador.NumberIn	Number In	Entity	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18	30
Token_Doador.NumberOut	Number Out	Entity	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18	30
Transporte Criogenico Accum	Accum VA Tim	Process	791.387413	48.425193591	129.68505	593.5099041	1013.34388375
Transporte Criogenico Accum	Accum Wait Ti	Process	152.668921	50.981341355	136.53054	14.06610512	600.561157776
Transporte Criogenico Numbe	Number In	Process	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18	30
Transporte Criogenico Numbe	Number Out	Process	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18	30
Transporte_Criogenico.Numbe	Total Number	'Resource	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18	30
Transporte_Criogenico.Schedu	Scheduled Utili	Resource	0.01099149	0.0006725721	0.0018012	0.008243193	0.01407422061
Tratamento Previo Alogenico	Accum NVA Ti	Process	58001.5339	3165.6974594	8477.8935	42416.82185	77935.9991453
Tratamento Previo Alogenico	Number In	Process	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18	30
Tratamento Previo Alogenico	Number Out	Process	23.9333333	1.2362461326	3.3107279	18	30
Tratamento Previo Autologo	Accum NVA Ti	Process	86997.5299	3074.4582444	8233.5504	68489.70643	105334.896438
Tratamento Previo Autologo N	Number In	Process	36.0666667	1.2362461326	3.3107279	30	42
Tratamento Previo Autologo	Number Out	Process	36.0666667	1.2362461326	3.3107279	30	42

ANEXO C – Resultado da Simulação – Cenário To Be

Discrete-Time
Statistics
(Tally)

Project Name	Name	Type	Source	Average Of Replication Averages	Observ ed=Req uested	Half-Width	StDev Of Replication Averages	Minimum Replication Average	Maximum Replication Average	Overall Min Value	Overall Max Value	Avg Observatio ns Per Replication	
TMO - cenário ideal sem gargalos principais	Aferese Autologa	Total Time Per Entity	Process	10.9487264	Yes	Insufficient		0	10.948726447	10.94872645	6.85595447	22.6371746111363	22
		VA Time Per Entity	Process	10.9487264	Yes	Insufficient		0	10.948726447	10.94872645	6.85595447	22.6371746111363	22
		Wait Time Per Entity	Process		0	Yes	Insufficient		0	0	0	0	22
	Aferese Autologa.Queue	Waiting Time	Queue		0	Yes	Insufficient		0	0	0	0	22
	Aferese Doador	Total Time Per Entity	Process	11.3882896	Yes	Insufficient		0	11.388289596	11.3882896	5.37486095	19.8498633013669	27
		VA Time Per Entity	Process	11.2841111	Yes	Insufficient		0	11.284111121	11.28411112	5.37486095	19.8498633013669	27
		Wait Time Per Entity	Process	0.10417848	Yes	Insufficient		0	0.1041784755	0.104178475	0	2.8128188383107	27
	Aferese Doador.Queue	Waiting Time	Queue	0.10417848	Yes	Insufficient		0	0.1041784755	0.104178475	0	2.8128188383107	27
	Avaliacao Clinica Doador	Total Time Per Entity	Process	29.1372348	Yes	Insufficient		0	29.137234779	29.13723478	11.3809516	52.5953446897406	40
		VA Time Per Entity	Process	29.1372348	Yes	Insufficient		0	29.137234779	29.13723478	11.3809516	52.5953446897406	40
		Wait Time Per Entity	Process		0	Yes	Insufficient		0	0	0	0	40
	Avaliacao Clinica Doador.Queue	Waiting Time	Queue		0	Yes	Insufficient		0	0	0	0	40
	Avaliacao Indicacao	Total Time Per Entity	Process	12.5234995	Yes	Insufficient		0	12.523499521	12.52349952	5.06920275	23.3450298482371	60
		VA Time Per Entity	Process	12.5234995	Yes	Insufficient		0	12.523499521	12.52349952	5.06920275	23.3450298482371	60
		Wait Time Per Entity	Process		0	Yes	Insufficient		0	0	0	0	60
	Avaliacao Indicacao.Queue	Waiting Time	Queue		0	Yes	Insufficient		0	0	0	0	60

Continuous-Time
Statistics (Time
Persistent)

