



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM SAÚDE  
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM  
SAÚDE**

**THAIS CELI LOPES BENEVIDES**

**MODELO DE ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA A ESCOLHA DO  
MELHOR DOADOR DE CÉLULAS TRONCO HEMATOPOIÉTICAS**

**CAMPINA GRANDE**

**2024**

**THAIS CELI LOPES BENEVIDES**

**MODELO DE ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA A ESCOLHA DO  
MELHOR DOADOR DE CÉLULAS TRONCO HEMATOPOIÉTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba como pré-requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde.

**Área de Concentração:** Desenvolvimento de Produtos e Processos para tecnologias em Saúde.

**Orientador:** Prof. Dr. Edmar Candeia Gurjão

**CAMPINA GRANDE**

**2024**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B465 Benevides, Thais Celi Lopes.  
Modelo de análise de decisão multicritério para a escolha do melhor doador de células tronco hematopoiéticas [manuscrito] / Thais Celi Lopes Benevides. - 2024.  
81 p. : il. colorido.

Digitado.  
Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.  
"Orientação : Prof. Dr. Edmar Candeia Gurjão, UFCG - Universidade Federal de Campina Grande."

1. Transplante de células tronco hematopoiéticas. 2. Doador. 3. Software DEXi. 4. Decisão multicritério. I. Título

21. ed. CDD 613

**THAIS CELI LOPES BENEVIDES**

**MODELO DE ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA A ESCOLHA DO  
MELHOR DOADOR DE CÉLULAS TRONCO HEMATOPOIÉTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba como pré-requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde.

Área da concentração: Desenvolvimento de Produtos e Processos para tecnologia em Saúde.

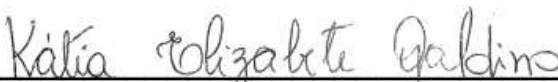
Aprovada em 22/03/2024.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Edmar Candeia Gurjão (Orientador)  
Universidade Federal de Campina Grande



---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Kátia Elizabete Galdino  
Universidade Estadual da Paraíba



---

Prof. Dr. Leocarlos Bezerra da Silva Lima  
Universidade Federal de Campina Grande

À minha família, especialmente ao meu pai  
Edvan Benevides (*in memoriam*), meu  
alicerce e berço de amor e inspiração,  
DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me abençoar e me dar a sabedoria necessária para enfrentar e vencer os desafios da vida.

Agradeço à minha mãe, Maria do Socorro, meu exemplo de garra, força e perseverança e que me proporcionou meu maior patrimônio, a educação, e ao meu pai, Edvan Benevides (*in memoriam*), que foi e sempre será o meu maior exemplo de médico, humano e sábio.

Agradeço aos meus irmãos, Carlos Frederico e Edvan Júnior, meus companheiros e minhas inspirações na missão de ser médica e na busca pelo conhecimento.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Edmar Candeia Gurjão, por me guiar e instruir durante todo o trabalho, trazendo para mim, além de toda sua competência, a dedicação pela docência e a pesquisa. Agradeço ainda por sua valiosa contribuição ao meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço a Profa. Dra. Katia Galdino e ao Prof. Dr. Leocarlos Bezerra pelo esmero e contribuição nas questões textuais e conceituais da dissertação e pela disponibilidade em fazer parte da banca avaliadora.

Agradeço à Larissa Brito por compartilhar seu tempo e conhecimento para a conclusão do nosso trabalho.

Agradeço aos meus pacientes que foram o meu motivo para fazer este trabalho.

Agradeço aos meus amigos e colegas de trabalho pela amizade, paciência e apoio.

## RESUMO

O transplante alogênico de células-tronco hematopoiéticas é empregado no tratamento de doenças hematológicas e não hematológicas, transferindo células-tronco de um doador saudável para o paciente. A seleção do doador é uma estratégia essencial para o sucesso do transplante, requer compatibilidade do antígeno leucocitário humano e considera fatores como idade, correspondência entre sexos, tipagem sanguínea e sorologia para citomegalovírus. Esta dissertação propõe integrar duas ferramentas de tecnologia: REDCap (*Research Electronic Data Capture*) para construção de formulários eletrônicos e o Software DEXi (*Decision Expert*) para o modelo de análise de decisão multicritério. O objetivo foi responder a uma tomada de decisão complexa, a escolha do melhor doador de células tronco-hematopoiéticas, através do modelo de análise de múltiplos parâmetros qualitativos. Critérios relevantes foram selecionados e formulários REDCap foram construídos para favorecer a construção do modelo e futura coleta de dados. Um modelo DEX baseado em árvore de decisão hierarquizada foi elaborado, com valores inseridos pela autora seguindo regras de decisão e função pré-definidas. A análise envolveu quatro doadores hipotéticos. Os resultados destacaram o doador 1 por sua forte correspondência HLA, do inglês *human leukocyte antigen*, com o receptor, atribuindo-lhe maior peso hierárquico, indicando-o como preferencial. A metodologia DEX respondeu à pergunta de decisão com resultados gráficos visíveis. O uso promissor da plataforma REDCap e a avaliação positiva do modelo DEXi sugerem ser uma tecnologia próspera na otimização da prática médica em transplantes de células tronco-hematopoiéticas.

**Palavras-chave:** transplante de células tronco hematopoiéticas; doador; decisão multi-critério; software dexi.

## ABSTRACT

Allogeneic hematopoietic stem cell transplantation is used in the treatment of hematological and non-hematological diseases, transferring stem cells from a healthy donor to the patient. Donor selection is an essential strategy for the success of the transplant, requires human leukocyte antigen compatibility and considers factors such as age, sex matching, blood typing and cytomegalovirus serology. This project proposes to integrate two technology tools: REDCap (Research Electronic Data Capture) for electronic forms and DEXi for multi-criteria decision analysis. The objective was to respond to complex decision-making, choosing the best hematopoietic stem cell donor, through the analysis model of multiple qualitative parameters. Relevant criteria were selected and REDCap forms were constructed to facilitate model construction and future data collection. A DEX model based on a hierarchical decision tree was created, with values inserted by the author following pre-defined decision rules and function. The analysis involved four hypothetical donors. The results highlighted donor 1 for its strong HLA, human leukocyte antigen, correspondence with the recipient, giving it greater hierarchical weight and indicating it as preferred. The DEX methodology answered the decision question with visible graphical results. The promising use of the REDCap platform and the positive evaluation of the DEXi model suggest that it is a prosperous technology in optimizing medical practice in hematopoietic stem cell transplants.

**Keywords:** hematopoietic stem cell transplantation; donor; multi-criteria decision; DEXi.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Proporção relativa de TCTH alogênico por tipo de doador no Brasil.....	12
Figura 2 –	Principais fatores implicados no atraso da provisão do doador não aparentado.....	14
Figura 3 –	Algoritmo para a seleção de doador para receptor adulto com malignidade hematológica.....	26
Figura 4 –	Diagrama dos critérios selecionados em hierarquização e grau de prioridade.....	41
Figura 5 –	Tela de configuração para criar um novo projeto REDCap.....	42
Figura 6 –	Tela de configuração para a elaboração dos formulários.....	43
Figura 7 –	Formulários de captura eletrônica de dados REDCap.....	43
Figura 8 –	Visualização do formulário “Dados demográficos do doador”.....	44
Figura 9 –	Tela da aba de modelagem do software Dexi.....	46
Figura 10 –	Árvore de decisão do modelo.....	47
Figura 11 –	Descrição dos atributos da tomada de decisão do modelo.....	48
Figura 12 –	Árvore de decisão dos critérios com valores de domínio atribuídos....	49
Figura 13 –	Descrição dos critérios relacionados ao doador e receptor com valores de domínio individuais.....	50
Figura 14 –	Descrição dos critérios relacionados ao doador e à logística com valores de domínio individuais.....	51
Figura 15 –	Determinação da função para o atributo agregado “Relacionados ao HLA e idade do doador”.....	52
Figura 16 –	Representação gráfica da função de utilidade do critério agregado “Relacionados ao HLA e idade”.....	53
Figura 17 –	Regras de função do domínio.....	54
Figura 18 –	Características dos doadores hipotéticos.....	55
Figura 19 –	Características do Doador 1.....	56
Figura 20 –	Características do Doador 2.....	56
Figura 21 –	Características do Doador 3.....	57
Figura 22 –	Características do Doador 4.....	58
Figura 23 –	Representação em gráfico de barras do atributo raiz “tomada de decisão”.....	59

Figura 24 – Gráfico polar comparativos dos doadores quanto às características relacionadas ao doador e receptor.....	60
Figura 25 – Gráfico de dispersão comparativo dos doadores quanto aos critérios relacionados ao doador e receptor.....	61
Figura 26 – Gráfico de dispersão comparativo dos doadores quanto aos critérios relacionados ao doador.....	62
Figura 27 – Gráfico de dispersão comparativo dos doadores quanto aos critérios relacionados à logística.....	63
Figura 28 – Características de doadores com “envenenamento” de dados.....	64
Figura 29 – Representação em gráfico de barras da tomada de decisão com “envenenamento” de dados.....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADMC	Análise de Decisão Multicritério
CIBMTR	<i>Center for International Blood and Marrow Transplant Research</i>
CTH	Células tronco hematopoiéticas
DEX	<i>Decision EXpert</i>
DEXi	<i>Software DEXi</i>
EBSERH	Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares
EBMT	<i>European Society for Blood and Marrow Transplantation</i>
HLA	<i>Human Leukocyte Antigen</i>
INCA	Instituto Nacional do Câncer
MCDA	<i>Multi-Criteria Decision Analysis</i>
NMDP	<i>National Marrow Donor Program</i>
RBTCTH	Registro Multicêntrico de Transplantes de Células-Tronco Hematopoiéticas autólogos e alogênicos para doenças malignas e não malignas realizados no Brasil
REDCap	<i>Research Electronic Data Capture</i>
REDOME	Registro Nacional de Doadores Voluntários de Medula Óssea
TCTH	Transplante de células tronco hematopoiéticas
WMDA	<i>World Marrow Donor Association</i>

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	HIPÓTESE.....	17
2.1	Formulação do problema.....	17
3	OBJETIVOS.....	18
3.1	Objetivo geral.....	18
3.2	Objetivos específicos.....	18
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
4.1	O transplante de células tronco hematopoiéticas.....	19
4.2	Seleção do doador de células tronco hematopoiéticas.....	20
4.3	Racionalidade limitada de Herbert Simon.....	26
4.4	Análise de decisão multicritério.....	28
4.4.1	<i>Análise de Decisão Multicritério em Saúde</i> .....	29
4.4.2	<i>Modelagem de Decisão Multicritério</i> .....	31
4.5	Metodologia DEX e Software DEXi.....	32
4.6	Plataforma de captura eletrônica de dados – REDCap.....	34
5	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	36
5.1	Revisão da Literatura.....	36
5.2	Banco de Dados.....	37
5.3	Seleção dos critérios.....	38
5.4	Construção dos formulários eletrônicos de captura de dados no REDCap.....	41
5.5	Construção do modelo de análise de decisão multicritério DEXi.....	45
5.5.1	<i>Definição dos valores dos domínios</i> .....	48
5.5.2	<i>Definição das regras de decisão e de função</i> .....	51
6	RESULTADOS.....	55
7	DISCUSSÃO.....	66
8	CONCLUSÃO.....	69
	REFERÊNCIAS.....	70
	ANEXO A – DICIONÁRIO DE DADOS.....	74

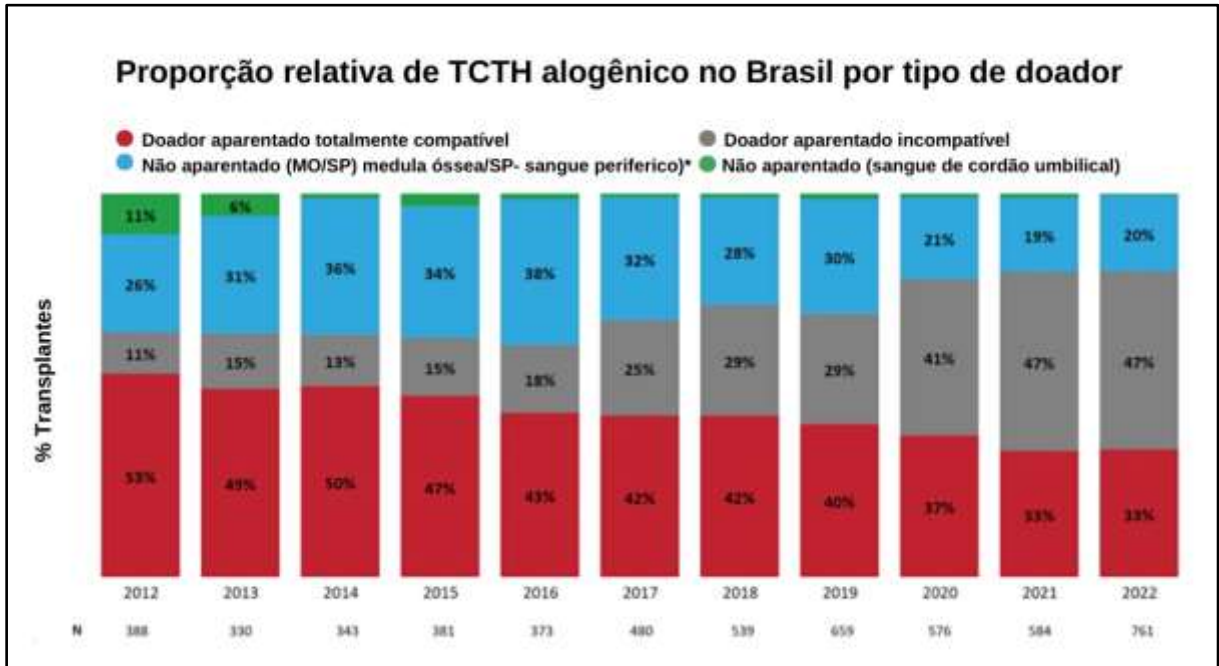
## 1 INTRODUÇÃO

O transplante alogênico de células-tronco hematopoiéticas (TCTH) é uma terapia utilizada para tratar pacientes com uma variedade de doenças hematológicas malignas e não malignas, bem como outras doenças específicas do sistema imunológico. Esta terapia envolve a transferência de células-tronco hematopoiéticas de um doador saudável para o corpo de um paciente após a terapia de condicionamento (quimioterapia com ou sem irradiação corporal total), dependendo do tipo e gravidade da doença a ser tratada (Li *et al.*, 2020).

O Registro Multicêntrico de Transplantes de Células-Tronco Hematopoiéticas autólogos e alogênicos para doenças malignas e não malignas realizados no Brasil (RBTCTH) e relatados no *Center for International Blood and Marrow Transplant Research* (CIBMTR), que contempla os dados demográficos e os resultados dos transplantes realizados no Brasil, atualizados em 2023, compilou que, de 2012 a 2022, 10.107 transplantes foram executados, destes, 9.868 transplantes tiveram a análise completa descrita no CIBMTR, totalizando 4454 transplantes autólogos e 5414 alogênicos. Em 2022, 1668 TCTHs foram realizados. Entre 2012 e 2022, 41% dos transplantes alogênicos utilizaram um doador aparentado compatível, seguido por um doador não aparentado (30%) e um doador aparentado incompatível (29%) (Simione *et al.*, 2023).

Conforme o RBTCTH, nos últimos 3 anos, o principal tipo de transplante alogênico realizado no nosso país utilizou um doador aparentado incompatível e esses doadores aparentados incompatíveis foram usados para tratar leucemia mielóide aguda em sua maioria (32%), seguido de leucemia linfóide aguda (24%) e doenças não malignas (23%). Também foi verificado um aumento no número de transplantes com doador aparentado incompatível desde 2012 e uma diminuição nos transplantes com sangue de cordão não aparentados no mesmo período (Figura 1), provavelmente devido ao uso de doadores haploidênticos com ciclofosfamida após o transplante para a prevenção da doença do enxerto contra hospedeiro (DECH) (Simione *et al.*, 2023).

**Figura 1.** Proporção relativa de TCTH alogênico por tipo de doador no Brasil



**Fonte:** Elaborada pela autora, adaptado de Simione, (2024).

O campo do TCTH evoluiu substancialmente na última década com avanços na seleção de pacientes e doadores, fontes de células-tronco, cuidados de suporte, prevenção de complicações e regimes preparativos de toxicidade reduzida. Como resultado, as indicações para TCTH e o grupo de pacientes elegíveis aumentaram significativamente (Muhsen *et.al*, 2018). Apesar desses avanços, o TCTH ainda enfrenta muitos desafios que contribuem para a morbimortalidade em seus receptores, incluindo questões pré e pós transplante como doença enxerto contra o hospedeiro (DECH), modelagem de estratificação de risco, encontrar tratamentos eficazes para DECH crônica refratária a esteroides, previsão precisa de mortalidade relacionada ao transplante, indisponibilidade de modelos prognósticos aplicáveis para DECH crônica e ausência de algoritmos de correspondência doador-receptor eficientes e eficazes (Muhsen *et al.*, 2019)(Buturovic *et al.*, 2018).

A morbimortalidade associada ao transplante permanece substancial, tornando a decisão de quem, como e quando transplantar de grande importância (Shouval *et al.*, 2016). A seleção de pares de doadores e receptores para TCTH é um grande desafio que pode afetar o prognóstico dos receptores de TCTH. Um irmão com HLA (do inglês, *human leukocyte antigen*) totalmente compatível pode ser encontrado apenas em 30% dos casos de TCTH nos Estados Unidos. A incompatibilidade de uma localidade gênica em doadores pode diminuir a sobrevivência em 1 ano de 52% para 43%

em pares receptor-doador totalmente compatíveis e esse risco aumenta quando mais incompatibilidades de *loci* estão presentes (Muhsen *et al.*, 2018).

A correspondência do HLA, continua sendo o determinante mais significativo do sucesso do transplante de doadores não aparentados. Enquanto outros fatores de seleção de doadores, como idade, compatibilidade de sexo, sorologia de citomegalovírus (CMV), status do receptor de imunoglobulina *killer* (KIR) e correspondência HLA-DP foram descritos como importantes para a sobrevida geral, a priorização e a importância desses fatores adicionais se mostraram desafiadores (Buturovic *et al.*, 2018).

Outro fator significativo é o momento do TCTH. Craddock *et al.* observaram que um tempo menor que 4 meses desde o diagnóstico até o transplante foi significativamente associado à melhora da sobrevida global e à sobrevida livre de leucemia em 5 anos (Craddock *et al.*, 2011). Um estudo realizado por Heemskerk *et al.* com 548 pacientes referiu que 30% dos pacientes tornaram-se clinicamente inaptos enquanto aguardavam um TCTH não aparentado, tendo em conta fatores como o risco da doença, a idade e o sexo e concluiu que a redução do tempo necessário para a seleção de doadores era fundamental para reduzir as taxas de deterioração clínica (Heemskerk *et al.*, 2005).

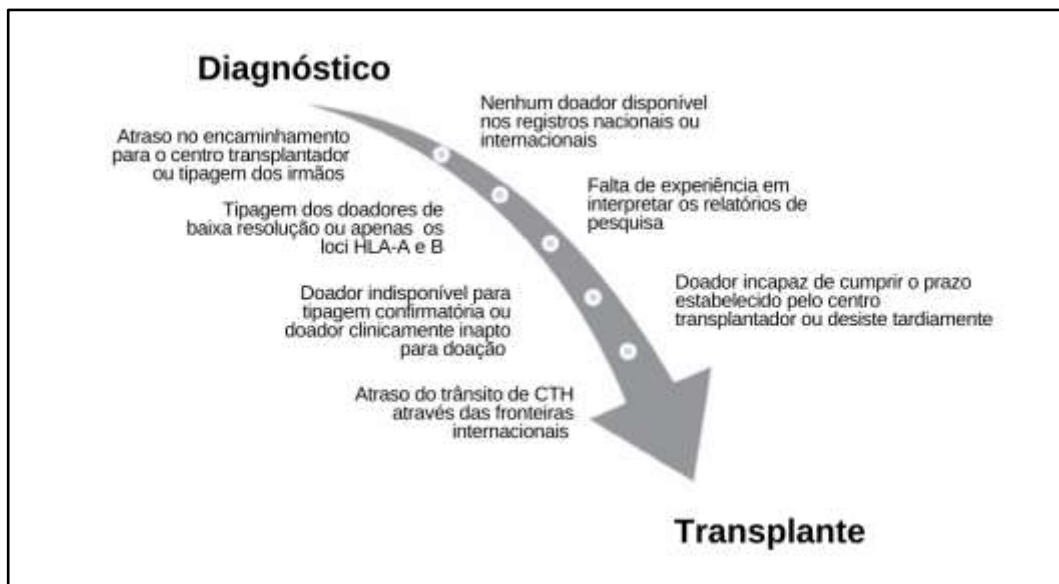
Informações do Instituto Nacional do Câncer (INCA), captadas em julho de 2023, revelam que há, atualmente, no Registro Nacional de Doadores Voluntários de Medula Óssea (REDOME), 5.712.359 doadores cadastrados, com, em média, 650 pacientes em espera (INCA, 2023).