Project Name	Name	Type	Source
TMO - cenário ideal sem gargalos principais	Administrativ o_Plano	Instantaneous Utilization	Resource
		Number Busy	Resource
		Number Scheduled	Resource
	Administrativ o_SUS	Instantaneous Utilization	Resource
		Number Busy	Resource
		Number Scheduled	Resource
	Aferese Autologa.Que	Number Waiting	Queue
	Aferese Doador.Queu e	Number Waiting	Queue
	Avaliacao Clinica Doador.Queu e	Number Waiting	Queue
	Avaliacao Indicacao.Que ue	Number Waiting	Queue
	Busca Ampliada Incompatibilid ade.Queue	Number Waiting	Queue
	Busca REDOME REREME.Queu e	Number Waiting	Queue
	Centro_Cirurg ico	Instantaneous Utilization	Resource
		Number Busy	Resource
		Number Scheduled	Resource
	Consentiment o Plano Alogenico.Qu eue	Number Waiting	Queue

Busca Ampliada Incompatibilidade	Total Time Per Entity	Process	789.663064	Yes	Insufficient	0	789.6630641	789.6630641	332.728497	1321.01589433145	34	Consentimento Plano Autologo.Queue	Number Waiting	Queue
	VA Time Per Entity	Process	789.663064	Yes	Insufficient	0	789.6630641	789.6630641	332.728497	1321.01589433145	34	Consentimento SUS Alogenico.Queue	Number Waiting	Queue
	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	34	Consentimento SUS Autologo.Queue	Number Waiting	Queue
Busca Ampliada Incompatibilidade.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	34	Enfermagem Especializada	Instantaneous Utilization	Resource
Busca REDOME REREME	Total Time Per Entity	Process	352.233442	Yes	Insufficient	0	352.23344219	352.2334422	130.099377	679.08741688883	32		Number Busy	Resource
	VA Time Per Entity	Process	352.233442	Yes	Insufficient	0	352.23344219	352.2334422	130.099377	679.08741688883	32		Number Scheduled	Resource
	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	32	Equipe_Medicina	Instantaneous Utilization	Resource
Busca REDOME REREME.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	32		Number Busy	Resource
Consentimento Plano Alogenico	Total Time Per Entity	Process	372.799605	Yes	Insufficient	0	372.79960483	372.7996048	287.021073	584.65805802566	8		Number Scheduled	Resource
	VA Time Per Entity	Process	372.799605	Yes	Insufficient	0	372.79960483	372.7996048	287.021073	584.65805802566	8	Equipe_REDO ME	Instantaneous Utilization	Resource
	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	8		Number Busy	Resource
Consentimento Plano Alogenico.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	8		Number Scheduled	Resource
Consentimento Plano Autologo	Total Time Per Entity	Process	413.684467	Yes	Insufficient	0	413.68446677	413.6844668	220.70853	645.882739440232	12	Exames HLA Crossmatch.Queue	Number Waiting	Queue
	VA Time Per Entity	Process	413.684467	Yes	Insufficient	0	413.68446677	413.6844668	220.70853	645.882739440232	12		Number Waiting	Queue
	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	12		Number Waiting	Queue
Consentimento Plano Autologo.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	12	Internacao Condicionamento Autologo.Queue	Number Waiting	Queue
Consentimento SUS Alogenico	Total Time Per Entity	Process	182.34747	Yes	Insufficient	0	182.34746972	182.3474697	100.615724	326.394926258252	24	Laboratorio_HLA	Instantaneous Utilization	Resource
	VA Time Per Entity	Process	182.34747	Yes	Insufficient	0	182.34746972	182.3474697	100.615724	326.394926258252	24		Number Busy	Resource

	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	24		Number Scheduled	Resource
Consentimento SUS Alogenico.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	24	Leito_Isolamento	Instantaneous Utilization	Resource
Consentimento SUS Autologo	Total Time Per Entity	Process	187.452582	Yes	Insufficient	0	187.45258209	187.4525821	102.395859	256.942735012418	16		Number Busy	Resource
	VA Time Per Entity	Process	187.452582	Yes	Insufficient	0	187.45258209	187.4525821	102.395859	256.942735012418	16		Number Scheduled	Resource
	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	16	Maquina_Aferese	Instantaneous Utilization	Resource
Consentimento SUS Autologo.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	16		Number Busy	Resource
Exames HLA Crossmatch	Total Time Per Entity	Process	407.027619	Yes	Insufficient	0	407.02761861	407.0276186	200.415397	683.026404149354	59		Number Scheduled	Resource
	VA Time Per Entity	Process	398.632578	Yes	Insufficient	0	398.63257773	398.6325777	200.415397	683.026404149354	59	Paciente	WIP	Entity
	Wait Time Per Entity	Process	8.39504088	Yes	Insufficient	0	8.3950408817	8.395040882	0	162.156596002185	59	Processamento Criopreservacao.Queue	Number Waiting	Queue
Exames HLA Crossmatch.Queue	Waiting Time	Queue	8.39504088	Yes	Insufficient	0	8.3950408817	8.395040882	0	162.156596002185	59	Processamento Doador.Queue	Number Waiting	Queue
Infusao Transplante	Total Time Per Entity	Process	5.95572853	Yes	Insufficient	0	5.9557285273	5.955728527	1.60180165	11.3876717029816	60	Puncao Autologa.Queue	Number Waiting	Queue
	VA Time Per Entity	Process	5.95572853	Yes	Insufficient	0	5.9557285273	5.955728527	1.60180165	11.3876717029816	60	Puncao Doador.Queue	Number Waiting	Queue
	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	60	Sincronizacao Paciente Doador.Queue	Number Waiting	Queue
Infusao Transplante.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	60	Token_Doador	WIP	Entity
Internacao Condicionamento Alogenico	Total Time Per Entity	Process	531.847075	Yes	Insufficient	0	531.847075	531.847075	373.442768	649.003288158868	32	Transporte Criogenico.Queue	Number Waiting	Queue
	VA Time Per Entity	Process	531.847075	Yes	Insufficient	0	531.847075	531.847075	373.442768	649.003288158868	32	Transporte_Criogenico	Instantaneous Utilization	Resource
	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	32		Number Busy	Resource
Internacao Condicionamento Alogenico.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	32		Number Scheduled	Resource

Internacao Condicionamento Autologo	Total Time Per Entity	Process	539.696404	Yes	Insufficient	0 539.69640367	539.6964037	381.302452	693.190236806158	28
	VA Time Per Entity	Process	539.696404	Yes	Insufficient	0 539.69640367	539.6964037	381.302452	693.190236806158	28
	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	28
Internacao Condicionamento Autologo.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	28
Paciente	NVA Time	Entity	2704.51423	Yes	Insufficient	0 2704.5142316	2704.514232	849.947693	4517.4687500989	60
	Other Time	Entity	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	60
	Total Time	Entity	3478.23175	Yes	Insufficient	0 3478.2317481	3478.231748	1629.5796	5717.93070728277	60
	Transfer Time	Entity	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	60
	VA Time	Entity	1882.49961	Yes	Insufficient	0 1882.4996113	1882.499611	599.201014	4220.64539019173	60
	Wait Time	Entity	518.570123	Yes	Insufficient	0 518.57012337	518.5701234	0	2634.86054963199	60
Preparacao Fisica Autologo	Total Time Per Entity	Process	724.902436	Yes	Insufficient	0 724.90243603	724.902436	404.442714	1014.24968915666	28
	NVA Time Per Entity	Process	724.902436	Yes	Insufficient	0 724.90243603	724.902436	404.442714	1014.24968915666	28
Processamento Criopreservacao	Total Time Per Entity	Process	9.49932841	Yes	Insufficient	0 9.4993284138	9.499328414	4.53551927	15.2906085841696	28
	VA Time Per Entity	Process	9.28580521	Yes	Insufficient	0 9.2858052124	9.285805212	4.53551927	14.0103109845704	28
	Wait Time Per Entity	Process	0.2135232	Yes	Insufficient	0 0.2135232014	0.213523201	0	5.97864963940083	28
Processamento Criopreservacao.Queue	Waiting Time	Queue	0.2135232	Yes	Insufficient	0 0.2135232014	0.213523201	0	5.97864963940083	28
Processamento Doador	Total Time Per Entity	Process	21.089793	Yes	Insufficient	0 21.089792997	21.089793	5.51782909	145.378830287495	32
	VA Time Per Entity	Process	9.68434817	Yes	Insufficient	0 9.6843481723	9.684348172	5.51782909	15.4305510061113	32
	Wait Time Per Entity	Process	11.4054448	Yes	Insufficient	0 11.405444825	11.40544482	0	137.382896617417	32
Processamento Doador.Queue	Waiting Time	Queue	11.4054448	Yes	Insufficient	0 11.405444825	11.40544482	0	137.382896617417	32
Puncao Autologa	Total Time Per Entity	Process	5.46888882	Yes	Insufficient	0 5.4688888153	5.468888815	3.68792935	7.08915058561615	6
	VA Time Per Entity	Process	5.46888882	Yes	Insufficient	0 5.4688888153	5.468888815	3.68792935	7.08915058561615	6