Mais de 33 milhões de pessoas estão atualmente registradas em todo o mundo como potenciais doadores de células tronco, porém a maioria não é procurada como potenciais parceiros até meses ou anos após o voluntariado inicial. O *National Marrow Donor Program* (NMDP), que é o programa estadunidense de doador de medula óssea, constatou, em 2020, que quase 50% dos doadores registrados não estavam disponíveis quando identificados devido a mudanças em suas circunstâncias pessoais ou incapacidade de contatá-los. As taxas de disponibilidade de doadores diferem por registro internacional e por raça/grupo étnico do doador, aumentando o desafio particularmente para populações etnicamente diversas. Novas estratégias de engajamento resultaram na inclusão de datas de último contato e termo de compromisso nos relatórios de busca para ajudar os centros de transplante a

selecionar doadores com maior probabilidade de estarem disponíveis. No entanto, ainda é importante que os centros busquem vários doadores adultos ou unidades de sangue de cordão adequadas, pois outras questões, como a aptidão médica do doador, podem afetar a pontualidade do processo de busca e doação (Dehn *et al.*, 2020).

Diversos obstáculos podem ser encontrados na disponibilidade de doadores não aparentados de células tronco hematopoiéticas (CTH), conforme observa-se na Figura 2. Dentre eles, destacam-se que muitos pacientes são diagnosticados num ambiente clínico sem transplante e, por isso, pode haver um atraso no encaminhamento para um centro transplantado. Além disso, pode não ser encontrado nenhum doador compatível através de pesquisas de registro nacionais ou internacionais, os doadores podem ser tipados apenas para o HLA em baixa resolução ou o indivíduo que analisa o relatório de pesquisa pode não ter experiência suficiente para selecionar o doador ideal. Uma vez selecionado para tipagem confirmatória (CT), o doador pode não ser rastreável, indisponível ou clinicamente inelegível para doação. Finalmente, o doador pode não conseguir cumprir o prazo exigido pelo centro de transplante, pode haver atrasos devido ao transporte de células através das fronteiras internacionais ou danos ou contaminação do produto celular em trânsito (Lown *et al.*, 2013).

**Figura 2.** Principais fatores implicados no atraso da provisão do doador não aparentado



**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).



A disponibilidade do doador ainda configura, nos dias atuais, como um ponto relevante no atraso do transplante alogênico não aparentado. O REDOME, em seu site, lançou uma campanha ao qual disponibiliza um link para que o doador atualize os dados pessoais e de contato (<https://redome.inca.gov.br/doador-atualize-seu-cadastro>).

Um ponto destacado no estudo de Lown *et al.* é a falta de experiência ou incapacidade em analisar os relatórios de pesquisa de doadores e selecionar o melhor doador. Isto porque o médico analisador, seja médico assistente ou transplantador, terá de avaliar múltiplos parâmetros para uma tomada de decisão complexa, a escolha do melhor doador de células tronco hematopoiéticas.

Problemas de decisão complexos requerem uma avaliação de vários critérios objetivos. Desta forma, é necessário um processo de decisão que identifique sistematicamente a melhor alternativa disponível e permita uma decisão ótima e transparente. A demanda por processos de decisão transparentes em saúde pode ser atendida somente quando a avaliação e decisões sobre tecnologias de saúde são realizadas em uma construção sistemática de avaliação de benefícios. Os métodos de Análise de Decisão Multicritério, do inglês, *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) estão disponíveis para analisar e avaliar múltiplos desfechos clínicos e estruturar problemas complexos de decisão na tomada de decisões em saúde (Mühlbacher *et al.*, 2016).

Apesar das possíveis desvantagens e do ceticismo, a crescente complexidade da prática médica e as oportunidades proporcionadas pelos avanços na inteligência artificial (IA) tornam a integração inevitável, assim como a rápida expansão do campo dos transplantes de medula óssea exige o aumento das ferramentas fornecidas pela IA para aumentar a eficiência e melhorar o atendimento ao paciente (Muhsen *et al.*, 2018). Todavia, a avaliação de tecnologia em transplante de medula óssea ainda é escassa, pouco descrita na literatura e utilizada na prática médica.

Para aprimorar a qualidade da tomada de decisão na escolha do melhor doador de células-tronco hematopoiéticas e, diante do contínuo avanço tecnológico, torna-se imprescindível utilizar recursos tecnológicos e métodos de otimização.

Neste estudo, foram integradas duas ferramentas importantes para as atividades de pesquisa: a plataforma de construção de formulários eletrônicos para

captura de dados REDCap (*Research Electronic Data Capture*), (<https://redcapbrasil.com.br/>) e o Software de decisão multicritério DEXi (<http://kt.ijs.si/MarkoBohanec/dexi.html>).

A plataforma REDCap é uma aplicação web desenvolvida pela *Vanderbilt University* para captura de dados em pesquisas clínicas, como ensaios clínicos, estudos retrospectivos e estudos de coorte, entre outros, além de criar bancos de dados, que foi projetada para fornecer um ambiente seguro, permitindo que as equipes de pesquisa coletem e armazenem informações altamente confidenciais (Garcia *et al.*, 2021) (Patridge *et al.*, 2018).

O Software DEXi é um programa de computador para decisão multicritério, baseado em regras estabelecidas pelo examinador, que visa o desenvolvimento interativo de modelos de decisão qualitativos multiatributos e a avaliação de opções, mostrando-se útil para apoiar tarefas complexas de tomada de decisão em que há a necessidade de selecionar uma opção específica de um conjunto de opções possíveis para satisfazer os objetivos do decisor. Os modelos desenvolvidos pelo DEXi são qualitativos e geralmente consistem em atributos discretos, o que torna o DEXi particularmente adequado para resolver tarefas de análise de decisão de ordenação/classificação, nas quais as opções precisam ser colocadas em um número finito de categorias predefinidas (Bohanec *et al.*, 2013).

As duas ferramentas foram escolhidas, dentre os métodos procurados, por serem livres, intuitivas e difundidas globalmente tanto na área de saúde em geral quanto na área médica.

Esta pesquisa teve como propósito utilizar a metodologia DEX como método de otimização e sistematização da seleção do melhor doador de células-tronco hematopoiéticas. Para atingir esse objetivo, foi construído um modelo de análise de decisão multicritério a partir dos atributos selecionados e compilados nos formulários de captura eletrônica do REDCap com o intuito de, futuramente, viabilizar a implementação prática do Software DEXi ou de metodologia semelhante nas rotinas clínicas de médicos assistentes e centros transplantadores e, desta forma, proporcionar uma abordagem mais eficiente e precisa na escolha do doador.

## **2 HIPÓTESE**

Sabendo-se que a morbimortalidade relacionada ao transplante alogênico de células tronco-hematopoiéticas ainda é elevada e que a escolha do melhor doador (mais compatível e mais adequado) tem impacto no sucesso do transplante, no prognóstico e na sobrevida global do receptor, ao se otimizar e sistematizar o processo de decisão da escolha dos melhores doadores é possível reduzir o tempo de espera para a realização do transplante como também a ocorrência de desfechos negativos.

### **2.1 Formulação do problema**

A escolha do doador de medula óssea baseia-se em múltiplos critérios qualitativos aos quais fazem parte os genes do sistema HLA e características do receptor, doador, logística como acesso, disponibilidade e experiência do centro transplantador. Em torno de 30% dos pacientes terão doadores aparentados totalmente compatíveis. Os demais receptores necessitarão de doadores alternativos aparentados ou doadores não aparentados cadastrados nos bancos de doadores de medula óssea e sangue de cordão umbilical.

Por vezes, mais de um possível doador está disponível e o médico assistente do paciente e o Centro Transplantador de referência recebem listas encaminhadas pelo REDOME/INCA com inúmeros doadores, sejam eles nacionais ou internacionais, com múltiplas características a serem analisadas para que se escolha o melhor doador para o receptor em questão.

Diante de tantas possibilidades, critérios e variáveis a serem avaliadas, cada um com seu grau de importância e relevância clínica, a capacidade humana depara-se com um problema de decisão complexo: a tarefa da escolha do melhor doador de células tronco hematopoiéticas. Essa escolha pode ser racionalmente limitada, com demanda de maior tempo e análise se feita de forma manual apenas com o trabalho humano.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

Construir um modelo de análise de decisão multicritério através da metodologia de inteligência artificial DEX como método de otimização e sistematização da escolha do melhor doador de células tronco hematopoiéticas.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Selecionar os critérios (agregados e não agregados) necessários para escolha do melhor doador de medula óssea, organizando-os hierarquicamente do mais importante (maior relevância/significância clínica) para o menos importante (menor relevância/significância clínica) através da Revisão de Literatura;
- Aprofundar as teorias da decisão multicritério e racionalidade limitada, inserindo-as no contexto da saúde e transplante de células tronco hematopoiéticas;
- Construir formulários eletrônicos de coleta de dados com os critérios selecionados a partir da ferramenta REDCap;
- Construir um modelo de análise de decisão multicritério tendo como base a metodologia DEX do software de decisão multicritério DEXi;
- Aplicar o modelo de decisão multicritério DEX para avaliar e analisar as alternativas de decisão com análise gráfica das escolhas, relatório das escolhas do modelo e resultados para a resposta da tomada da decisão;
- Avaliar a metodologia DEX quanto à nossa pergunta de decisão;
- Levantar subsídios que permitam sugerir a aplicação da metodologia de decisão multicritério DEX no software REDCap.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 O transplante de células tronco hematopoiéticas

Após a detonação das armas nucleares na Segunda Guerra Mundial foi possível um maior conhecimento da biologia da hematopoiese e do uso do transplante de células tronco hematopoiéticas como estratégia de resgate para lesões da medula óssea induzidas por radiação. Estudiosos como Jacobsen e colaboradores documentaram que a hematopoiese era preservada em ratos após irradiação letal se o baço estivesse protegido. Já Lorenz e colaboradores demonstraram, posteriormente, que ratos se recuperaram de lesões de radiação quando infundidos com medula óssea após uma dose letal. Trabalhos subsequentes corroboraram e estabeleceram a medula óssea como fonte de “elementos celulares” necessários para a recuperação hematopoiética (Singh *et al.*, 2016).

Transplante de células tronco hematopoiéticas refere-se a qualquer procedimento em que células tronco hematopoiéticas (CTH) de qualquer tipo, como derivadas de medula óssea, sangue periférico ou sangue do cordão umbilical e fonte de doador, são transferidas a um receptor com a intenção de repovoar e substituir o sistema hematopoiético no total ou em parte. O tipo de doador é categorizado como autólogo, singênico e alogênico, sendo este último aparentado ou não aparentado. A terapia está estabelecida para muitos distúrbios adquiridos ou hereditários do sistema hematopoiético, benignos ou neoplásicos, incluindo aqueles do sistema imunológico e distúrbios enzimáticos (Snowden *et al.*, 2022) (Passweg *et al.*, 2022).

O transplante de células tronco hematopoiéticas (TCTH) alogênico, em seu princípio, visa erradicar a malignidade hematológica subjacente juntamente com a substituição do sistema hematopoiético do paciente por um doador saudável e geneticamente diferente, uma vez que o sistema hematopoiético transplantado carrega as características genéticas do doador, enquanto todos os outros tecidos (tecidos não hematopoiéticos e quaisquer células leucêmicas residuais) carregam as características genéticas do receptor. Para tal, o receptor é submetido ao chamado condicionamento pré-transplante por quimioterapia com ou sem irradiação corporal total, seguida de profilaxia imunológica farmacológica por dias ou semanas após o transplante. Em contraste com o transplante de órgãos sólidos, em que a substituição

de órgãos é o objetivo terapêutico primário, o transplante alogênico de células hematopoiéticas para malignidades hematológicas visa o controle imunológico da doença neoplásica subjacente num processo referido como reação enxerto versus tumor ou efeito enxerto versus leucemia (GvL em inglês). No entanto, o efeito terapêutico desejado da reação enxerto versus tumor pode ser combatido pela atividade fora do alvo contra estruturas de tecido não hematopoiético, ambas mediadas por linfócitos T do doador, resultando clinicamente em doença do enxerto contra o hospedeiro (DECH), responsável por até 15% da mortalidade após o transplante. Especialmente, a forma crônica da DECH pode limitar gravemente a qualidade de vida dos pacientes afetados (Fleischhauer *et al.*, 2023).

#### **4.2 Seleção do doador de células tronco hematopoiéticas**

A seleção do doador com grau adequado de compatibilidade representa uma das estratégias essenciais para o sucesso do transplante no TCTH alogênico (Torres *et al.*, 2021), desempenha um papel central na minimização do risco de DECH, na melhor exploração do efeito enxerto versus leucemia (Fleischhauer *et al.*, 2023) e é impulsionada principalmente pela compatibilidade HLA, do inglês, *Human leukocyte antigen*, entre o paciente e o doador, sendo irmãos com compatibilidade HLA idêntica a escolha preferida na maioria das situações (Shouval *et al.*, 2019) (Gyurkocza *et al.*, 2010).

Os antígenos leucocitários humanos são codificados por um grupo de genes no cromossomo 6 e os genes e seus produtos são parte do complexo de histocompatibilidade principal, denominado complexo MHC, que constitui a região genética mais polimórfica conhecida no genoma humano, cujo conjunto de alelos, denominado haplótipo, é herdado de cada genitor. Portanto, a probabilidade de uma criança herdar e compartilhar ambos os haplótipos parentais completos com um irmão é de 25% (Polomeni *et al.*, 2019).

Doadores irmãos HLA totalmente compatíveis são disponíveis para apenas 30% dos pacientes e têm sido, historicamente, os doadores de escolha. A existência de registros de doadores não aparentados e a introdução de doadores não aparentados de sangue do cordão umbilical e doadores aparentados haploidênticos

resultaram na disponibilidade de doadores para quase todos os pacientes. Da mesma forma, os doadores não aparentados com HLA compatível têm sido preferidos na ausência de doadores irmãos compatíveis. Grupos de doadores alternativos, como doadores não relacionados HLA incompatíveis, doadores HLA-haploidênticos e doadores de sangue do cordão umbilical não relacionados são considerados opções terciárias (Shouval *et al.*, 2019). O grau de correspondência de HLA entre doadores e receptores é a principal variável do doador que afeta a sobrevida global (SG) no transplante de células hematopoiéticas de doadores não aparentados. Numerosos estudos mostram sobrevida global inferior quando o transplante ocorre a partir de um doador não aparentado com HLA incompatível, tornando a correspondência 8/8 HLA (HLA-A, -B, -C, -DRB1) o padrão-ouro (Shaw *et al.*, 2018).

O Consenso Brasileiro de células tronco hematopoiéticas (Torres *et al.*, 2021) orienta escolher:

- 1) preferencialmente, doadores HLA 8/8 considerando os *loci* HLA-A, -B, -C e -DRB1 para seguir para a fase 3 do REDOME, que consiste na tipagem confirmatória (TC) de HLA-A, -B, -C, -DRB1, - Genes DQB1 e -DPB1, que é obrigatória e deve ser realizada com uma nova amostra;
- 2) priorizar doadores com incompatibilidades permissivas de HLA-DPB1, de acordo com o algoritmo *T-Cell Epitope* (TCE), quando vários doadores compatíveis com HLA 8/8 estiverem disponíveis;
- 3) quando os doadores compatíveis com o alelo 8/8 (HLA-A, -B, -C, -DRB1) não estiverem disponíveis, os doadores HLA 7/8 com a incompatibilidade permitida de HLA-C\*03:03 vs. C\*03:04 devem ser priorizados;
- 4) na seleção de doadores alternativos, a pesquisa de anticorpos anti-HLA e a análise para identificar anticorpos específicos do doador (DSA) são recomendadas para minimizar o risco de falha do enxerto (Torres *et al.*, 2021).

O aumento na disparidade de HLA do receptor e do doador em HLA-A, HLA-B, HLA-C ou HLA-DRB1 está associado a resultados piores após transplante de doador não aparentado. Já as disparidades no HLA-DQB1, bem como as disparidades do alelo C em C\*03:03 vs 03:04, foram relatadas como permissivas, sem efeitos negativos no resultado. Disparidades em HLA-DPB1 são observadas na maioria dos

transplantes de doadores não aparentados, HLA-A, HLA-B, HLA-C e HLA-DQB1 (10/10) (Polomeni *et al.*, 2019).

A presença de incompatibilidades de HLA também afeta adversamente os resultados do TCTH de doadores não aparentados para doenças não malignas. Antes de considerar uma incompatibilidade, os anticorpos específicos do doador devem ser identificados em pacientes alossensibilizados. Ao selecionar o melhor doador haploidêntico, por exemplo, o número de antígenos HLA incompatíveis no haplótipo não compartilhado não parece desempenhar relevância. Por outro lado, a avaliação da imunização anti-HLA do paciente deve ser realizada sistematicamente, uma vez que foi demonstrado que a presença de anticorpos específicos do doador está associada a um risco aumentado de falência primária do enxerto. No caso de incompatibilidades HLA DPB1, o paciente deve ser testado para possíveis anticorpos anti-DP específicos do doador (Tiercy, 2016).

Embora a correspondência HLA continue sendo o critério primário para a seleção de doadores, fatores não-HLA são frequentemente considerados ao selecionar doadores (Kollman *et al.*, 2001). Os fatores confundidores HLA/Não HLA relacionados aos desfechos do TCTH são relacionados ao paciente (idade, sexo, tipagem sanguínea ABO, sorologia CMV, diagnóstico, status da doença), ao doador (idade, sexo, tipagem ABO, sorologia CMV) e ao próprio transplante (regime de condicionamento, profilaxia de DECH, fonte de célula tronco e composição da fonte) (Polomeni *et al.*, 2019).

É bem conhecido que a celularidade da medula diminui com a idade e isso foi confirmado em estudos com doadores de medula mais velhos. Também foi observado um declínio moderado na dose de células nucleadas com doadores mais velhos, mas apenas com medula não manipulada e apenas em doadores com mais de 45 anos. Dados apresentados em um estudo de Kollman sugerem fortemente que, em transplantes não aparentados, a idade do doador tem mais efeito sobre a mortalidade geral do que o status sorológico do doador para CMV, sexo, paridade, incompatibilidade ABO e raça (Kollman *et al.*, 2001) (Kollman *et al.*, 2016). Em um estudo com uma análise multivariada, o efeito da idade do doador na sobrevida ainda era aparente após o ajuste da dose celular. Em outro grande estudo que abordou especificamente as características do doador, a única característica associada à sobrevida global foi a idade do doador, observando-se que a mortalidade do receptor



foi maior com o aumento da idade do doador. Um estudo que tentou validar um escore de seleção do doador, a idade do doador também foi a única característica associada à sobrevida global (Shouval *et al.*, 2019).

Resultados do estudo que utilizou inteligência artificial BART (Rede Bayesiana) para otimizar a seleção de doadores confirmaram as análises recentes que indicam que o único fator do doador que afeta a sobrevida é a idade mais jovem do doador, demonstrando que este achado é consistente independentemente de se utilizar uma abordagem personalizada de seleção (paciente, doença ou características do transplante), o que simplifica muito a seleção de doadores. Isso reflete a evolução nas práticas de seleção no centro de transplante, bem como os esforços do NMDP e dos registros internacionais para priorizar o recrutamento de doadores mais jovens (na última década, a idade média de recrutamento para doadores do NMDP diminuiu de 35 para 28 anos) (Logan *et al.*, 2021). A utilização de doadores mais jovens também foi associada a maiores doses de células no enxerto, melhor reconstituição imunológica e maior facilidade de coleta (Pereira *et al.*, 2021).

Muitos alelos e haplótipos HLA são distribuídos em diferentes frequências entre diferentes grupos raciais/étnicos. Alelos HLA em baixa frequência na população geral são mais provavelmente encontrados em haplótipos distintos, juntamente com o restante dos alelos HLA de um grupo racial/étnico ancestral em comum entre paciente e doador. Desta forma, o algoritmo de correspondência preditiva do NMDP leva em consideração a raça/grupo étnico ao prever a probabilidade de uma correspondência de alta resolução, portanto os centros devem tentar obter e inserir com precisão esses detalhes do paciente para a pesquisa (Dehn *et al.*, 2020). O aumento da diversidade étnica com o tempo limitará ainda mais as chances de encontrar um doador não aparentado totalmente compatível (Polomeni *et al.*, 2019).

A incompatibilidade ABO não é barreira para o sucesso do transplante porque os antígenos do grupo ABO não são expressos nas células pluripotentes ou em estágios precoces de diferenciação. O impacto clínico a médio e longo prazo da incompatibilidade ABO ainda é controverso, uma vez que grandes estudos têm mostrado que uma maior ou menor incompatibilidade não leva a impactos significativos na sobrevida global e não constitui contraindicação para seleção de doadores (Pereira *et al.*, 2021). Um estudo brasileiro mostrou também resultados semelhantes, revelando não haver impacto na sobrevida global, desenvolvimento de

doença do enxerto contra hospedeiro e mortalidade relacionada ao transplante em pacientes que receberam células de doadores com incompatibilidade ABO (Júnior *et al.*, 2019). Um estudo com a população japonesa observou que a incompatibilidade ABO, no contexto de transplante não aparentado, não afeta mais a sobrevida ou a mortalidade relacionada ao transplante, mas pode atrasar o enxerto de eritrócitos e/ou plaquetas. Ao selecionar um doador incompatível ABO maior, recomendaram que o clínico intensifique um pouco a profilaxia para DECH e considere o suporte transfusional adequado para antecipar um atraso na recuperação dos níveis de eritrócitos e/ou plaquetas, além da remoção de eritrócitos ou plasma do enxerto no transplante (Kimura *et al.*, 2019).

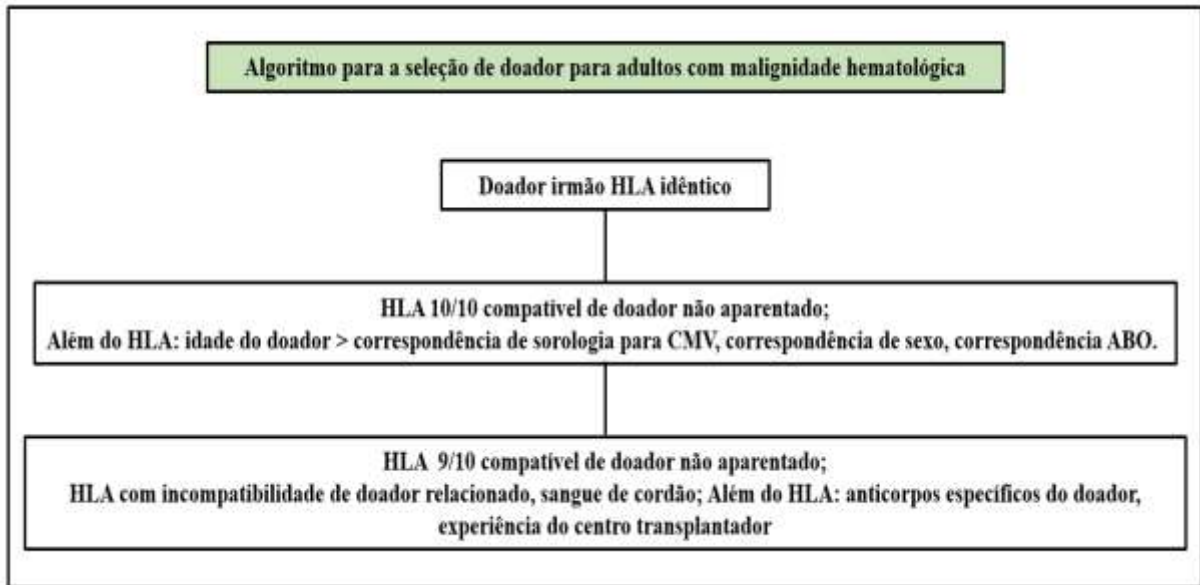
As doenças por citomegalovírus (CMV) são as principais causas de significativa morbidade e mortalidade em receptores de TCTH com o risco de recorrência do CMV dependente do nível de competência imunológica, manifestado como comprometimento da imunidade das células T, incluindo a presença e função de linfócitos T citotóxicos específicos do CMV. A maioria dos eventos de recorrência do CMV ocorre entre 2 e 4 meses, com mediana de 44 dias após o TCTH, sendo demonstrado o maior risco de reativação por CMV e doença por CMV para receptores HIV positivos, independentemente do status sorológico do doador (Pereira *et al.*, 2021). Um doador compatível com HLA 10/10 continua sendo o melhor e a seleção de um doador compatível com CMV é preferível e particularmente relevante na configuração de um receptor soropositivo na configuração de incompatibilidade de HLA, indicando-se que, se nenhum doador positivo estiver disponível neste cenário, uma fonte alternativa de células-tronco, como o sangue do cordão umbilical, que demonstrou estar associado a menos DECH, deve ser considerada. Este estudo de Shaw *et al* relatou que a correspondência de HLA e o status de correspondência do receptor/doador para o status sorológico pré-transplante de CMV são os fatores mais significativos que determinam a sobrevida e relataram a nova descoberta de que evitar uma incompatibilidade de CMV pode compensar o impacto negativo de uma incompatibilidade de HLA. Também sugeriu que as características do doador não devem ser consideradas isoladamente, mas como um 'pacote' e individualizado com base nas características do receptor e confirmou, assim como nas observações de estudos anteriores, de que a compatibilidade HLA e a idade do doador afetam a sobrevida (Shaw *et al.*, 2017).

A doação de células tronco hematopoiéticas é um ato de altruísmo. Embora se reconheça que o processo de doação acarreta um risco pequeno, mas inevitável, de danos ao doador, é responsabilidade ética e legal dos registros de doadores e dos centros de doadores minimizar qualquer risco “evitável”. A avaliação da adequação médica de um doador tem como principal objetivo identificar as condições médicas que podem aumentar o risco para o doador ou para o receptor como resultado da doação ou do transplante, o que inclui condições médicas que podem aumentar o risco de danos ao doador antes, durante e depois da coleta de células tronco e excluir aqueles com condições médicas ou estilos de vida que impediriam permanentemente a doação com base num risco grave para o doador ou o receptor. Por esta razão, os critérios médicos que regem as condições que podem aumentar o risco do doador são necessariamente rigorosos e, certamente, mais rigorosos do que seriam se o indivíduo fosse submetido a um procedimento para benefício terapêutico. Em geral, se houver alguma dúvida sobre a segurança do doador na presença de uma determinada condição médica, recomenda-se que qualquer doador com essa condição seja impedido de doar, por esse motivo, deve tornar-se parte de um registro ou da política de retenção de um centro de doadores solicitar a cada doador atualizações sobre o estado de saúde (Lown *et al.*, 2014).

Questões logísticas podem determinar a seleção entre essas características secundárias de doadores se múltiplos doadores igualmente pareados e de idade estiverem disponíveis e podem determinar a seleção entre essas características secundárias de doadores se vários doadores com a mesma idade e compatibilidade estiverem disponíveis (Kollman *et al.*, 2001).

Como forma de resumir e simplificar os critérios de decisão na escolha do doador de medula óssea, as sociedades de transplante de células tronco hematopoiéticas propõem algoritmos de seleção, baseados nos estudos clínicos, prática médica e revisões de literatura como a *European Society for Blood and Marrow Transplantation* (EBMT), adaptado na Figura 3 (Polomeni *et al.*, 2019). Centros transplantadores brasileiros também o utilizam como um norte e base neste processo.

**Figura 3.** Algoritmo para a seleção de doador para receptor adulto com malignidade hematológica



Fonte: Elaborada pela autora, (2024).

#### 4.3 Racionalidade limitada de Herbert Simon

Compreende-se razão como a capacidade de julgamento da mente humana formadora de suas crenças e deliberações. Racionalidade, por sua vez, é uma espécie de dispositivo para ajustar meios disponíveis para alguns fins (Melo *et al.*, 2016).

Herbert Simon (1916-2001) afirmou que a tomada de decisão não obedece aos postulados do “homem racional”, com o desenvolvimento de uma teoria comportamental com base na racionalidade limitada, e confirmou que os humanos não resolvem problemas maximizando a utilidade, mas estabelecem níveis de aspiração (que uma solução deve satisfazer) ao resolver problemas. Para Simon, “[a razão] é uma arma mercenária que pode ser posta a serviço de qualquer dos nossos objetivos”. Se os humanos são capazes de encontrar uma solução para um problema (ou um pequeno número de soluções) que satisfaça os níveis de aspiração declarados, eles aceitam a solução. Caso contrário, eles devem relaxar (ou enfraquecer) seus níveis de aspiração. Por outro lado, se um conjunto de níveis de aspiração admite soluções demais, então os níveis de aspiração são apertados. O processo de definir os níveis de aspiração, determinar se existem soluções que os satisfaçam e redefinir os níveis de aspiração é repetido até que uma solução seja encontrada (Figueira *et al.*, 2004).

O homem somente foi capaz de se desenvolver num mundo extremamente complexo porque conseguiu elaborar procedimentos bem definidos para a tomada de decisão, cuja característica crucial se refere à tomada de decisão de forma sequencial. Ainda em seu modelo comportamental, Simon afirma ser impossível maximizar uma função-objetivo. Para isto, usa a racionalidade processual ao criar modelos aproximados do mundo real, na busca de uma solução satisfatória, utiliza métodos de pesquisa operacional (que trabalha com algoritmos para auxiliar a resolução de problemas envolvendo incertezas) e inteligência artificial (Melo *et al.*, 2016).

A inteligência artificial e a tomada de decisão humana estão intimamente relacionadas tanto no trabalho de Simon quanto na inteligência artificial atualmente. Ambos têm um ponto fundamental: a necessidade de se pesquisar até encontrar uma solução satisfatória. Em um trabalho em que interliga heurística, racionalidade limitada e inteligência artificial, Bettis *et al.*, enfatizam como é surpreendente para alguns, mas inteiramente razoável (em um sentido de racionalidade limitada), que a inteligência artificial é baseada em um grau substancial em heurística, em grande parte heurística de busca, em vez de ser baseada em otimização (Bettis *et al.*, 2018).

O processo decisório é um processo inteiramente racional em busca do melhor desfecho possível. Simon também descreveu um modelo para o processo de decisão que consiste em três etapas:

1. inteligência, fase de buscar situações de decisão, monitorando a organização e seu ambiente;
2. design (projeto) que é a construção do modelo de decisão;
3. escolha, fase de avaliar o conjunto de alternativas e produzir uma recomendação.

Este modelo foi adaptado por uma série de contribuições posteriores que incluíram mais duas etapas: a fase de revisão, de rever as etapas anteriores e introduzir um processo de aprendizagem, e a última fase de implementação do processo de decisão (De Almeida *et al.*, 2015).

#### 4.4 Análise de Decisão Multicritério

A Análise de Decisão Multicritério (*Multi-Criteria Decision Analysis – MCDA*) foi introduzido pela primeira vez por Keeney e Raiffa em 1976 e a descreveram como:

“uma extensão da teoria da decisão que cobre qualquer decisão com objetivos múltiplos. Uma metodologia para avaliar opções em critérios individuais, muitas vezes conflitantes, e combiná-los em uma avaliação geral. Critérios múltiplos para ajudar indivíduos ou grupos a explorar as decisões que importam.”

Em contraste, Devlin e Sussex descrevem MCDA como "um conjunto de métodos e abordagens para auxiliar na tomada de decisões em que as decisões são baseadas em mais de um critério, que explicitam o impacto de todos os critérios". A MCDA é uma ferramenta para incorporar medidas objetivas e subjetivas em um processo transparente de tomada de decisão, que identifica e pondera múltiplos critérios de avaliação para priorizar diferentes estratégias de tratamento ou tecnologias em saúde. Isso pode ser visto como um grande passo em direção a uma avaliação de tecnologia em saúde (ATS) baseada em valor (Thokala *et al.*, 2016).

O primeiro pesquisador, contudo, cujo trabalho pode ser formalmente classificado como tomada de decisão de múltiplos critérios, foi, provavelmente, o economista Vilfredo Pareto (1848–1923), sendo também o primeiro a introduzir o conceito de eficiência, que ficou conhecido como otimização de Pareto, em que alocação ótima de recursos é alcançada quando não é possível melhorar a situação de alguém sem piorar a situação de pelo menos uma outra pessoa, constituindo um dos conceitos-chave da economia, da ciência da negociação e da moderna teoria decisão multicritério, independentemente da “escola de pensamento”. Para Pareto, se todos os indivíduos concordam sobre o que preferem, o grupo também deve concordar (Greco *et al.*, 2016).

Para escolher uma alternativa, dentre um conjunto de alternativas possíveis, em um problema de otimização clássico, existe uma função objetivo a ser maximizada ou minimizada, quer esta função represente ganhos ou perdas, respectivamente. Um método de análise de decisão multicritério considera a estrutura de preferências de um tomador de decisão e envolve julgamento de valor, em que as preferências do tomador de decisão serão incorporadas no modelo de decisão para apoiar a escolha

da alternativa e, ao fazê-lo, os múltiplos critérios serão analisados simultaneamente, os objetivos são combinados com base nas preferências do tomador de decisão e essas preferências consistem na avaliação subjetiva dos critérios pelo decisor (De Almeida *et al.*, 2015).

O acrônimo MCDA, do inglês *Multi-Criteria Decision Analysis*, é aplicado no texto para representar as abordagens associadas à tomada de decisão multicritério, análise de decisão multicritério e apoio à decisão.

#### **4.4.1 Análise de Decisão Multicritério em Saúde**

As decisões em saúde visam selecionar uma solução ótima e, por isso, o desafio passa a ser escolher a melhor alternativa com base na avaliação de múltiplos critérios. A solução para este problema de decisão requer uma ordem de classificação das opções disponíveis e a MCDA, com suas várias técnicas disponíveis, tem o potencial de determinar a ordem das alternativas e apoiar decisões consistentes, rigorosas e transparentes, auxiliando os decisores de cuidados de saúde a melhorarem as suas escolhas, determinando sistematicamente a solução ideal. A maioria das decisões em saúde (por exemplo, avaliação de benefício-risco, avaliação de tecnologia em saúde e tomada de decisão compartilhada) exige uma avaliação cuidadosa das alternativas subjacentes e dos critérios usados para julgar essas alternativas (Mühlbacher *et al.*, 2016).

No site da *Society for Medical Decision Making* (SMDM) consta uma definição de Schwartz e colaboradores (Schwartz *et al.*, 2008) para a tomada de decisão médica:

"A ciência da decisão médica é um campo que abrange várias atividades relacionadas. Como um esforço normativo, propõe padrões para a tomada de decisão ideal. Como um esforço descritivo, procura explicar como médicos e pacientes tomam decisões rotineiramente e identificar ambas as barreiras para, e facilitadoras da tomada de decisão eficaz. Como um esforço prescritivo, busca desenvolver ferramentas que possam orientar os médicos, seus pacientes e os formuladores de políticas de saúde a tomarem boas decisões na prática."

De um modo geral, qualquer abordagem de modelagem de medição de valor envolve definir o problema de decisão que está sendo abordado, selecionar os critérios, medir o desempenho das alternativas e cumprimento das metas, pontuar alternativas e critérios de ponderação, agregação, análise de incerteza e interpretação dos resultados como apoio à tomada de decisão (Thokala *et al.*, 2016) (De Almeida *et al.*, 2015).

Em um estudo de revisão sobre análise de decisão multicritério em saúde (THOKALA *et al.*, 2016)(MARSH *et al.*, 2014), os avaliadores observaram que as opiniões dos tomadores de decisão foram positivas em relação à MCDA no cuidado com a saúde, enfatizando seu papel em:

1. Fornecer uma abordagem sistemática para tomada de decisão;
2. Facilitar a transferência de conhecimento e melhorar a compreensão das intervenções pelos tomadores de decisão;
3. Identificar lacunas de dados o que força os tomadores de decisão a pensar em todos os fatores relevantes; melhorar a transparência das decisões;
4. Comunicar a sua razão.

Embora uma minoria estivesse preocupada com a validade de usar a opinião de especialistas, a maioria dos participantes achou o processo de MCDA aceitável. As maiores preocupações foram:

- O tempo e os recursos necessários para implementar a MCDA;
- O desafio de absorver muita informação;
- A necessidade de participar do processo várias vezes antes que os participantes estivessem familiarizados com o processo e pudessem contribuir adequadamente para captar toda a sua utilidade;
- Desafios interpretando as saídas da MCDA.
- Sobre a generalização dos resultados
- Tempo e local da decisão específica sendo informada, refletido por alguns dos autores do estudo, que argumentaram que pesos e pontuações eram específicos de comitê e
- Um modelo de MCDA que tenta ser generalizável pode ignorar fatores específicos do contexto, mas servem como base para deliberação que pode



garantir que fatores específicos do contexto sejam incorporados a uma avaliação (Marsh *et al.*, 2014).

A abordagem Análise de decisão multicritério (MCDA) é uma ferramenta que está sendo utilizada por diversos estudos na saúde. Um grupo da Tunísia propôs a Análise de Decisão Multicritério a partir do software multicritério denominado “1000minds”, para criar um sistema de critérios e pesos para priorizar o uso de vacinas contra a COVID-19 em grupos de pessoas com risco significativamente maior de doença grave ou morte por COVID-19, selecionando critérios de priorização e os níveis dentro de cada critério com base nas evidências disponíveis sobre a COVID-19 e aqueles escolhidos pelos comitês científicos daquele país. Este estudo concluiu que o sistema de pontuação de priorização baseado em MCDA, que inclui critérios e pesos explícitos, fornece uma abordagem adaptável e multicritério que pode ajudar os decisores políticos a priorizar a utilização das vacinas contra a COVID-19 (Chaker Masmoudi *et al.*, 2022).

Projetos que utilizaram a modelagem da metodologia DEX do software de decisão multicritério DEXi em suas avaliações de MCDA também têm sido realizados em diversas áreas médicas, como, por exemplo, um sistema de apoio à decisão para modificação de medicação na doença de Parkinson (Bohanec *et al.*, 2018), avaliação de risco multicritério para desenvolvimento de pneumonia associada à ventilação mecânica (Drnovšek *et al.*, 2021), sistema de apoio à decisão pessoal para tratamento da insuficiência cardíaca congestiva, que visa ajudar os pacientes que sofrem de insuficiência cardíaca congestiva a gerir melhor a sua doença (Bohanec *et al.*, 2017), tema muito atual e interessante na inteligência artificial em saúde uma vez que a automonitorização mostra-se como uma promissora e excelente solução para redução de custos na saúde. Projetos em transplante de medula óssea não foram encontrados nessa abordagem.

#### **4.4.2 Modelagem de Decisão Multicritério**

A modelagem de Decisão Multicritério (MDMC) preocupa-se em estruturar e resolver problemas de decisão que envolvem critérios múltiplos e possivelmente conflitantes através da disponibilização de métodos e meios que têm o objetivo de

apoiar o decisor, permitindo obter informações do tomador de decisão, representá-las na forma de um modelo de decisão. A MDMC permite usar o modelo para executar as tarefas de tomada de decisão pretendidas: escolher, classificar e/ou classificar alternativas de decisão e análise e justificativa dos resultados (Greco *et al.*, 2016).

Um modelo multiatributo é uma estrutura hierárquica que representa a decomposição do problema de decisão em subproblemas, que são menores, menos complexos e possivelmente mais fáceis de resolver do que o problema completo (Bohanec *et al.*, 2013). Para uma modelagem especializada o principal recurso é o conhecimento especializado ao qual os modelos de apoio à decisão são desenvolvidos, levando em consideração as diretrizes clínicas e a prática médica como guias para o analista de decisão. Essa interface visa identificar os indicadores importantes e as regras de decisão a serem utilizadas pelo especialista na tomada de decisões, geralmente suportado por algum software adequado (Bohanec *et al.*, 2018).