Puncao Autologa.Queue	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	6
	Waiting Time	Queue	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	6
Puncao Doador	Total Time Per Entity	Process	3.81733565	Yes	Insufficient	0 3.8173356476	3.817335648	2.19384535	4.64076723444032		5
Puncao Doador.Queue Sincronizacao Paciente Doador.Queue	VA Time Per Entity	Process	3.81733565	Yes	Insufficient	0 3.8173356476	3.817335648	2.19384535	4.64076723444032		5
	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	5
	Waiting Time	Queue	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	5
	Waiting Time	Queue	472.580223	Yes	Insufficient	0 472.58022324	472.5802232	0	2634.86054963199		64
Transporte Criogenico	Total Time Per Entity	Process	13.007993	Yes	Insufficient	0 13.007993014	13.00799301	3.38952778	22.4340013227647		32
	VA Time Per Entity	Process	13.007993	Yes	Insufficient	0 13.007993014	13.00799301	3.38952778	22.4340013227647		32
	Wait Time Per Entity	Process	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	32
Transporte Criogenico.Queue	Waiting Time	Queue	0	Yes	Insufficient	0	0	0	0	0	32
Tratamento Previo Alogenico	Total Time Per Entity	Process	2373.17052	Yes	Insufficient	0 2373.1705159	2373.170516	849.947693	3611.97484952326		32
	NVA Time Per Entity	Process	2373.17052	Yes	Insufficient	0 2373.1705159	2373.170516	849.947693	3611.97484952326		32
Tratamento Previo Autologo	Total Time Per Entity	Process	2358.29033	Yes	Insufficient	0 2358.2903279	2358.290328	839.835655	3639.47247599845		28
	NVA Time Per Entity	Process	2358.29033	Yes	Insufficient	0 2358.2903279	2358.290328	839.835655	3639.47247599845		28

Output Statistics (Reports End of Replication Value)															
Average Of Replication Averages	Half-Width	StDev Of Replication Averages	Min Replication Average	Max Replication Average	Overall Min Value	Overall Max Value	Project Name	Name	Type	Source	Average Across Replications	Half-Width	Overall StDev Across Replications	Min Replication Value	Max Replication Value
0.0275923974	Insufficient	0	0.0275923974	0.02759239736	0	1	TMO - cenário ideal sem gargalos principais	System.NumberOut	Number Out	System	60	NoCalc	0	60	60
0.1103695894	Insufficient	0	0.1103695894	0.11036958944	0	4		Administrativo_Plano.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	20	NoCalc	0	20	20
4	Insufficient	0	4	4	4	4		Administrativo_Plano.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0.0275924	NoCalc	0	0.027592397	0.027592397361
0.0256096548	Insufficient	0	0.0256096548	0.02560965482	0	1		Administrativo_SUS.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	40	NoCalc	0	40	40
0.1024386193	Insufficient	0	0.1024386193	0.10243861926	0	4		Administrativo_SUS.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0.02560965	NoCalc	0	0.025609655	0.025609654815
4	Insufficient	0	4	4	4	4		Aferese Autologa Accum VA Time	Accum VA Time	Process	240.871982	NoCalc	0	240.8719818	240.8719818303
0	Insufficient	0	0	0	0	0		Aferese Autologa Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	NoCalc	0	0	0
3.906693E-05	Insufficient	0	3.906693E-05	3.9066928E-05	0	1		Aferese Autologa Number In	Number In	Process	22	NoCalc	0	22	22
0	Insufficient	0	0	0	0	0		Aferese Autologa Number Out	Number Out	Process	22	NoCalc	0	22	22
0	Insufficient	0	0	0	0	0		Aferese Doador Accum VA Time	Accum VA Time	Process	304.671	NoCalc	0	304.6710003	304.6710002551
0	Insufficient	0	0	0	0	0	Aferese Doador Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	2.81281884	NoCalc	0	2.812818838	2.812818838311	
0	Insufficient	0	0	0	0	0	Aferese Doador Number In	Number In	Process	27	NoCalc	0	27	27	
0.0007208335	Insufficient	0	0.0007208335	0.00072083349	0	1	Aferese Doador Number Out	Number Out	Process	27	NoCalc	0	27	27	
0.0007208335	Insufficient	0	0.0007208335	0.00072083349	0	1	Avaliacao Clinica Doador Accum VA Time	Accum VA Time	Process	1165.48939	NoCalc	0	1165.489391	1165.48939115	
1	Insufficient	0	1	1	1	1	Avaliacao Clinica Doador Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	NoCalc	0	0	0	
0	Insufficient	0	0	0	0	0	Avaliacao Clinica Doador Number In	Number In	Process	40	NoCalc	0	40	40	