#### **4.5 Metodologia DEX e Software DEXi**

DEX é uma metodologia qualitativa de apoio à decisão para avaliação e análise de alternativas de decisão, considerada uma importante conquista a longo prazo da investigação eslovena em inteligência artificial e apoio à decisão, implementado em três gerações de software, chamados de DECMAC, DEX e, atualmente, no Software DEXi, ao longo do seu desenvolvimento, e incorporado em muitos outros programas e sistemas de computador. Conceitualmente, o método DEX ou “*Decision EXPert*” é uma combinação de duas abordagens: análise de decisão multicritério (MCDA) e sistemas especialistas, constituindo um método de modelagem multiatributo que deixa de usar variáveis numéricas e funções de utilidade baseadas em pesos, introduzindo conceitos de sistemas especialistas como o uso de variáveis qualitativas (simbólicas, linguísticas), regras se-então, questões de incerteza, maior ênfase na transparência dos modelos e explicação dos resultados da avaliação (Bohanec *et al.*, 2013).

Os modelos DEX têm sido desenvolvidos em todo o mundo e usados para resolver problemas de decisão da vida real e para apoiar processos de decisão complexos em vários domínios de problemas, incluindo cuidados de saúde, gestão de projetos, avaliação de qualidade e risco, gestão ambiental, agricultura, mineração

de dados, tecnologia da informação, turismo, entre outros (Bohanec, 2017) (Bohanec *et al.*, 2013).

A metodologia DEX tem três características principais (Bohanec, 2017):

1. é hierárquica: um modelo DEX consiste em atributos, também chamados de critérios ou variáveis de desempenho, estruturados hierarquicamente;
2. é qualitativa: todos os atributos são simbólicos, assumindo valores que são palavras e não números, como “ruim”, “médio”, “excelente”, “baixo” ou “alto”;
3. é baseada em regras: a agregação hierárquica de valores é definida com regras de decisão, adquiridas e representadas na forma de tabelas de decisão.

O software DEXi é um programa de computador para tomada de decisões multiatributos que visa o desenvolvimento interativo de modelos de decisão qualitativos multiatributos e a avaliação de opções, disponível publicamente (<http://kt.ijs.si/MarkoBohanec/dexi.html>) e seu uso é gratuito para aplicações não comerciais. Útil para apoiar tarefas complexas de tomada de decisão, em que existe a necessidade de selecionar uma opção específica de um conjunto de opções possíveis, de modo a satisfazer os objetivos do decisor. Os modelos desenvolvidos pelo DEXi são qualitativos e geralmente consistem em atributos qualitativos (discretos). Isto torna o DEXi particularmente adequado para resolver tarefas de análise de decisão de ordenação/classificação, em que as opções precisam ser colocadas em um número finito de categorias predefinidas (Bohanec *et al.*, 2013).

O software DEXi oferece uma interface amigável (*user-friendly*) que suporta cinco tarefas básicas (Craheix *et al.*, 2015):

1. desenvolvimento de modelos qualitativos multicritérios;
2. aplicação de modelos para avaliar e analisar alternativas de decisão;
3. análise hipotética para estudar como a saída do modelo varia com mudanças na entrada;
4. apresentação gráfica, permitindo representar a comparação de alternativas de decisão usando visualizações gráficas, como gráficos de radar ou representação de tabela com cores e

## 5. apresentação textual do modelo e suas simulações.

As escalas do modelo são preferencialmente ordenadas e os atributos formam uma estrutura hierárquica, ou seja, um gráfico acíclico direcionado ou, na maioria das vezes, uma árvore cuja agregação é definida em termos de regras de decisão, agrupadas em tabelas de decisão (Bohanec *et al.*, 2018). A avaliação é realizada progressivamente desde os atributos mais baixos da hierarquia até às suas raízes e o valor de cada atributo agregado é calculado usando a função de agregação correspondente (Trdin *et al.*, 2018).

As funções de utilidade são os componentes do modelo multiatributo que definem o aspecto de agregação da avaliação de opções ao qual para cada atributo agregado  $Y$ , cujos descendentes na árvore de atributos são  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , a função de utilidade correspondente  $f$  define o mapeamento:  $f: X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n \rightarrow Y$  (Bohanec, 2008). Cada alternativa é avaliada por especialistas de acordo com os critérios básicos, ou seja, critérios em uma árvore de critérios que não possuem subcritérios. Os valores de outros critérios, isto é, critérios agregados, por sua vez, são calculados seguindo funções de utilidade predeterminadas, que são definidas por um conjunto de regras se-então para cada critério agregado separadamente. Tais regras são simples de entender e abrangem todas as combinações de valores de domínio de subcritérios. A solução de software ajuda os especialistas sugerindo resultados de regras e sublinhando regras logicamente incompatíveis, com base no fato de que todos os critérios classificaram os valores de domínio do melhor para o pior (Mihelčić *et al.*, 2017)(Drnovšek *et al.*, 2021).

## 4.6 Plataforma REDCap

*Research Electronic Data Capture* (REDCap) é um aplicativo baseado na web desenvolvido pela *Vanderbilt University* para capturar dados para pesquisas clínicas e criar bancos de dados e projetos (Patridge *et al.*, 2018), suportando diversos tipos de pesquisas clínicas, como ensaios clínicos, estudos retrospectivos, estudos coortes e estudos observacionais (Garcia *et al.*, 2021).

O consórcio REDCap inclui 5.200 parceiros espalhados por 141 países e foi citado em mais de 14.500 artigos, conforme dados de junho de 2021 (Garcia *et al.*,

2021), incluindo a rede EBSEH e o RBTCTH que utiliza os formulários de captura eletrônicos por meio do link, <https://redcap.einstein.br/surveys/?s=3W7CDKYHTT>, para cadastro dos centros participantes.

A plataforma REDCap possui importantes características para apoiar projetos de investigação, assim listados: (1) o acesso colaborativo a dados entre departamentos e instituições acadêmicas; (2) a autenticação de usuário e segurança baseada em funções; (3) os formulários eletrônicos intuitivos; (4) a validação de dados em tempo real, com verificações de integridade e outros mecanismos para garantir a qualidade dos dados; (5) a capacidade de auditoria; (6) armazenamento e compartilhamento de documentos de protocolo assim como armazenamento central de dados e backups; (7) funções de exportação de dados para pacotes estatísticos para Excel e pacotes estatísticos comuns (SPSS, SAS, Stata, R); (8) e funções de importação de dados para facilitar a importação em massa de dados de outros sistemas (Harris *et al.*, 2009).

O aplicativo apresenta reconhecimento internacional pela conformidade de segurança e privacidade das informações com vários dispositivos legais, com regulamentação de vários dispositivos legais como a Lei Federal de Gerenciamento de Segurança da Informação (*Federal Information Security Management Act – FISMA*, sigla em inglês) e com a HIPAA (*Health Insurance Portability and Accountability Act*, sigla em inglês), do governo americano e o Regulamento Geral de Proteção de Dados da União Europeia (*General Data Protection Regulation – GDPR*) (Garcia *et al.*, 2021). O REDCap permite, por exemplo, que o administrador principal de um projeto atribua direitos específicos a indivíduos para acessar dados e criar relatórios, recurso esse que fornece outra camada de segurança aos projetos e pode ajudar os investigadores a cumprir os requisitos de segurança de dados do conselho de revisão institucional (Patridge *et al.*, 2018).

## 5 METODOLOGIA DA PESQUISA

### 5.1 Revisão da Literatura

Uma revisão da literatura foi realizada com o objetivo identificar as características e parâmetros mais importantes necessários para a escolha do melhor doador de células tronco hematopoiéticas, determinar a hierarquização e valoração dos critérios selecionados para

Foram procurados artigos abertos nos bancos “*Pubmed/Medline (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online)*” e “Scopus” através do Portal de Periódicos da CAPES, via acesso à Comunidade Acadêmica Federada (CAFe)/UEPB. A busca por termos, segundo os Descritores em Ciência da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings (MeSH Terms)*, relacionados especificamente a doador de medula óssea e técnicas de inteligência artificial: (“*bone marrow donor*” OR “*hematopoietic stem cell donor*” OR “*stem cell donor*”) AND (“*artificial intelligence*” OR “*machine learning*” OR “*deep learning*”), encontrou apenas 04 trabalhos tabulados pelas plataformas de busca. Quando se acrescentaram os termos relacionados à análise de decisão multicritério: (“*Decision-making*” OR *Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA)* OR *Multiple Criteria Decision Making (MCDM)*”) em associação com doador de medula óssea, não resultou em trabalhos publicados.

Realizada revisão de literatura com descritores finais mais abrangentes ((“*bone marrow donor*” OR “*allogeneic transplantation*” OR “*hematopoietic cell transplantation*” OR “*hematopoietic stem cell transplantation*” OR “*allogeneic stem cell transplantation*” OR “*stem cell donor*” OR “*allogeneic hematopoietic cell transplantation*” OR “*allogeneic HSCT*”) AND (“*artificial intelligence*” OR “*machine learning*” OR “*deep learning*” OR “*neural networks*”)), 146 estudos foram selecionados para análise. Ao final da seleção e exclusão, foi realizada extração de dados de 32 estudos.

Inúmeras diretrizes médicas nacionais e internacionais foram revisadas com o objetivo de complementar e embasar o escopo da pesquisa.

Os resultados da revisão da literatura, juntamente com a expertise da prática clínica, permitiram o desenvolvimento dos formulários de captura eletrônica de dados

da plataforma REDCap e a construção do modelo de avaliação multicritério no software DEXi baseado em sistemas especialistas.

Aprofundou-se ainda o conhecimento sobre as Teorias de Análise de Decisão Multicritério e Racionalidade Limitada em correlação com a nossa questão de pesquisa em saúde e transplante de células tronco hematopoiéticas.

## 5.2 Banco de Dados

As regras de decisão do modelo DEX são agrupadas em tabelas de decisão em que todos os elementos do modelo DEX são adquiridos de forma interativa a partir do conhecimento de especialistas, ou seja, não há envolvimento de mineração de dados. Ao serem formuladas, verifica-se a integridade e consistência dessas regras (Bohanec *et al.*, 2018).

O modelo em questão, portanto, foi desenvolvido com base nos critérios, tanto agregados quanto não agregados, selecionados com embasamento na revisão de literatura, diretrizes e na experiência clínica da autora como especialista em transplante de medula óssea.

Quanto à disponibilidade de dados do REDOME, assim como dos receptores, em função de restrições de privacidade e segurança de dados, só se pode disponibilizar dados anonimizados, mas, para isso, o projeto tem que ter aprovação de um Comitê de Ética, com aplicação de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, o que constituiu uma dificuldade do trabalho. O acesso aos bancos internacionais de doadores, através dos programas de bioinformática do CIBMTR e da *World Marrow Donor Association (WMDA)*, foi solicitado, porém não se obteve resposta em tempo hábil.

No presente estudo, foram avaliados quatro doadores hipotéticos, designados como Doador 1, Doador 2, Doador 3 e Doador 4. Foi presumido que as características desses doadores seriam compatíveis e alinhadas com as informações disponíveis nas listas de doadores de medula óssea fornecidas pelos registros de busca através da análise da especialista.

Os doadores desempenharam um papel crucial na fase de teste do modelo, contribuindo para a determinação das funções de utilidade do sistema de avaliação, bem como na identificação de possíveis falhas e erros.

Outros quatro doadores hipotéticos com características extremas (muito boas ou muito ruins) foram avaliados ainda com objetivo de envenenamento de dados e sinalizar possíveis falhas do modelo.

### 5.3 Seleção dos critérios

A seleção dos critérios fundamentais foi realizada por meio de uma revisão extensiva da literatura, análise de diretrizes e experiência prática da autora, sendo organizada em graus de relevância e prioridade.

Os critérios de maior relevância no estudo foram as correspondências entre doador e receptor, sendo os prioritários a correspondência HLA e idade. O grau de correspondência de HLA entre doadores e receptores é a principal variável do doador que afeta a sobrevida global do TCTH de doadores não aparentados. Numerosos estudos mostram sobrevida global inferior quando o transplante ocorre a partir de um doador não aparentado com HLA incompatível, tornando a correspondência 8/8 HLA (HLA-A, -B, -C, -DRB1) o padrão-ouro (Shaw *et al.*, 2018). O aumento na disparidade de HLA do receptor do doador em HLA-A, HLA-B, HLA-C ou HLA-DRB1 está associado a resultados piores após transplante de doador não aparentado. Já as disparidades no HLA-DQB1, bem como as disparidades do alelo C em C\*03:03 vs 03:04, foram relatadas como permissivas, sem efeitos negativos no resultado, como também as disparidades em HLA-DPB1, que são observadas na maioria dos transplantes de doadores não aparentados HLA-A, HLA-B, HLA-C e HLA-DQB1 (10/10) (Polomeni *et al.*, 2019).

A idade do doador exerce um impacto mais significativo na mortalidade geral em comparação ao status sorológico do doador para CMV, sexo, paridade, incompatibilidade ABO e raça (Kollman *et al.*, 2016). Destaca-se que a idade do doador é a única característica associada à sobrevida global, evidenciando que a mortalidade do receptor aumentou com o avanço da idade do doador (Shouval *et al.*, 2019). Outro aspecto crucial de compatibilidade refere-se à correlação entre raça, peso, sexo, tipagem sanguínea ABO e sorologia para citomegalovírus. Devido à



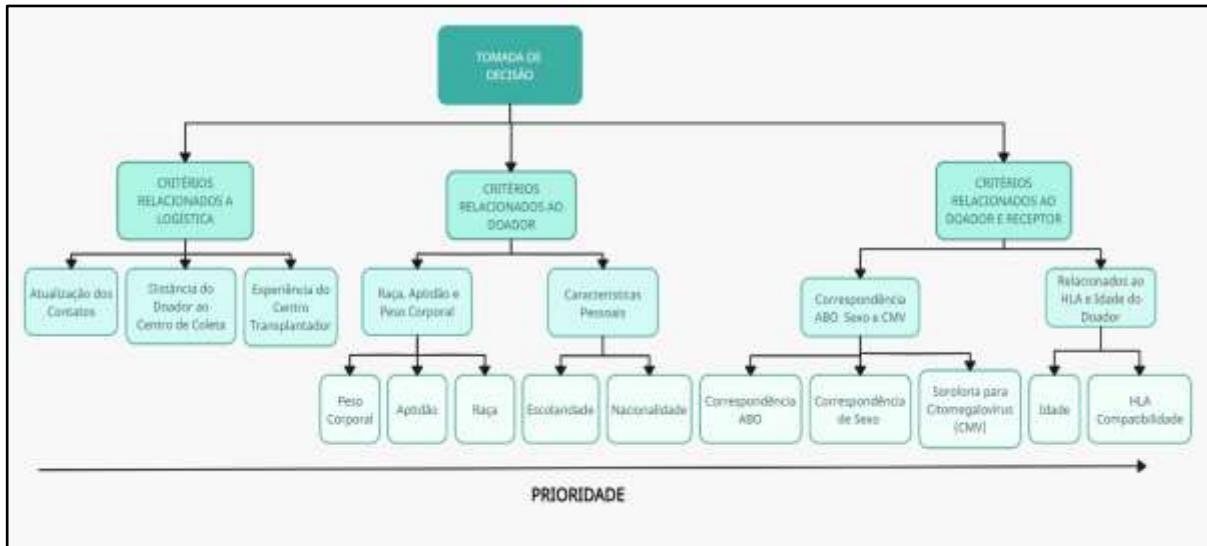
variação nas frequências de alelos e haplótipos HLA entre grupos raciais/étnicos distintos (Dehn *et al.*, 2020), a ampliação da diversidade étnica ainda mais limita as chances de encontrar um doador não aparentado totalmente compatível (Polomeni *et al.*, 2019). A repercussão clínica a médio e longo prazo da incompatibilidade ABO permanece controversa, visto que estudos extensos indicam que maior ou menor incompatibilidade não resulta em impactos significativos na sobrevida global e não representa contraindicação à seleção de doadores (Pereira *et al.*, 2021). Essa constatação é respaldada por um estudo brasileiro que revelou resultados semelhantes, indicando ausência de impacto na sobrevida global, desenvolvimento de doença do enxerto versus hospedeiro (DECH) e mortalidade relacionada ao transplante em pacientes que receberam células de doadores com incompatibilidade ABO (Júnior *et al.*, 2019). Em contraste, uma pesquisa japonesa recomendou que, ao optar por um doador com incompatibilidade ABO, os clínicos devem intensificar a profilaxia para DECH e considerar suporte transfusional adequado para antecipar eventuais atrasos na recuperação dos níveis de eritrócitos e/ou plaquetas, além de proceder à remoção de eritrócitos ou plasma do enxerto durante o transplante (Kimura *et al.*, 2019). Transplantes HLA compatíveis de doadoras do sexo feminino para receptores do sexo masculino estão associados a uma incidência maior de DECH aguda, maior taxa de mortalidade relacionada ao transplante e menor recidiva, resultando, no entanto, em uma sobrevida semelhante quando comparados a outras combinações sexuais doador-receptor (alternadas). O impacto do sexo no desfecho dos doadores parece ser predominantemente influenciado pela gravidez. Quando as doadoras grávidas são excluídas da análise, a diferença no desfecho dos doadores entre os sexos desaparece (Lown *et al.*, 2014). As doenças causadas pelo citomegalovírus (CMV) representam as principais causas de morbidade e mortalidade significativas em receptores de TCTH. O risco de recorrência do CMV geralmente ocorre entre 2 e 4 meses, com uma mediana de 44 dias após o TCTH, dependendo do nível de competência imunológica (Pereira *et al.*, 2021). Evitar a incompatibilidade de CMV pode compensar o impacto negativo de uma incompatibilidade de HLA (Shaw *et al.*, 2017).

As últimas sessões, com menor grau de importância na árvore de hierarquização, foram relacionadas a características relacionadas ao próprio doador e à logística. Em relação à aptidão do doador, em muitos casos é difícil estabelecer uma base de evidências rigorosa como justificativa para os critérios, portanto, deve-

se procurar a opinião de peritos sobre a fisiologia subjacente da doença e combiná-la com o conhecimento das alterações fisiológicas conhecidas associadas à doação, bem como com a experiência adquirida ao longo de várias décadas de acompanhamento de doadores de HSC e de notificação de eventos adversos. Um conjunto mínimo de perguntas exigidas dos potenciais doadores no recrutamento foi estabelecido pela *World Marrow Donor Association* (WMDA) e inclui questionamentos e dados como, por exemplo, sobre história médica pregressa e atual de câncer, doenças autoimunes, doenças hereditárias, doenças infecciosas e sexualmente transmissíveis, hipertensão, doenças cardiovasculares, epilepsia, asma, gravidez, alergias, consumo de álcool, medicamentos em uso, peso, altura (Lown *et al.*, 2014). Questões logísticas podem determinar a seleção entre essas características secundárias de doadores se múltiplos doadores forem igualmente pareados e podem determinar a seleção entre essas características secundárias de doadores se vários doadores com a mesma idade e compatibilidade estiverem disponíveis (Kollman *et al.*, 2001). O NMDP começou a inserir novas estratégias de engajamento que resultaram na inclusão de datas de último contato e termo de compromisso nos relatórios de busca para ajudar os centros de transplante a selecionar doadores com maior probabilidade de estarem disponíveis. No entanto, ainda é importante que os centros busquem vários doadores adultos ou unidades sangue de cordão adequadas, pois outras questões, como a aptidão médica do doador, podem afetar a pontualidade do processo de busca e doação (Dehn *et al.*, 2020).

Um diagrama, mostrado na figura 4, foi elaborado com objetivo de obter uma representação gráfica e visual mais simplificada dos critérios e do grau de prioridade e facilitar a construção dos formulários de captura de dados e a posterior montagem da árvore de decisão do modelo no software.

**Figura 4.** Diagrama dos critérios selecionados em hierarquização e grau de prioridade



Fonte: Elaborada pela autora, (2024).

#### 5.4 Construção dos formulários eletrônicos de captura de dados no REDCap

Por meio da ferramenta de captura eletrônica de dados REDCap, acessada pela autora através do link <https://redcap.ebserh.gov.br/>, disponibilizado gratuitamente aos servidores pela Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH), gestora do Hospital Universitário Alcides Carneiro da Universidade Federal de Campina Grande, foram construídos formulários eletrônicos de coleta de dados (e-CRF, em inglês), previamente selecionados com características e critérios específicos. O acesso à plataforma foi realizado mediante “identificação do usuário” e “senha” pessoal e intransferível.

Após acesso, na tela inicial, foi selecionada a opção “criar um novo projeto REDCap” e iniciado o nosso projeto intitulado “Escolha do Doador de Medula Óssea” e o tipo foi configurado como repositório (Figura 5).

**Figura 5** – Tela configuração para criar um novo projeto REDCap

**+Crie um novo projeto REDCap**

Você pode começar a criação de um novo projeto REDCap por conta própria, preenchendo o formulário abaixo e clicando no botão Criar Projeto na parte inferior.

**Título do projeto:**

**Objetivo do projeto:**  Como isso será usado?

**Nome do PI (se aplicável):**     
Primeiro nome MI Sobrenome

**E-mail do PI (se aplicável)**

**Nome do PI conforme citado nas publicações (se aplicável):**  (por exemplo, Harris PA)

**Número IRB (se aplicável):**

**Por favor especifique:**

Pesquisa básica ou de bancada

Estudo ou ensaio de pesquisa clínica

Pesquisa translacional 1 (aplicação de descobertas ao desenvolvimento de ensaios e estudos em humanos)

Pesquisa translacional 2 (melhorar a adoção de resultados de pesquisas e melhores práticas na comunidade)

Estudo de pesquisa comportamental ou psicossocial

Epidemiologia

Repositório (desenvolver um repositório de dados ou amostras para uso futuro pelos investigadores)

Outro

**Notas do projeto (opcional):**   
Descrição do uso ou propósito do projeto (exibido na página Meus Projetos)

**Opção de criação do projeto:**

Projeto vazio (folha em branco)

Carregue um arquivo XML de projeto REDCap (formato CDISC ODM) [?](#)

Use um modelo (escolha um abaixo)

**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

Em seguida, os formulários foram criados a partir da opção "*Design on-line*", uma vez que foram desenvolvidos manualmente, sem a utilização de modelos preexistentes na plataforma (Figura 6).

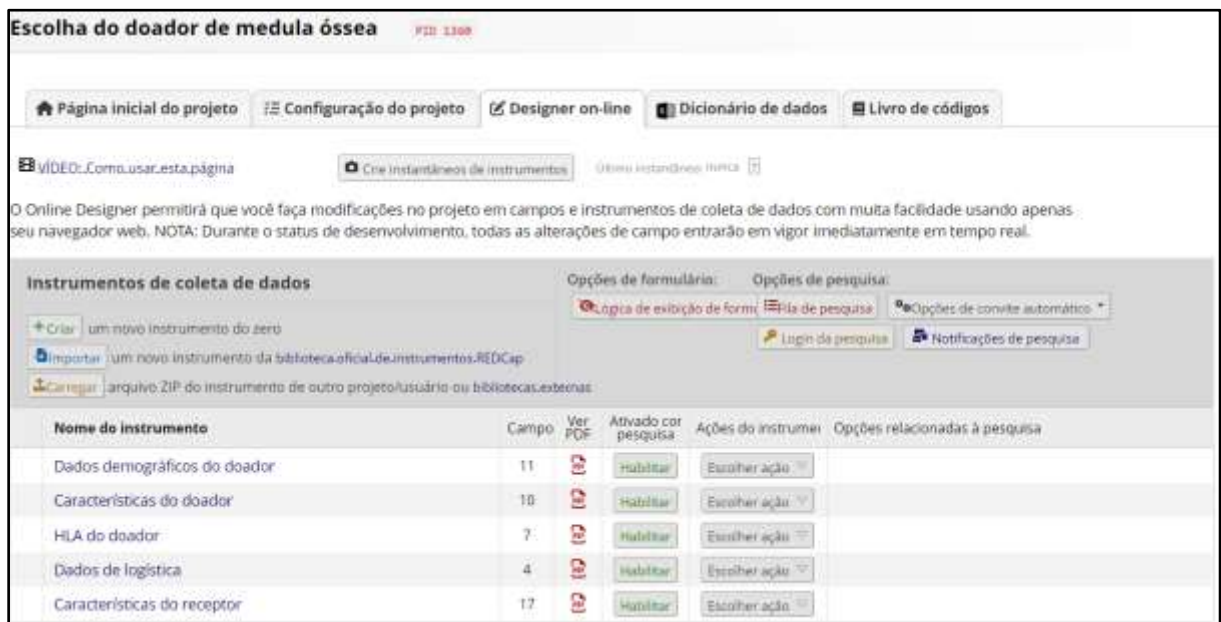
**Figura 6** – Tela de configuração para elaboração dos formulários



Fonte: Elaborada pela autora, (2024).

Cinco instrumentos de coleta de dados foram construídos com as seguintes denominações: “Dados Demográficos do doador”, “Características do doador”, “HLA do doador”, “Dados de logística” e “Características do receptor”. Em cada formulário, foram inseridos questionários com as características necessárias (Figura 7).

**Figura 7.** Formulários de captura eletrônica de dados REDCap



Fonte: Elaborada pela autora, (2024).

Na figura 8, observa-se o instrumento “Dados demográficos do doador”, que contém o número de registro no banco de doadores, iniciais, sexo, data de nascimento, nacionalidade, raça, etnia, escolaridade, cidade, estado e país de procedência. Percebe-se que os formulários são simples, diretos e de fácil preenchimento.

**Figura 8.** Visualização do formulário “Dados demográficos do doador”

Instrumento atual: **Dados demograficos do doador** Instrumento de visualização

Variável: record\_id  
**Número REDOME/NMDP/CIBMTR**

Adicionar Campo Adicionar Matriz de Campos Importar do Banco de Campos

Variável: inicial  
**Iniciais:**   
 \* deve fornecer valor

Adicionar Campo Adicionar Matriz de Campos Importar do Banco de Campos

Variável: sexo  
**Sexo:**  Masculino  Feminino terminar  
 \* deve fornecer valor

Adicionar Campo Adicionar Matriz de Campos Importar do Banco de Campos

Variável: dianascimento  
**Dados de nascimento:**   Hoje DIA  
 \* deve fornecer valor

Adicionar Campo Adicionar Matriz de Campos Importar do Banco de Campos

Variável: nacionalidade  
**Nacionalidade:**   
 Brasileira  
 \* deve fornecer valor

Adicionar Campo Adicionar Matriz de Campos Importar do Banco de Campos

Variável: raza  
**Raça:**

Adicionar Campo Adicionar Matriz de Campos Importar do Banco de Campos

Variável: etnia  
**Etnia:**

Adicionar Campo Adicionar Matriz de Campos Importar do Banco de Campos

Variável: escolaridade  
**Escolaridade:**

Adicionar Campo Adicionar Matriz de Campos Importar do Banco de Campos

Variável: procedencia  
**Cidade de procedência:**   
 Patos  
 \* deve fornecer valor

Adicionar Campo Adicionar Matriz de Campos Importar do Banco de Campos

Variável: estado  
**Estado de procedimento:**

Adicionar Campo Adicionar Matriz de Campos Importar do Banco de Campos

Variável: pais  
**País de procedência:**   
 Brasil

Adicionar Campo Adicionar Matriz de Campos Importar do Banco de Campos

Fonte: Elaborada pela autora, (2024).

A opção de inserir inicialmente os critérios nos formulários eletrônicos de captura foi escolhida para facilitar a construção subsequente do modelo e ter uma ferramenta pronta para uma posterior formação de banco de dados.

O dicionário de dados e os formulários encontram-se no Anexo A.

## 5.5 Construção do modelo de análise de decisão multicritério DEXi

Softwares de decisão multicritérios estão disponíveis e aplicam diversos métodos de análise de decisão multicritério para desenvolvimento dos modelos. O site da Sociedade Internacional de Análise de Decisão Multicritério (*International Society on Multiple Criteria Decision Making - MCDM Society*) lista diversos softwares (<https://www.mcdmsociety.org/content/software-related-mcdm-0>), de modelos matemáticos e de inteligência artificial como, por exemplo, a otimização não linear multiobjectivo que é baseada em abordagens de escalarização, estrutura de software de código aberto para otimização multiobjetivo interativa e a metodologia *Decision Expert* (DEX), utilizada no software DEXi (disponível em: <http://www.mcdmsociety.org/>).

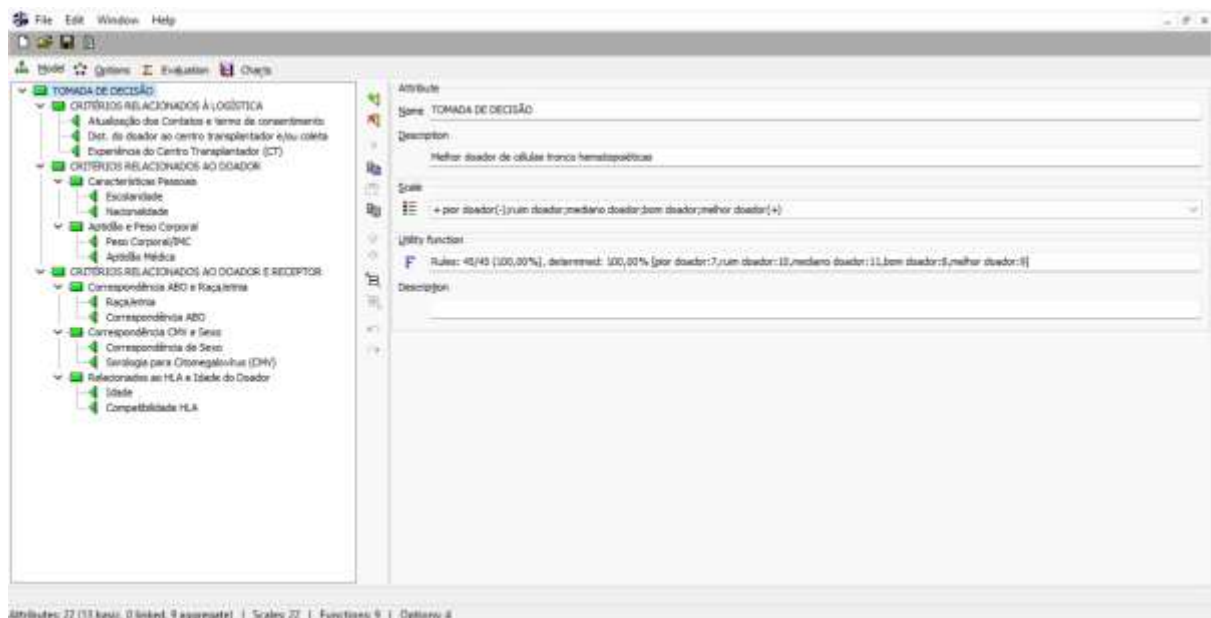
O desenvolvimento do modelo de análise de decisão multicritério no nosso projeto foi respaldado pelo software livre DEXi (*Program for Multi-Attribute Decision Making*) Versão 5.05, uma plataforma baseada em Microsoft Windows, que foi baixada pela autora para uso no estudo a partir do site (<http://kt.ijs.si/MarkoBohanec/dexi.html>). Trata-se de um software com utilização na área de saúde e médica, de baixa carga computacional e aberto, cuja modelagem se adequa à nossa pergunta de decisão. Outros softwares de decisão multicritério foram procurados e analisados, porém, ou mostraram-se obsoletos, ou não se adequaram à pergunta de decisão, ou eram fechados e pagos, com dificuldade de acesso.

O método DEX, ou Decision EXpert, representa uma abordagem qualitativa de modelagem multiatributo que integra a modelagem de decisão multicritério com sistemas especialistas baseados em regras. Esse método consiste em atributos qualitativos estruturados hierarquicamente, cujos valores são expressos em termos de palavras, como “baixo, médio, alto” e cuja agregação é definida por regras de decisão (Trdin *et al.*, 2018).

O processo de construção do modelo compreendeu quatro etapas principais: formulação do problema de decisão, modelagem especializada, formação dos doadores hipotéticos e avaliação do modelo. O problema de decisão foi a escolha do melhor doador células tronco-hematopoiéticas.

Durante a construção da árvore hierárquica de decisão do modelo, várias interações e modelagens foram conduzidas, para definir a agregação dos atributos e a disposição da hierarquização dos critérios. Definiu-se que a hierarquização, do mais ao menos importante, isto é, seus graus de prioridade, ocorre em níveis ascendentes (de baixo para cima). Essa dinâmica é revelada no *design* do modelo visualizado na tela principal de modelagem do software DEXi (Figuras 9 e 10).

**Figura 9.** Tela de visualização da aba de modelagem do software DEXi

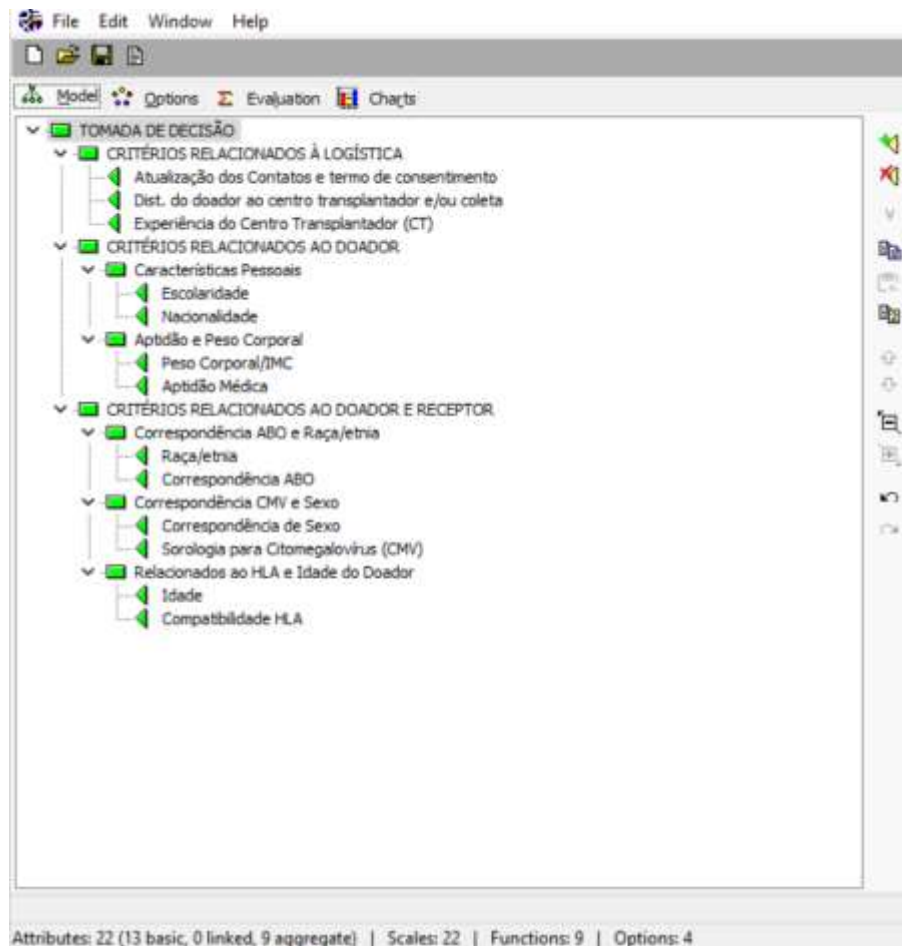


**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

A figura 10 evidencia o aspecto final do modelo com a definição de um total de 22 atributos, divididos em 13 critérios básicos e 9 critérios agregados em uma estrutura de árvore de decisão.



**Figura 10.** Árvore de decisão do modelo



**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

Os atributos básicos foram compatibilidade HLA, idade, sorologia para citomegalovírus, correspondência de sexo, correspondência ABO, raça/etnia, aptidão médica, peso corporal/IMC, nacionalidade, escolaridade, experiência do centro transplantador, distância do doador ao centro transplantador e/ou coleta, atualização dos contatos e termo de consentimento. Já os 9 atributos agregados englobam “Tomada de Decisão”, “Critérios relacionados à logística”, “Critérios relacionados ao Doador”, “Características pessoais”, “Aptidão e Peso Corporal”, “Critérios relacionados ao doador e receptor”, “Correspondência ABO e Raça/etnia”, “Correspondência CMV e sexo”, “Relacionados ao HLA e idade do Doador”. O atributo raiz que delinea o resultado final do modelo é a “Tomada de Decisão” ao qual se refere a pergunta de decisão: qual o melhor doador de células tronco hematopoiéticas. Cada atributo encontra-se descrito na figura 11.

**Figura 11.** Descrição dos atributos da tomada de decisão do modelo

Atributo	Descrição
<b>TOMADA DE DECISÃO</b>	Melhor doador de células tronco hematopoiéticas
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS À LOGÍSTICA</b>	
- Atualização dos Contatos e termo de consentimento	Data de atualização de meios de contatos e aceite
- Dist. do doador ao centro transplantador e/ou coleta	Distância entre doador e o local do transplante e/ou coleta
- Experiência do Centro Transplantador (CT)	Experiência do CT em transplante alogênico
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR</b>	
- <b>Características Pessoais</b>	
- Escolaridade	Grau de instrução
- Nacionalidade	País de nascimento
- <b>Aptidão e Peso Corporal</b>	
- Peso Corporal/IMC	Peso e Índice de Massa Corpórea
- Aptidão Médica	Comorbidades
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR E RECEPTOR</b>	
- <b>Correspondência ABO e Raça/etnia</b>	
- Raça/etnia	Avaliação de grupos raciais/étnicos
- Correspondência ABO	Compatibilidade dos grupos sanguíneos A, B, AB e O entre o doador e o receptor
- <b>Correspondência CMV e Sexo</b>	
- Correspondência de Sexo	Correspondência de sexo entre doador e receptor
- Sorologia para Citomegalovírus (CMV)	Correspondência sorológica de CMV (associação com mortalidade e morbidade ao receptor)
- <b>Relacionados ao HLA e Idade do Doador</b>	
- Idade	Idade (correlação com celularidade e impacto na sobrevida global do receptor)
- Compatibilidade HLA	Antígenos Leucocitários Humanos (em inglês, Human Leukocyte Antigens)

Fonte: Elaborada pela autora, (2024).

### 5.5.1 Definição dos valores dos domínios

Definidos os valores, considera-se o "melhor doador" aquele com maior compatibilidade nos critérios mais cruciais, influenciando positivamente a sobrevida global do receptor e o resultado do TCTH. Já o "pior doador" é caracterizado por atributos desfavoráveis à doação, resultando em prognóstico desfavorável, maior risco de morbimortalidade, doença do enxerto contra o hospedeiro e mortalidade relacionada ao transplante. Os valores intermediários compreendem o "bom doador", "doador mediano" e "ruim doador". A representação visual utiliza cores para facilitar a compreensão: vermelho indica os valores mais baixos na escala (pior doador), preto representa os valores intermediários (bom doador, doador mediano, ruim doador) e verde representa os valores mais elevados, indicando o melhor doador em nosso estudo. À extrema esquerda, encontram-se a descrição de todos os critérios, atributos e objetivos de avaliação do modelo DEX. Para cada critério, foram definidos os valores (Figura 12).