0	Insufficient	0	0	0	0	0	Avaliacao Clinica Doador Number Out	Number Out	Process	40	NoCalc	0	40	40
0	Insufficient	0	0	0	0	0	Avaliacao Indicacao Accum VA Time	Accum VA Time	Process	751.409971	NoCalc	0	751.4099713	751.409971268
0	Insufficient	0	0	0	0	0	Avaliacao Indicacao Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	NoCalc	0	0	0
0.0008271845	Insufficient	0	0.0008271845	0.00082718452	0	0.333333	Avaliacao Indicacao Number In	Number In	Process	60	NoCalc	0	60	60
0.0049631071	Insufficient	0	0.0049631071	0.00496310711	0	2	Avaliacao Indicacao Number Out	Number Out	Process	60	NoCalc	0	60	60
6	Insufficient	0	6	6	6	6	Busca Ampliada Incompatibilidade Accum VA Time	Accum VA Time	Process	26848.5442	NoCalc	0	26848.54418	26848.54417942
0.0066559006	Insufficient	0	0.0066559006	0.00665590056	0	0.75	Busca Ampliada Incompatibilidade Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	NoCalc	0	0	0
0.0266236023	Insufficient	0	0.0266236023	0.02662360226	0	3	Busca Ampliada Incompatibilidade Number In	Number In	Process	34	NoCalc	0	34	34
4	Insufficient	0	4	4	4	4	Busca Ampliada Incompatibilidade Number Out	Number Out	Process	34	NoCalc	0	34	34
0.0661805804	Insufficient	0	0.0661805804	0.06618058043	0	0.875	Busca REDOME REREME Accum VA Time	Accum VA Time	Process	11271.4702	NoCalc	0	11271.47015	11271.47015016
0.5294446435	Insufficient	0	0.5294446435	0.52944464347	0	7	Busca REDOME REREME Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	NoCalc	0	0	0
8	Insufficient	0	8	8	8	8	Busca REDOME REREME Number In	Number In	Process	32	NoCalc	0	32	32
0.0068792696	Insufficient	0	0.0068792696	0.00687926961	0	1	Busca REDOME REREME Number Out	Number Out	Process	32	NoCalc	0	32	32
0	Insufficient	0	0	0	0	0	Centro_Cirurgico.NumberSeiz ed	Total Number Seized	Resource	11	NoCalc	0	11	11
0	Insufficient	0	0	0	0	0	Centro_Cirurgico.ScheduledU tilization	Scheduled Utilization	Resource	0.00072083	NoCalc	0	0.000720833	0.000720833488
0	Insufficient	0	0	0	0	0	Consentimento Plano Alogenico Accum VA Time	Accum VA Time	Process	2982.39684	NoCalc	0	2982.396839	2982.396838606
0.0836431381	Insufficient	0	0.0836431381	0.0836431381	0	1	Consentimento Plano Alogenico Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	NoCalc	0	0	0
0.3345725524	Insufficient	0	0.3345725524	0.33457255241	0	4	Consentimento Plano Alogenico Number In	Number In	Process	8	NoCalc	0	8	8