**Figura 12.** Árvore de decisão dos critérios com valores de domínio atribuídos

Atributo	Escala
<b>Tomada de Decisão</b>	<b>1. pior doador; 2. ruim doador; 3. mediano doador; 4. bom doador; 5. melhor doador</b>
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS A LOGÍSTICA</b>	<b>1. pior doador; 2. mediano doador; 3. melhor doador</b>
-Atualização dos Contatos e termo de consentimento	<b>1. pior doador; 2. melhor doador</b>
-Dist. do doador ao centro transplantador e/ou coleta	<b>1. pior doador; 2. mediano doador; 3. melhor doador</b>
-Experiência do Centro Transplantador (CT)	<b>1. pior; 2. melhor</b>
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR</b>	<b>1. pior doador; 2. mediano doador; 3. melhor doador</b>
- <b>Características Pessoais</b>	<b>1. pior doador; 2. melhor doador</b>
-Escolaridade	<b>1. pior doador; 2. mediano doador; 3. melhor doador</b>
-Nacionalidade	<b>1. pior doador; 2. melhor doador</b>
- <b>Aptidão e Peso Corporal</b>	<b>1. pior doador; 2. mediano doador; 3. melhor doador</b>
-Peso Corporal/TMC	<b>1. pior doador; 2. melhor doador</b>
-Aptidão Médica	<b>1. pior doador; 2. mediano doador; 3. melhor doador</b>
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR E RECEPTOR</b>	<b>1. pior doador; 2. ruim doador; 3. mediano doador; 4. bom doador; 5. melhor doador</b>
- <b>Correspondência ABO e Raça/etnia</b>	<b>1. pior doador; 2. mediano doador; 3. melhor doador</b>
-Raça/etnia	<b>1. pior doador; 2. melhor doador</b>
-Correspondência ABO	<b>1. pior doador; 2. mediano doador; 3. melhor doador</b>
- <b>Correspondência CMV e Sexo</b>	<b>1. pior doador; 2. mediano doador; 3. melhor doador</b>
-Correspondência de Sexo	<b>1. pior doador; 2. mediano doador; 3. melhor doador</b>
-Sorologia para Citomegalovírus (CMV)	<b>1. pior doador; 2. mediano doador; 3. melhor doador</b>
- <b>Relacionados ao HLA e Idade do Doador</b>	<b>1. pior doador; 2. ruim doador; 3. mediano doador; 4. bom doador; 5. melhor doador</b>
-Idade	<b>1. pior doador; 2. ruim doador; 3. bom doador; 4. melhor doador</b>
-Compatibilidade HLA	<b>1. pior doador; 2. ruim doador; 3. mediano doador; 4. bom doador; 5. melhor doador</b>

**Tomada de Decisão**  
 Melhor doador de medula óssea

1. **pior doador**
2. **ruim doador**
3. **mediano doador**
4. **bom doador**
5. **melhor doador**

Fonte: Elaborada pela autora, (2024).

Evidencia-se que o parâmetro escala apresenta níveis que se diferenciam de um critério a cada subcritério. Para o modelo abordado a tomada de decisão é escalável em pelo menos cinco categorias que variam de pior a melhor doador.

Para cada um dos atributos selecionados, foram fornecidos pesos individuais baseados na revisão da literatura e seu impacto na sobrevida global, morbidade, mortalidade relacionado ao transplante, doença do enxerto contra hospedeiro, entre outros. Nas figuras 13 e 14, os critérios da função maior de tomada de decisão apresentam subcategorias com características exclusivas atribuídas às suas respectivas funcionalidades e correspondentes valores de domínio.

**Figura 13.** Descrição dos critérios relacionados ao doador e receptor com valores de domínio individuais

CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR E RECEPTOR	
<p>1. <b>pio</b> doador</p> <p>2. ruim doador</p> <p>3. mediano doador</p> <p>4. bom doador</p> <p>5. <b>melhor</b> doador</p>	<p><b>Sorologia para Citomegalovirus (CMV)</b></p> <p>Correspondência sorológica de CMV (associação com mortalidade e morbidade ao receptor)</p> <p>1. <b>pio</b> doador Receptor+/ Doador-</p> <p>2. mediano doador Receptor-/Doador+</p> <p>3. <b>melhor</b> doador Receptor-/Doador- ou Receptor+/Doador+</p>
<p><b>Raça/etnia</b></p> <p>Avaliação de grupos raciais/étnicos</p> <p>1. <b>pio</b> doador Grupo racial/étnico diferente</p> <p>2. <b>melhor</b> doador Grupo racial/étnico igual ou semelhante</p>	<p><b>Idade</b></p> <p>Idade (correlação com celularidade e impacto na sobrevida global do receptor)</p> <p>1. <b>pio</b> doador &gt; 50 anos</p> <p>2. ruim doador 40 &gt; e &lt; 50 anos</p> <p>3. bom doador &gt; 30 e &lt; 40 anos</p> <p>4. <b>melhor</b> doador &lt; 30 anos</p>
<p><b>Correspondência ABO</b></p> <p>Compatibilidade dos grupos sanguíneos A, B, AB e O entre o doador e o receptor</p> <p>1. <b>pio</b> doador Incompatibilidade maior ou bidirecional</p> <p>2. mediano doador Incompatibilidade ABO menor</p> <p>3. <b>melhor</b> doador Totalmente compatível</p>	<p><b>Compatibilidade HLA</b></p> <p>Antígenos Leucocitários Humanos (em inglês, Human Leukocyte Antigens)</p> <p>1. <b>pio</b> doador &gt; 1 incompatibilidade</p> <p>2. ruim doador HLA 10/10 ou 9/10 DPB1 não permissivo</p> <p>3. mediano doador HLA 9/10 MM DRB1 ou HLA A, B, C</p> <p>4. bom doador HLA 9/10 MM C*03:03 vs 03:04 ou DQB1</p> <p>5. <b>melhor</b> doador HLA 10/10 ou 8/8 DPB1 permissivo, DRB3/4/5</p>
<p><b>Correspondência de Sexo</b></p> <p>Correspondência de sexo entre doador e receptor</p> <p>1. <b>pio</b> doador Doador Feminino gesta/multipara</p> <p>2. mediano doador Doador Feminino Nulpara/ Receptor Masculino ou Feminino</p> <p>3. <b>melhor</b> doador Doador masculino/ Receptor masculino ou Doador feminino/Receptor feminino</p>	

**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

A figura 13 especifica os “Critérios Relacionados ao Doador e Receptor” aos quais constam a compatibilidade HLA, idade, sorologia para citomegalovírus, correspondência de sexo, correspondência ABO e raça/etnia com cada um dos seus subcritérios e valores. O critério “Compatibilidade HLA” é o de maior relevância no TCTH alogênico e foi subdividido em 5 subcritérios com grau de valoração hierárquica do melhor doador, totalmente compatível, isto é correspondência HLA 10/10 ou 8/8, para o pior doador aquele com múltiplas incompatibilidades. Adicionar mais valores em cada critério tornava a definição da função inviável pelo número de interações e arranjos possíveis, sem melhorar acurácia do modelo.

**Figura 14.** Descrição dos critérios relacionados ao doador e à logística com valores de domínio individuais.

CRITÉRIOS RELACIONADOS A LOGÍSTICA	CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>pio</b> doador Logística Inapropriada</li> <li>2. <b>mediano</b> doador Logística intermediária</li> <li>3. <b>melhor</b> doador Logística apropriada</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>pio</b> doador</li> <li>2. <b>mediano</b> doador</li> <li>3. <b>melhor</b> doador</li> </ol>
<b>Atualização dos Contatos e termo de consentimento</b> Data de atualização de meios de contatos e aceite	<b>Peso Corporal/TMC</b> Peso e Índice de Massa Corporal
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>pio</b> doador Não Atualizado</li> <li>2. <b>melhor</b> doador Atualizado</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>pio</b> doador Menor peso em relação ao receptor</li> <li>2. <b>melhor</b> doador Maior peso em relação ao receptor</li> </ol>
<b>Dist. do doador ao centro transplantador e/ou coleta</b> Distância entre doador e o local do transplante e/ou coleta	<b>Aptidão Médica</b> Concomitâncias
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>pio</b> doador Internacional</li> <li>2. <b>mediano</b> doador Região diferente do país</li> <li>3. <b>melhor</b> doador Mesma região do país</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>pio</b> doador Comorbidades descompensadas</li> <li>2. <b>mediano</b> doador Comorbidades compensadas</li> <li>3. <b>melhor</b> doador Higido</li> </ol>
<b>Experiência do Centro Transplantador (CT)</b> Experiência do CT em transplante alogênico	<b>Escolaridade</b> Grau de instrução
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>pio</b> Pouco experiente</li> <li>2. <b>melhor</b> Muito Experiente</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>pio</b> doador Ensino fundamental/analfabeto</li> <li>2. <b>mediano</b> doador Ensino médio</li> <li>3. <b>melhor</b> doador Curso superior</li> </ol>
	<b>Nacionalidade</b> País de nascimento
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>pio</b> doador Estrangeiro</li> <li>2. <b>melhor</b> doador Mesma nacionalidade</li> </ol>
	<b>Aptidão e Peso Corporal</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>pio</b> doador</li> <li>2. <b>mediano</b> doador</li> <li>3. <b>melhor</b> doador</li> </ol>

**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

A figura 14, dentro dos “Critérios relacionados ao doador”, o grau de escolaridade, por exemplo, foi subdividido em três níveis de instrução, a saber: pior doador (formação no ensino fundamental completo ou analfabetismo), mediano doador (ensino médio completo) e melhor doador (curso superior completo). Neste modelo, incorporaram-se também dados de aptidão médica e relacionados à logística, enriquecendo a abordagem avaliativa uma vez que a questão da disponibilidade do doador é considerada um problema frequente na viabilidade do transplante de medula óssea.

### 5.5.2 Definição das regras de decisão e de função

Na metodologia DEX, a agregação de atributos básicos às raízes da hierarquia é governada por regras de decisão e estas são normalmente formuladas pelo decisor e representados em termos de tabelas de decisão, de uma forma que cada atributo agregado no modelo possui uma tabela de decisão associada (Bohanec, 2017). A

determinação de regras individuais foi feita para garantir a precisão do modelo de avaliação. A DEX utiliza regras se-então, o que permite definir funções de utilidade, tendo em conta que os pesos podem depender dos valores das alternativas para determinados critérios (Drnovšek *et al.*, 2021). As regras do estudo foram estabelecidas com base na experiência da autora, expressando seu conhecimento científico e prático, e na revisão da literatura realizada e inseridas manualmente no software com o apoio de ferramentas sinalizadoras do software.

A determinação das funções do modelo foi iniciada a partir dos critérios “Relacionados ao HLA e idade do doador”, considerados de maior relevância e impacto clínico e, e após, seguiu-se a valoração da hierarquia da árvore (de forma ascendente) (Figura 15).

**Figura 15.** Determinação da função para o atributo agregado “Relacionados ao HLA e idade do doador”

Decision rules Relacionados ao HLA e Idade do Doador

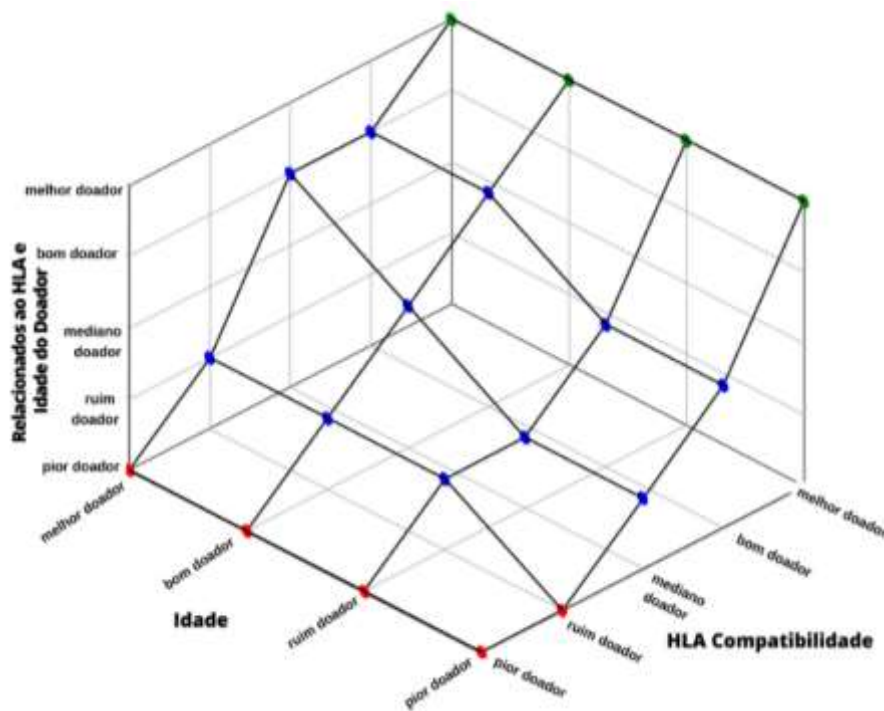
melhor doador  Use scale orders  Use weights

	Idade	Compatibilidade HLA	Relacionados ao HLA e Idade do Doador
1	pioor doador	pioor doador	<b>pioor doador</b>
2	pioor doador	ruim doador	<b>ruim doador</b>
3	pioor doador	mediano doador	<b>ruim doador</b>
4	pioor doador	bom doador	<b>mediano doador</b>
5	pioor doador	melhor doador	<b>bom doador</b>
6	ruim doador	pioor doador	<b>pioor doador</b>
7	ruim doador	ruim doador	<b>ruim doador</b>
8	ruim doador	mediano doador	<b>ruim doador</b>
9	ruim doador	bom doador	<b>mediano doador</b>
10	ruim doador	melhor doador	<b>bom doador</b>
11	bom doador	pioor doador	<b>pioor doador</b>
12	bom doador	ruim doador	<b>ruim doador</b>
13	bom doador	mediano doador	<b>mediano doador</b>
14	bom doador	bom doador	<b>bom doador</b>
15	bom doador	melhor doador	<b>melhor doador</b>
16	melhor doador	pioor doador	<b>pioor doador</b>
17	melhor doador	ruim doador	<b>ruim doador</b>
18	melhor doador	mediano doador	<b>bom doador</b>
19	melhor doador	bom doador	<b>bom doador</b>
20	melhor doador	melhor doador	<b>melhor doador</b>

Fonte: Elaborada pela autora, (2024).

Diante da complexidade inerente à tomada de decisão na seleção de doadores de células-tronco, uma representação multidimensional facilita a visualização da função e assegura uma melhor precisão do modelo. A figura 16 fornece uma abordagem tridimensional detalhada da função utilidade para o critério agregado "Relacionados ao HLA e idade do doador".

**Figura 16.** Representação gráfica da função de utilidade do critério agregado "Relacionados ao HLA e idade"



**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

Existem 20 pontos no gráfico, cada um correspondendo a uma única regra se-então e, juntos, formam a função de utilidade para o critério superior "Relacionados ao HLA e idade do doador". Quanto maior a inclinação na direção de um atributo, maior o peso relativo correspondente. Os pontos no gráfico são definidos por três eixos, representando todos os resultados possíveis de acordo com as regras de decisão. O eixo vertical refere-se ao critério agregado "Relacionados ao HLA e idade do doador", enquanto seus dois eixos horizontais se referem aos critérios básicos "idade" e "HLA compatibilidade". Para sinalizar visualmente a resposta da regra, o modelo apresenta colorações diferentes para cada ponto, sendo elas, coloração verde

para melhor doador, azul para os doadores intermediários e vermelho para os piores doadores.

O modelo está pronto quando 100% das regras de função estão definidas e determinadas, como visualizado na figura 17, e podem ser facilmente revisadas e modificadas, se necessário, o que permite e auxilia em uma posterior validação do modelo por outros especialistas. Após esta fase de construção do modelo e determinação das regras e valores de função e do domínio, os resultados podem ser analisados.

**Figura 17.** Regras de função do domínio

Funções	Regras Definido	Determinados	Valores
<b>Tomada de Decisão</b>	45/45 100,00%	100,00%	pioor doador:7,ruim doador:10,mediano doador:11,bom doador:8,melhor doador:9
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS A LOGÍSTICA</b>	12/12 100,00%	100,00%	pioor doador:3,mediano doador:5,melhor doador:4
-Atualização dos Contatos e termo de consentimento			
-Dist. do doador ao centro transplantador e/ou coleta			
-Experiência do Centro Transplantador (CT)			
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR</b>	6/6 100,00%	100,00%	pioor doador:2,mediano doador:2,melhor doador:2
<b>Características Pessoais</b>	6/6 100,00%	100,00%	pioor doador:3,melhor doador:3
-Escolaridade			
-Nacionalidade			
<b>Aptidão e Peso Corporal</b>	6/6 100,00%	100,00%	pioor doador:2,mediano doador:2,melhor doador:2
-Peso Corporal/IMC			
-Aptidão Médica			
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR E RECEPTOR</b>	45/45 100,00%	100,00%	pioor doador:9,ruim doador:9,mediano doador:9,bom doador:9,melhor doador:9
<b>Correspondência ABO e Raça/etnia</b>	6/6 100,00%	100,00%	pioor doador:2,mediano doador:2,melhor doador:2
-Raça etnia			
-Correspondência ABO			
<b>Correspondência CMV e Sexo</b>	9/9 100,00%	100,00%	pioor doador:3,mediano doador:3,melhor doador:3
-Correspondência de Sexo			
-Serologia para Citomegalovirus (CMV)			
<b>Relacionados ao HLA e Idade do Doador</b>	20/20 100,00%	100,00%	pioor doador:4,ruim doador:6,mediano doador:3,bom doador:5,melhor doador:2
-Idade			
-Compatibilidade HLA			

Fonte: Elaborada pela autora, (2024).



## 6 RESULTADOS

A avaliação do modelo foi realizada por meio da análise de quatro doadores hipotéticos (Doador 1, Doador 2, Doador 3 e Doador 4), pressupondo que suas características refletem a viabilidade e representatividade de um doador real. O número de doadores hipotéticos foi suficiente para a utilização do método, sem prejuízo à análise e em consonância com estudos que utilizaram o Software DEXi para soluções em saúde e área médica. Nesse processo, incorporaram-se também dados relacionados à logística, enriquecendo a abordagem avaliativa.

As características individuais de cada doador, assim como os elementos logísticos considerados, são minuciosamente detalhadas e apresentadas de forma gráfica na figura 18.

**Figura 18.** Características dos doadores hipotéticos.

Atributos	Doador 1	Doador 2	Doador 3	Doador 4
Tomada de Decisão	<i>melhor doador</i>	<i>pioer doador</i>	mediano doador	bom doador
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS A LOGÍSTICA</b>	<i>pioer doador</i>	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>
—Atualização dos Contatos e termo de consentimento	<i>pioer doador</i>	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>
—Dist. do doador ao centro transplantador e/ou coleta	<i>pioer doador</i>	<i>pioer doador</i>	<i>melhor doador</i>	<i>pioer doador</i>
—Experiência do Centro Transplantador (CT)	<i>melhor</i>	<i>melhor</i>	<i>melhor</i>	<i>melhor</i>
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR</b>	mediano doador	<i>melhor doador</i>	mediano doador	mediano doador
—Características Pessoais	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>	<i>pioer doador</i>	<i>melhor doador</i>
—Escolaridade	mediano doador	<i>melhor doador</i>	mediano doador	<i>pioer doador</i>
—Nacionalidade	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>	<i>pioer doador</i>	<i>melhor doador</i>
—Aptidão e Peso Corporal	mediano doador	<i>melhor doador</i>	mediano doador	mediano doador
—Peso Corporal/IMC	<i>melhor doador</i>	<i>pioer doador</i>	<i>pioer doador</i>	<i>pioer doador</i>
—Aptidão Médica	mediano doador	<i>melhor doador</i>	mediano doador	mediano doador
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR E RECEPTOR</b>	<i>melhor doador</i>	<i>pioer doador</i>	mediano doador	bom doador
—Correspondência ABO e Raça/etnia	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>
—Raça/etnia	<i>pioer doador</i>	<i>pioer doador</i>	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>
—Correspondência ABO	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>	<i>melhor doador</i>
—Correspondência CMV e Sexo	<i>melhor doador</i>	<i>pioer doador</i>	mediano doador	<i>melhor doador</i>
—Correspondência de Sexo	mediano doador	mediano doador	mediano doador	mediano doador
—Sorologia para Citomegalovirus (CMV)	<i>melhor doador</i>	<i>pioer doador</i>	mediano doador	<i>melhor doador</i>
—Relacionados ao HLA e Idade do Doador	<i>melhor doador</i>	<i>pioer doador</i>	mediano doador	bom doador
—Idade	bom doador	<i>melhor doador</i>	ruim doador	<i>pioer doador</i>
—Compatibilidade HLA	<i>melhor doador</i>	<i>pioer doador</i>	bom doador	<i>melhor doador</i>

Fonte: Elaborada pela autora, (2024).

Esmiuçando as características de cada doador, observa-se na figura 19 que o Doador 1 apresenta os piores resultados nos critérios de raça/etnia, distância do doador ao centro transplantador e/ou coleta e atualização dos contatos e termo de consentimento, contudo, mostra-se com melhores características relacionadas a compatibilidade HLA, idade, correspondência ABO e citomegalovírus.