4	Insufficient	0	4	4	4	4	Consentimento Plano Alogenico Number Out	Number Out	Process	8	NoCalc	0	8	8
0.0557823016	Insufficient	0	0.0557823016	0.05578230157	0	1	Consentimento Plano Autologo Accum VA Time	Accum VA Time	Process	4964.2136	NoCalc	0	4964.213601	4964.213601226
0.4462584125	Insufficient	0	0.4462584125	0.44625841254	0	8	Consentimento Plano Autologo Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	NoCalc	0	0	0
8	Insufficient	0	8	8	8	8	Consentimento Plano Autologo Number In	Number In	Process	12	NoCalc	0	12	12
0.0075769859	Insufficient	0	0.0075769859	0.00757698586	0	1	Consentimento Plano Autologo Number Out	Number Out	Process	12	NoCalc	0	12	12
0.0075769859	Insufficient	0	0.0075769859	0.00757698586	0	1	Consentimento SUS Alogenico Accum VA Time	Accum VA Time	Process	4376.33927	NoCalc	0	4376.339273	4376.339273322
1	Insufficient	0	1	1	1	1	Consentimento SUS Alogenico Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	NoCalc	0	0	0
2.9012199654	Insufficient	0	2.9012199654	2.90121996536	0	27	Consentimento SUS Alogenico Number In	Number In	Process	24	NoCalc	0	24	24
8.30368E-05	Insufficient	0	8.30368E-05	8.3036801E-05	0	1	Consentimento SUS Alogenico Number Out	Number Out	Process	24	NoCalc	0	24	24
0.0050690866	Insufficient	0	0.0050690866	0.00506908659	0	1	Consentimento SUS Autologo Accum VA Time	Accum VA Time	Process	2999.24131	NoCalc	0	2999.241313	2999.241313477
0	Insufficient	0	0	0	0	0	Consentimento SUS Autologo Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	NoCalc	0	0	0
0	Insufficient	0	0	0	0	0	Consentimento SUS Autologo Number In	Number In	Process	16	NoCalc	0	16	16
0.4200713095	Insufficient	0	0.4200713095	0.42007130955	0	7	Consentimento SUS Autologo Number Out	Number Out	Process	16	NoCalc	0	16	16
1.358820357	Insufficient	0	1.358820357	1.35882035703	0	15	Enfermagem_Especializada.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	60	NoCalc	0	60	60
0	Insufficient	0	0	0	0	0	Enfermagem_Especializada.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0.00082718	NoCalc	0	0.000827185	0.000827184518
0.0028906651	Insufficient	0	0.0028906651	0.00289066511	0	1	Equipe_Medica.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	100	NoCalc	0	100	100
0.0057813302	Insufficient	0	0.0057813302	0.00578133023	0	2	Equipe_Medica.ScheduledUtilization	Scheduled Utilization	Resource	0.0066559	NoCalc	0	0.006655901	0.006655900564
2	Insufficient	0	2	2	2	2	Equipe_REDOME.NumberSeized	Total Number Seized	Resource	66	NoCalc	0	66	66

Equipe_REDOME.ScheduledU tilization	Scheduled Utilization	Resource	0.06618058	NoCalc	0	0.06618058	0.066180580433
Exames HLA Crossmatch Accum VA Time	Accum VA Time	Process	23519.3221	NoCalc	0	23519.32209	23519.32208607
Exames HLA Crossmatch Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	495.307412	NoCalc	0	495.307412	495.3074120174
Exames HLA Crossmatch Number In	Number In	Process	59	NoCalc	0	59	59
Exames HLA Crossmatch Number Out	Number Out	Process	59	NoCalc	0	59	59
Infusao Transplante Accum VA Time	Accum VA Time	Process	357.343712	NoCalc	0	357.3437116	357.3437116361
Infusao Transplante Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	NoCalc	0	0	0
Infusao Transplante Number In	Number In	Process	60	NoCalc	0	60	60
Infusao Transplante Number Out	Number Out	Process	60	NoCalc	0	60	60
Internacao Condicionamento Alogenico Accum VA Time	Accum VA Time	Process	17019.1064	NoCalc	0	17019.1064	17019.10640002
Internacao Condicionamento Alogenico Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	NoCalc	0	0	0
Internacao Condicionamento Alogenico Number In	Number In	Process	32	NoCalc	0	32	32
Internacao Condicionamento Alogenico Number Out	Number Out	Process	32	NoCalc	0	32	32
Internacao Condicionamento Autologo Accum VA Time	Accum VA Time	Process	15111.4993	NoCalc	0	15111.4993	15111.49930263
Internacao Condicionamento Autologo Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	0	NoCalc	0	0	0
Internacao Condicionamento Autologo Number In	Number In	Process	28	NoCalc	0	28	28
Internacao Condicionamento Autologo Number Out	Number Out	Process	28	NoCalc	0	28	28
Laboratorio_HLA.NumberSeiz ed	Total Number Seized	Resource	119	NoCalc	0	119	119
Laboratorio_HLA.ScheduledU tilization	Scheduled Utilization	Resource	0.08364314	NoCalc	0	0.083643138	0.083643138103
Leito_Isolamento.NumberSeiz ed	Total Number Seized	Resource	60	NoCalc	0	60	60
Leito_Isolamento.ScheduledU tilization	Scheduled Utilization	Resource	0.0557823	NoCalc	0	0.055782302	0.055782301567
Maquina_Aferese.NumberSei zed	Total Number Seized	Resource	49	NoCalc	0	49	49

Maquina_Aferese.Scheduled Utilization	Scheduled Utilization	Resource	0.00757699	NoCalc	0	0.007576986	0.007576985862
Paciente.NumberIn	Number In	Entity	124	NoCalc	0	124	124
Paciente.NumberOut	Number Out	Entity	124	NoCalc	0	124	124
Preparacao Fisica Autologo Accum NVA Time	Accum NVA Time	Process	20297.2682	NoCalc	0	20297.26821	20297.26820891
Preparacao Fisica Autologo Number In	Number In	Process	28	NoCalc	0	28	28
Preparacao Fisica Autologo Number Out	Number Out	Process	28	NoCalc	0	28	28
Processamento Criopreservacao Accum VA Time	Accum VA Time	Process	260.002546	NoCalc	0	260.0025459	260.0025459461
Processamento Criopreservacao Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	5.97864964	NoCalc	0	5.978649639	5.978649639401
Processamento Criopreservacao Number In	Number In	Process	28	NoCalc	0	28	28
Processamento Criopreservacao Number Out	Number Out	Process	28	NoCalc	0	28	28
Processamento Doador Accum VA Time	Accum VA Time	Process	309.899142	NoCalc	0	309.8991415	309.8991415143
Processamento Doador Accum Wait Time	Accum Wait Time	Process	364.974234	NoCalc	0	364.9742344	364.9742343946
Processamento Doador Number In	Number In	Process	32	NoCalc	0	32	32
Processamento Doador Number Out	Number Out	Process	32	NoCalc	0	32	32
Puncao Autologa Accum VA Time	Accum VA Time	Process	32.8133329	NoCalc	0	32.81333289	32.81333289184
Puncao Autologa Accum Wait	Accum Wait Ti	Process	0	NoCalc	0	0	0
Puncao Autologa Number In	Number In	Process	6	NoCalc	0	6	6
Puncao Autologa Number Out	Number Out	Process	6	NoCalc	0	6	6
Puncao Doador Accum VA Tim	Accum VA Tim	Process	19.0866782	NoCalc	0	19.08667824	19.08667823793
Puncao Doador Accum Wait Ti	Accum Wait Ti	Process	0	NoCalc	0	0	0
Puncao Doador Number In	Number In	Process	5	NoCalc	0	5	5
Puncao Doador Number Out	Number Out	Process	5	NoCalc	0	5	5
Token_Doador.NumberIn	Number In	Entity	32	NoCalc	0	32	32
Token_Doador.NumberOut	Number Out	Entity	32	NoCalc	0	32	32
Transporte Criogenico Accum	Accum VA Tim	Process	416.255776	NoCalc	0	416.2557764	416.2557764469
Transporte Criogenico Accum	Accum Wait Ti	Process	0	NoCalc	0	0	0
Transporte Criogenico Numbe	Number In	Process	32	NoCalc	0	32	32
Transporte Criogenico Numbe	Number Out	Process	32	NoCalc	0	32	32
Transporte_Criogenico.Numbe	Total Number	Resource	32	NoCalc	0	32	32
Transporte_Criogenico.Schedu	Scheduled Utili	Resource	0.00289067	NoCalc	0	0.002890665	0.002890665114
Tratamento Previo Alogenico	Accum NVA Ti	Process	75941.4565	NoCalc	0	75941.45651	75941.4565084
Tratamento Previo Alogenico	Number In	Process	32	NoCalc	0	32	32
Tratamento Previo Alogenico	Number Out	Process	32	NoCalc	0	32	32
Tratamento Previo Autologo	Accum NVA Ti	Process	66032.1292	NoCalc	0	66032.12918	66032.12917993
Tratamento Previo Autologo N	Number In	Process	28	NoCalc	0	28	28
Tratamento Previo Autologo	Number Out	Process	28	NoCalc	0	28	28