**Figura 19.** Características do Doador 1

Pontos Fracos	Doador 1
<ul style="list-style-type: none"> <li>CRITÉRIOS RELACIONADOS A LOGÍSTICA                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Atualização dos Contatos e termo de consentimento</li> <li>Dist. do doador ao centro transplantador e/ou coleta</li> </ul> </li> <li>Raça/etnia</li> </ul>	<p><b>pio</b>r doador</p> <p><b>pio</b>r doador</p> <p><b>pio</b>r doador</p> <p><b>pio</b>r doador</p>
Pontos Fortes	Doador 1
<p>Tomada de Decisão</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR E RECEPTOR                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Correspondência ABO e Raça/etnia                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Correspondência ABO</li> </ul> </li> <li>Correspondência CMV e Sexo                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Sorologia para Citomegalovirus (CMV)</li> </ul> </li> <li>Relacionados ao HLA e Idade do Doador                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Compatibilidade HLA</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>Experiência do Centro Transplantador (CT)</li> <li>Características Pessoais                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Nacionalidade</li> </ul> </li> <li>Peso Corporal/IMC</li> </ul>	<p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p>

Fonte: Elaborada pela autora, (2024).

O Doador 2, por sua vez, é deficitário em compatibilidade HLA, sorologia para citomegalovírus, raça/etnia, peso Corporal/IMC e distância do doador ao centro transplantador e/ou coleta (Figura 20).

**Figura 20.** Características do Doador 2

Pontos Fracos	Doador 2
<p>Tomada de Decisão</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR E RECEPTOR                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Correspondência CMV e Sexo                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Sorologia para Citomegalovirus (CMV)</li> </ul> </li> <li>Relacionados ao HLA e Idade do Doador                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Compatibilidade HLA</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>Dist. do doador ao centro transplantador e/ou coleta</li> <li>Peso Corporal/IMC</li> <li>Raça/etnia</li> </ul>	<p><b>pio</b>r doador</p> <p><b>pio</b>r doador</p> <p><b>pio</b>r doador</p> <p><b>pio</b>r doador</p> <p><b>pio</b>r doador</p> <p><b>pio</b>r doador</p>
Pontos Fortes	Doador 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>CRITÉRIOS RELACIONADOS A LOGÍSTICA                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Atualização dos Contatos e termo de consentimento</li> <li>Experiência do Centro Transplantador (CT)</li> </ul> </li> <li>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Características Pessoais                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Escolaridade</li> <li>Nacionalidade</li> </ul> </li> <li>Aptidão e Peso Corporal                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Aptidão Médica</li> </ul> </li> <li>Correspondência ABO e Raça/etnia                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Correspondência ABO</li> </ul> </li> <li>Idade</li> </ul> </li> </ul>	<p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p> <p><i>melhor doador</i></p>

Fonte: Elaborada pela autora, (2024).

O Doador 3 apresenta seus pontos fracos nos critérios idade, peso Corporal/IMC, escolaridade e distância do doador ao centro transplantador e/ou coleta (Figura 21).

**Figura 21.** Características do Doador 3

<b>Pontos Fracos</b>	<b>Doador 3</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Características Pessoais               <ul style="list-style-type: none"> <li>— Nacionalidade</li> </ul> </li> <li>— Peso Corporal/IMC</li> </ul>	<p><b>pio</b>r doador <b>pio</b>r doador</p> <p><b>pio</b>r doador</p>
<b>Pontos Fortes</b>	<b>Doador 3</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>CRITÉRIOS RELACIONADOS A LOGÍSTICA</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Atualização dos Contatos e tempo de consentimento</li> <li>— Dist. do doador ao centro transplantador e/ou coleta</li> <li>— Experiência do Centro Transplantador (CT)</li> </ul> </li> <li>— <b>Correspondência ABO e Raça/etnia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Raça/etnia</li> <li>— Correspondência ABO</li> </ul> </li> </ul>	<p><i>melhor doador</i> <i>melhor doador</i> <i>melhor doador</i> <i>melhor</i></p> <p><i>melhor doador</i> <i>melhor doador</i> <i>melhor doador</i></p>

**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

Por fim, na figura 22, o Doador 4 apresenta como seus pontos fortes os critérios relacionados à logística, nacionalidade, correspondência ABO, sorologia para citomegalovírus e a correspondência HLA, entretanto, tem o ponto fraco no critério de relevância idade.

**Figura 22.** Características do Doador 4

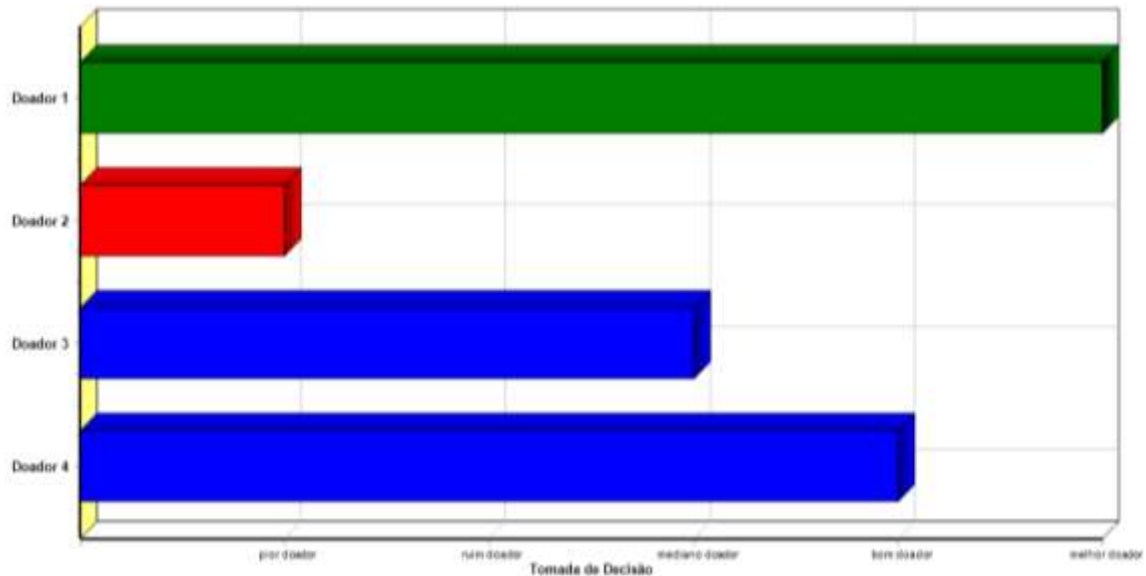
<b>Pontos Fracos</b>	<b>Doador 4</b>
Dist. do doador ao centro transplantador e/ou coleta	<i>pioor doador</i>
Escolaridade	<i>pioor doador</i>
Peso Corporal/IMC	<i>pioor doador</i>
Idade	<i>pioor doador</i>
<b>Pontos Fortes</b>	<b>Doador 4</b>
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS A LOGÍSTICA</b>	<i>melhor doador</i>
Atualização dos Contatos e termo de consentimento	<i>melhor doador</i>
Experiência do Centro Transplantador (CT)	<i>melhor</i>
<b>Características Pessoais</b>	<i>melhor doador</i>
Nacionalidade	<i>melhor doador</i>
<b>Correspondência ABO e Raça/etnia</b>	<i>melhor doador</i>
Raça/etnia	<i>melhor doador</i>
Correspondência ABO	<i>melhor doador</i>
<b>Correspondência CMV e Sexo</b>	<i>melhor doador</i>
Sorologia para Citomegalovirus (CMV)	<i>melhor doador</i>
Compatibilidade HLA	<i>melhor doador</i>

**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

Este procedimento de esmiuçar os doadores não apenas permitiu a rigorosa avaliação das diferentes facetas de cada doador, mas também contribuiu para uma compreensão abrangente das variáveis que podem influenciar a eficácia do modelo. Essa abordagem metódica e integrada representa um passo significativo na validação e compreensão do desempenho do modelo proposto.

Na análise dos resultados, o gráfico de barras apresentado na figura 23 ilustra o desfecho do atributo raiz, revelando a resposta à pergunta crucial: qual é o doador melhor e mais apropriado para doação de células-tronco hematopoiéticas.

**Figura 23.** Representação em gráfico de barras do atributo raiz “tomada de decisão”

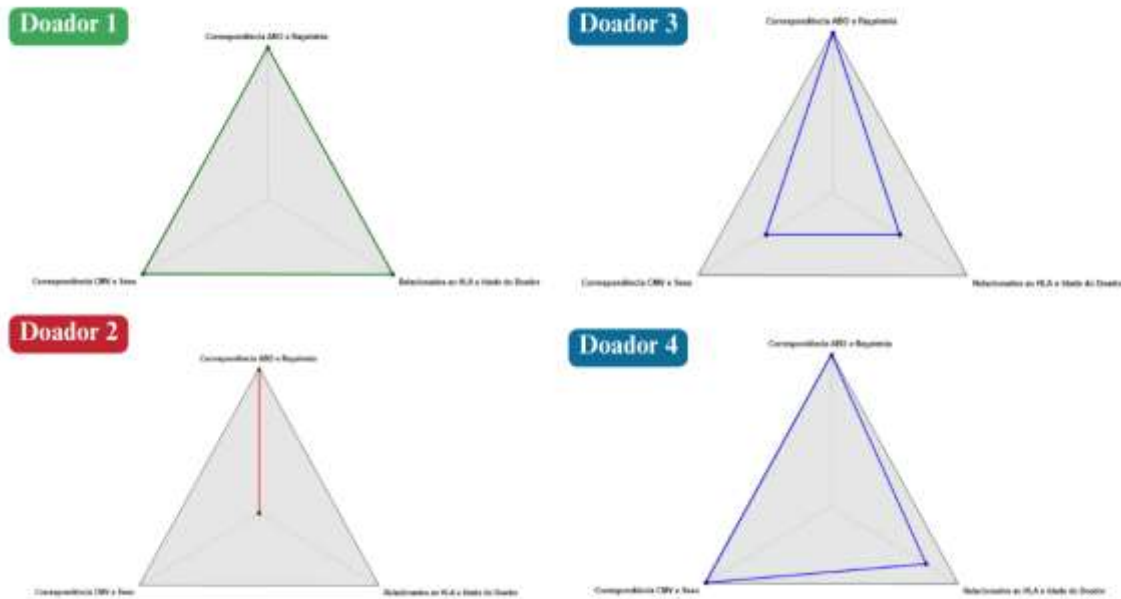


**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

A minuciosa avaliação de todos os critérios destacou o Doador 1 como o mais adequado para o procedimento, isto é, o melhor doador. Em contraste, o Doador 4 foi categorizado como bom, o Doador 3 como mediano e o Doador 2 como o menos favorável. Essa representação visual não apenas consolida a eficácia do modelo, mas também proporciona uma clara hierarquia entre os doadores, destacando suas respectivas adequações para o transplante de células-tronco hematopoiéticas. A clareza e precisão dessa visualização contribuem significativamente para a compreensão das nuances envolvidas na tomada de decisão relacionada à seleção do doador.

Para a representação das alternativas, adotou-se um gráfico polar ou de radar com três eixos (Figura 24). Cada eixo representa um único critério, sendo escolhidos os critérios de maior valor e importância na hierarquia, ou seja, aqueles relacionados ao doador e receptor: correspondência ABO e raça/etnia, correspondência CMV e sexo, e relacionados ao HLA e idade do doador.

**Figura 24.** Gráfico polar comparativos dos doadores quanto às características relacionadas ao doador e receptor

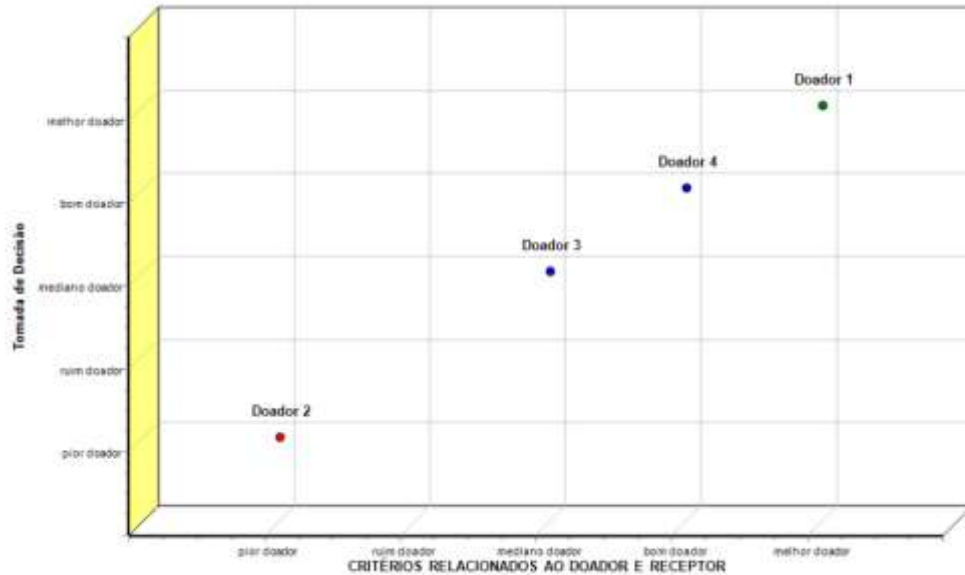


**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

Na análise do modelo, os valores situados na borda externa dos gráficos são os mais desejáveis, enquanto os valores localizados no centro são os menos desejáveis. A avaliação da tomada de decisão comparativa desses três critérios ratificou a resposta da análise e concluiu sobre a superioridade do Doador 1. Essa metodologia de representação gráfica não apenas reforça a eficácia do modelo, mas também facilita a compreensão das nuances associadas à seleção do doador em um contexto de transplante de células-tronco hematopoiéticas.

O software DEXi ainda permite a visualização dos resultados por meio de gráficos de dispersão. Nos gráficos de dispersão das figuras 25, 26 e 27, os doadores foram comparados individualmente para cada critério agregado, analisando a relação com o atributo raiz de tomada de decisão.

**Figura 25.** Gráfico de dispersão comparativo dos doadores quanto aos critérios relacionados ao doador e receptor

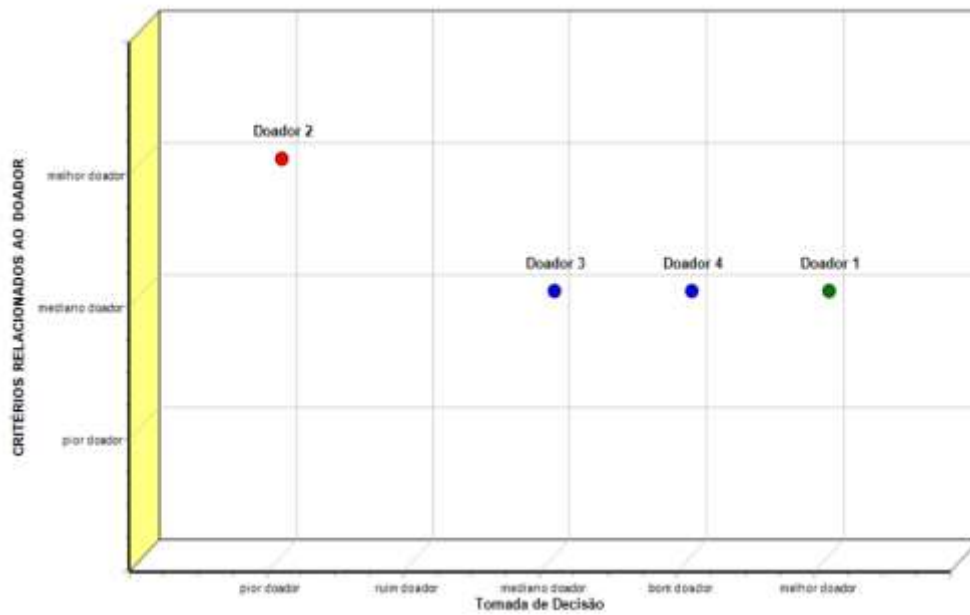


**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

Em análise comparativa, o gráfico de dispersão revela-nos o Doador 1 como o melhor doador quanto aos critérios relacionados ao doador e receptor e quanto à tomada de decisão, consolidando que a árvore de hierarquização e os valores de função estão corretos.

Quanto à análise dos critérios relacionados ao doador (Figura 26), o Doador 2 sobressaiu em relação aos demais, porém em relação à resposta final, tomada de decisão, o gráfico de dispersão consolida não ser o doador de escolha.

**Figura 26.** Gráfico de dispersão comparativo dos doadores quanto aos critérios relacionados ao doador

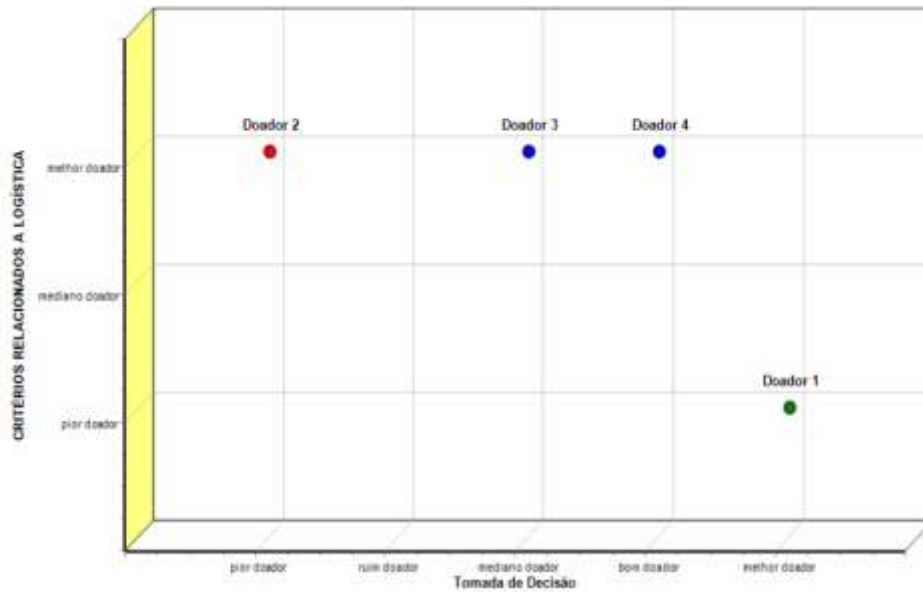


**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

Na figura 27, quanto aos critérios logísticos, o Doador 1 revelou-se pior, porém, percebe-se que se trata de um critério distanciado na árvore de hierarquização, portanto, não modificou o resultado final da tomada de decisão.



**Figura 27.** Gráfico de dispersão comparativo dos doadores quanto aos critérios relacionados à logística



**Fonte:** Elaborada pela autora, (2024).

Observou-se que o Doador 1 destacou-se nos critérios relacionados ao doador e receptor, enquanto o Doador 2 obteve melhor desempenho nos critérios voltados exclusivamente ao doador e logística. Por outro lado, os Doadores 3 e 4 receberam avaliações que variaram de boas a medianas. Essa abordagem visual permitiu uma análise diferenciada dos doadores em relação aos diferentes critérios, corroborou as regras da função e graus de hierarquização, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada e informada do processo decisório na seleção do doador para transplante de células-tronco hematopoiéticas.

Os gráficos de dispersão validaram a correção das regras de decisão e a resposta à pergunta decisiva. O Doador 1 foi selecionado como o melhor doador devido à sua melhor avaliação nos critérios de maior importância na hierarquia da árvore de decisão, especificamente aqueles relacionados ao doador e receptor. Conforme se ascendia na árvore de decisão, observou-se uma diminuição na importância, resultando em uma diferença ou obrigação menor, e, conseqüentemente, um impacto reduzido no desfecho do transplante e na sobrevivência do receptor. Essa confirmação visual fortalece a confiança nas regras de decisão adotadas, reforçando a eficácia do modelo proposto para a escolha do melhor doador em transplantes de células-tronco hematopoiéticas.

Na fase de identificação de possíveis erros do modelo, da árvore hierarquizada ou dos valores de função, realizou-se, ainda, uma análise com doadores hipotéticos com “envenenamento” de dados extremos conforme observado na figura 28.

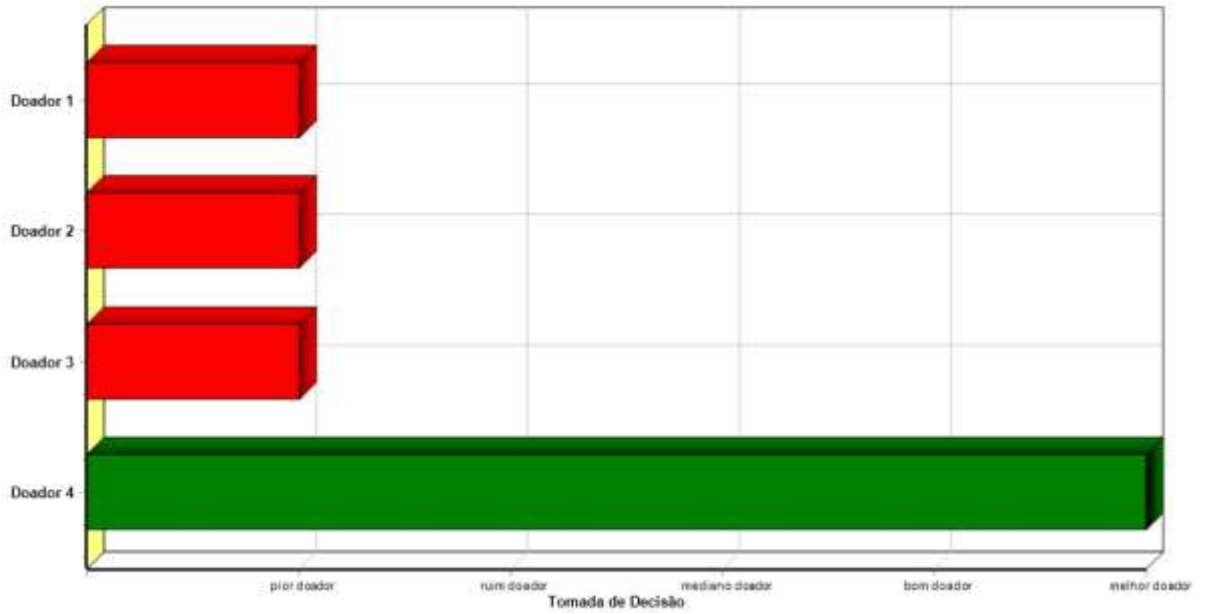
**Figura 28.** Características de doadores com “envenenamento” de dados

Attribute	Doador 1	Doador 2	Doador 3	Doador 4
<b>Tomada de Decisão</b>	<b>pio</b> r doador	<b>pio</b> r doador	<b>pio</b> r doador	<b>mel</b> hor doador
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS A LOGÍSTICA</b>	<b>mel</b> hor	<b>mel</b> hor	<b>mel</b> hor	<b>mel</b> hor
Atualização dos Contatos e termo de consentimento	<b>mel</b> hor	<b>mel</b> hor	<b>mel</b> hor	<b>mel</b> hor
Dist. do doador ao centro transplantador e/ou coleta	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
Experiência do Centro Transplantador	<b>mel</b> hor	<b>mel</b> hor	<b>mel</b> hor	<b>mel</b> hor
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR</b>	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
<b>Características Pessoais</b>	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
Escolaridade	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
Nacionalidade	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
<b>Aptidão e Peso Corporal</b>	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
Peso Corporal/IMC	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
Aptidão Médica	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
<b>CRITÉRIOS RELACIONADOS AO DOADOR E RECEPTOR</b>	<b>pio</b> r doador	<b>pio</b> r doador	<b>pio</b> r doador	<b>mel</b> hor doador
<b>Correspondência ABO e Raça/etnia</b>	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
Raça/etnia	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
Correspondência ABO	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
<b>Correspondência CMV e Sexo</b>	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
Correspondência de Sexo	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
Sorologia para Citomegalovírus (CMV)	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
<b>Relacionados ao HLA e Idade do Doador</b>	<b>pio</b> r doador	<b>pio</b> r doador	<b>pio</b> r doador	<b>mel</b> hor doador
Idade	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador	<b>mel</b> hor doador
Compatibilidade HLA	<b>pio</b> r doador	<b>pio</b> r doador	<b>pio</b> r doador	<b>mel</b> hor doador

Fonte: Elaborada pela autora, (2024).

A representação gráfica do resultado, representado através do gráfico de barras na figura 29, sinaliza do Doador 4 como a escolha, o que pressupõe que a modelagem de árvore de decisão com critérios selecionados, assim como as regras de função e domínio estão corretas e, ainda, reforça a correspondência HLA como o principal critério a ser observado na seleção dos doadores.

**Figura 29.** Representação em gráfico de barras da tomada de decisão com “envenenamento” de dados



**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

## 7 DISCUSSÃO

A demanda por processos de decisão transparentes em saúde pode ser atendida somente quando a avaliação e decisões sobre tecnologias de saúde são realizadas em uma construção sistemática de avaliação de benefícios. Os métodos de análise de decisão multicritério estão disponíveis para analisar e avaliar múltiplos desfechos clínicos e estruturar problemas complexos de decisão na tomada de decisões em saúde (Mühlbacher *et al.*, 2016). Todavia, a avaliação de tecnologia em transplante de células-tronco hematopoiéticas ainda é escassa, pouco descrita na literatura ou utilizada na prática médica, conforme verificado na execução deste projeto. Alguns estudos com inteligência artificial, como o estudo de aprendizado de máquina por rede bayesiana que sinalizou a idade como característica não-HLA mais importante na sobrevida global do receptor (Logan *et al.*, 2021), foram encontrados, porém sem aparente impacto na prática médica diária e não foram encontrados estudos com análise de decisão multicritério nesta área.

Durante os últimos 3 anos, o principal tipo de transplante alogênico realizado no país foi de doadores aparentados incompatíveis (Simione *et al.*, 2023). Neste estudo do RBTCTH, observou-se que mais da metade dos TCTHs alogênicos foram realizados por doadores alternativos, não aparentados, provenientes dos registros nacionais e internacionais de doadores e aparentados com incompatibilidades, reforçando a necessidade de análise de listas, opções e também múltiplos critérios. Por vezes, mais de um doador não aparentado ou alternativo está disponível para um mesmo receptor e esta análise dos relatórios torna-se complicada.

No estudo, inovou-se na construção de um modelo de MCDA no campo de seleção de doadores de células-tronco com a inserção de critérios de seleção específicos do doador e de logística, como data de assinatura do termo de consentimento, nacionalidade, escolaridade, procedência do doador, experiência do centro transplantador, peso, aptidão física, entre outros pontos relevantes para a seleção como sugeridos nos trabalhos do NMDP e da *American Society of Hematology* (ASH) (Dehn *et al.*, 2020) (Kollman *et al.*, 2016).

A função do modelo é definida por uma tabela de decisão, interpretável como um conjunto de regras de decisão cuja função de agregação total precisa especificar um valor de saída para cada combinação de valores descendentes e tais tabelas são normalmente preparadas pelo examinador principal de acordo com suas preferências

(Trdin *et al.*, 2018). Em um modelo DEX, um atributo agregado pode envolver muitos atributos subordinados, caso em que a tabela de decisão conterá muitas regras de decisão elementares e poderá ser difícil de ser compreendida. Para obter uma representação mais compreensível, o software DEXi implementa o DEX-Rule, um algoritmo que converte regras de decisão elementares em regras complexas mais compactas. A regra DEX foi considerada ineficiente em tabelas de decisão com muitos atributos subordinados e muitas regras de decisão elementares que são mapeadas para um único valor de decisão (Kikaj, 2018). Essa foi uma desvantagem encontrada na construção do modelo, ao aumentar a quantidade de valores de decisão, através da elevação do número de critérios básicos (mais de cinco) em cada critério agregado, o modelo torna-se complexo pela dificuldade de determinação das funções e das regras de decisão a partir de grandes tabelas de função.

Por design, todos os modelos são garantidos como completos e consistentes, isto é, os modelos contêm regras que cobrem todas as combinações possíveis de valores de entrada (Bohanec *et al.*, 2018), o que torna importante pressupor que os dados de entrada estão corretos e a seleção rigorosa dos critérios. Na análise dos resultados, o doador 1 destacou-se nas características relacionadas à correspondência entre doador e receptor, com melhor correspondência no critério HLA (característica mais importante na árvore de decisão). O doador 2 apresentou pontos fortes em características de níveis hierárquicos de menor valor da função, mas suas características desfavoráveis nos critérios relacionados ao doador e receptor o rebaixaram na posição final de escolha o que demonstrou uma modelagem correta e consistente. A visualização gráfica do modelo permitiu uma fácil compreensão da escolha, com os gráficos de barras, radar e dispersão refletindo o resultado final da tomada de decisão.

A avaliação de doadores hipotéticos no nosso estudo não constituiu uma limitação da avaliação modelo, uma vez que a metodologia DEX não requer mineração de dados (Bohanec *et al.*, 2018) e foi corroborado por outros estudos que utilizaram participantes hipotéticos como a avaliação de pneumonia associada à ventilação mecânica (Drnovšek *et al.*, 2021) e no modelo de avaliação de comportamentos de apoio à saúde em gestantes apresentado na Conferência para Processamento de Informações sobre Sistemas de Apoio à Decisão da Eslovênia, com a avaliação de quatro gestantes hipotéticas, sem prejuízo nos resultados (Kikaj, 2018).

No nosso trabalho, a metodologia DEX ofereceu a oportunidade de simplificar o problema complexo de decisão da seleção do melhor doador de células-tronco hematopoiéticas em subproblemas menores, menos complexos e mais fáceis de resolver através de uma modelagem de ADCM baseado em regras, intuitiva e gratuita.

O uso do software REDCap apresenta, como principais vantagens, a redução a longo prazo dos custos de pesquisa, a possibilidade de utilização em dispositivos inteligentes e computadores e a rápida entrada, revisão e análise de dados (Garcia; *et al.*, 2021)(Walther *et al.*, 2011). A construção do modelo de MCDA DEXi motivou a proposição e integração da metodologia DEX nesta ferramenta, visando à sua maior aplicabilidade na prática médica e interação com projetos REDCAP, incluindo os existentes nos hospitais universitários. O uso da plataforma REDCap no estudo revelou-se promissor, uma vez que é uma ferramenta gratuita, que pode permitir a construção de um banco de dados futuro com características dos doadores e receptores de medula óssea pelos centros transplantadores.

## 8 CONCLUSÃO

A tecnologia, particularmente, a inteligência artificial, e a sabedoria humana desempenham papéis essenciais para a atual prática médica.

Um sistema especialista, como a metodologia de decisão multicritério DEX, ao integrar a experiência de um profissional médico qualificado com métodos de inteligência artificial permite a sistematização do processo decisório em saúde de forma transparente e otimizada. O estudo destaca a relevância desta tecnologia no campo da saúde, em especial, no contexto do transplante de células-tronco hematopoiéticas, até então não explorado através desta ferramenta, como percebeu-se a partir da revisão de literatura. Apesar da crescente e rápida utilização da inteligência artificial na medicina, chamou-se atenção da necessidade de aproximá-la do transplante de medula óssea e dos médicos transplantadores.

A avaliação global do modelo DEX respondeu à questão central das funções de decisão, posicionando-o, com base em nossa pesquisa, como uma tecnologia em saúde promissora para otimizar a prática dos médicos transplantadores, com ênfase nos processos decisórios complexos.

Para futuras pesquisas, sugere-se explorar a utilização de outros softwares para comparar os resultados obtidos com o software DEXi a fim de avaliar e contrastar a eficácia da metodologia. A metodologia já foi incorporada em outros programas e sistemas computacionais. Desta forma, acredita-se na provável viabilidade de incorporação como ferramenta de otimização da plataforma REDCap.

Investigações adicionais podem se concentrar em adaptar a abordagem para outras áreas médicas, com a ampliação do alcance e da aplicabilidade desta valiosa tecnologia.

## REFERÊNCIAS

- BETTIS, R. A.; HU, S. Bounded rationality, heuristics, computational complexity, and artificial intelligence. **Advances in Strategic Management**, v. 39, p. 139–150, 2018.
- BOHANEK, M. DEXi: Program for Multi-Attribute Decision Making User ' s Manual. **Evaluation**, v. 13100, n. July, 2008.
- BOHANEK, M. et al. DEX methodology: Three decades of qualitative multi-attribute modeling. **Informatica (Slovenia)**, v. 37, n. 1, p. 49–54, 2013.
- BOHANEK, M. et al. INFORMACIJSKA DRUŽBA – IS 2017 Proceedings of the 20 th International Multiconference INFORMATION SOCIETY – IS 2017 Slovenska konferenca o umetni inteligenci Slovenian Conference on Artificial Intelligence Congestive Heart Failure Management. n. October, 2017.
- BOHANEK, M. Multi-criteria dex models: An overview and analysis. **Proceedings of the 14th International Symposium on Operational Research, SOR 2017**, v. 2017-Septe, p. 155–160, 2017.
- BOHANEK, M. et al. A decision support system for Parkinson disease management: expert models for suggesting medication change. **Journal of Decision Systems**, v. 27, n. May, p. 164–172, 2018.
- BUTUROVIC, L. et al. Evaluation of a Machine Learning-Based Prognostic Model for Unrelated Hematopoietic Cell Transplantation Donor Selection. **Biology of Blood and Marrow Transplantation**, v. 24, n. 6, p. 1299–1306, 2018.
- CHAKER MASMOUDI, H. et al. Multi-Criteria Decision Analysis to Prioritize People for COVID-19 Vaccination When Vaccines Are in Short Supply. **Frontiers in Health Services**, v. 2, n. April, p. 1–8, 2022.
- CRADDOCK, C. et al. Factors predicting outcome after unrelated donor stem cell transplantation in primary refractory acute myeloid leukaemia. **Leukemia**, v. 25, n. 5, p. 808–813, 2011.
- CRAHEIX, D. et al. Guidelines to design models assessing agricultural sustainability, based upon feedbacks from the DEXi decision support system. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 4, p. 1431–1447, 2015.
- DE ALMEIDA, A. T. et al. Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis. v. 231, p. 1–22, 2015.
- DEHN, J. et al. Selection of unrelated donors and cord blood units for hematopoietic cell transplantation: guidelines from the NMDP/CIBMTR. **Blood**, v. 134, n. January, p. 924–934, 2020.
- DRNOVŠEK, R.; MILAVEC KAPUN, M.; RAJKOVIČ, U. Multi-criteria risk evaluation model for developing ventilator-associated pneumonia. **Central European Journal of Operations Research**, v. 29, n. 3, p. 1021–1036, 2021.
- FIGUEIRA. et al. **Multiple Criteria Decision Analysis : State of the Art Surveys Operations Research & Management Science**. [s.l: s.n.].
- FLEISCHHAUER, K. et al. Donor Selection for Allogeneic Hematopoietic Cell Transplantation. **Deutsches Arzteblatt International**, v. 120, n. 15, p. 261–268, 2023.



- GARCIA, K. K. S.; ABRAHÃO, A. A. Research development using redcap software. **Healthcare Informatics Research**, v. 27, n. 4, p. 341–349, 2021.
- GRECO, S., EHRGOTT, M., FIGUEIRA, J. **Multiple Criteria Decision State of the Art Surveys**. [s.l.: s.n.].
- GYURKOCZA, B.; REZVANI, A.; STORB, R. F. Allogeneic hematopoietic cell transplantation: The state of the art. **Expert Review of Hematology**, v. 3, n. 3, p. 285–299, 2010.
- HARRIS, P. A. et al. Research electronic data capture (REDCap)-A metadata-driven methodology and workflow process for providing translational research informatics support. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 42, n. 2, p. 377–381, 2009.
- HEEMSKERK, M. B. A. et al. How to improve the search for an unrelated haematopoietic stem cell donor. Faster is better than more! **Bone Marrow Transplantation**, v. 35, n. 7, p. 645–652, 2005.
- JÚNIOR, J. A. S. et al. Assessing the impact of ABO incompatibility on major allogeneic hematopoietic stem cell transplant outcomes: a prospective, single-center, cohort study. **Hematology, Transfusion and Cell Therapy**, v. 41, n. 1, p. 1–6, 2019.
- KIKAJ, A. INFORMACIJSKA DRUŽBA – IS 2018 Proceedings of the 21st International Multiconference INFORMATION SOCIETY – IS 2018 Slovenska konferenca o umetni inteligenci Slovenian Conference on Artificial Intelligence Complex Decision Rules in DEX Methodology : jRule . n. October, 2018.
- KIMURA, F. et al. ABO blood type incompatibility lost the unfavorable impact on outcome in unrelated bone marrow transplantation. **Bone Marrow Transplantation**, v. 54, n. 10, p. 1676–1685, 2019.
- KOLLMAN, C. et al. Donor characteristics as risk factors in recipients after transplantation of bone marrow from unrelated donors: The effect of donor age. **Blood**, v. 98, n. 7, p. 2043–2051, 2001.
- KOLLMAN, C. et al. The effect of donor characteristics on survival after unrelated donor transplantation for hematologic malignancy. **Blood**, v. 127, n. 2, p. 260–267, 2016.
- LI, Y. et al. Predicting the Availability of Hematopoietic Stem Cell Donors Using Machine Learning. **Biology of Blood and Marrow Transplantation**, v. 26, n. 8, p. 1406–1413, 2020.
- LOGAN, B. R. et al. Optimal Donor Selection for Hematopoietic Cell Transplantation Using Bayesian Machine Learning. **JCO Clinical Cancer Informatics**, n. 5, p. 494–507, 2021.
- LOWN, R. N. et al. Unrelated adult stem cell donor medical suitability: Recommendations from the world marrow donor association clinical working group committee. **Bone Marrow Transplantation**, v. 49, n. 7, p. 880–886, 2014.
- LOWN, R. N.; SHAW, B. E. Beating the odds: Factors implicated in the speed and availability of unrelated haematopoietic cell donor provision. **Bone Marrow Transplantation**, v. 48, n. 2, p. 210–219, 2013.
- MARSH, K. et al. Assessing the value of healthcare interventions using multi-criteria decision analysis: A review of the literature. **PharmacoEconomics**, v. 32, n. 4, p. 345–365, 2014.
- MELO, T. M.; FUCIDJI, J. R. Racionalidade limitada e a tomada de decisão em

- sistemas complexos. **Revista de Economia Política**, v. 36, n. 3, p. 622–645, 2016.
- MIHELČIĆ, M.; BOHANEK, M. Approximating incompletely defined utility functions of qualitative multi-criteria modeling method DEX. **Central European Journal of Operations Research**, v. 25, n. 3, p. 627–649, 2017.
- MÜHLBACHER, A. C.; KACZYNSKI, A. Making Good Decisions in Healthcare with Multi-Criteria Decision Analysis: The Use, Current Research and Future Development of MCDA. **Applied Health Economics and Health Policy**, v. 14, n. 1, p. 29–40, 2016.
- MUHSEN, I. N. et al. Registries and artificial intelligence: investing in the future of hematopoietic cell transplantation. **Bone Marrow Transplantation**, v. 54, n. 3, p. 477–480, 2019.
- MUHSEN, I. N.; ELHASSAN, T.; HASHMI, S. K. Artificial intelligence approaches in hematopoietic cell transplantation: A review of the current status and future directions. **Turkish Journal of Hematology**, v. 35, n. 3, p. 152–157, 2018.
- PASSWEG, J. R. et al. Impact of the SARS-CoV-2 pandemic on hematopoietic cell transplantation and cellular therapies in Europe 2020: a report from the EBMT activity survey. **Bone Marrow Transplantation**, v. 57, n. 5, p. 742–752, 2022.
- PATRIDGE, E. F.; BARDYN, T. P. Research electronic data capture (REDCap). *Journal of the Medical Library Association*, 106(1), 142–144. <https://doi.org/10.5195/jmla.2018.319> data capture (REDCap). **Journal of the Medical Library Association**, v. 106, n. 1, p. 142–144, 2018.
- PEREIRA, S. C. M. et al. DONOR SELECTION: GENERAL ASPECTS. **JBMTCT**, v. 2, n. 1, p. 14–21, 2021.
- POLOMENI, A.; MORENO, E.; SCHULZ-KINDERMANN, F. **The EBMT Handbook**. Cham: Springer International Publishing, 2019.
- SHAW, B. E. et al. Recipient/donor HLA and CMV matching in recipients of T-cell-depleted unrelated donor haematopoietic cell transplants. **Bone Marrow Transplantation**, v. 52, n. 5, p. 717–725, 2017.
- SHAW, B. E. et al. Development of an Unrelated Donor Selection Score Predictive of Survival after HCT: Donor Age Matters Most. **Biology of Blood and Marrow Transplantation**, v. 24, n. 5, p. 1049–1056, 2018.
- SHOUVAL, R. et al. Prediction of Hematopoietic Stem Cell Transplantation Related Mortality- Lessons Learned from the In-Silico Approach: A European Society for Blood and Marrow Transplantation Acute Leukemia Working Party Data Mining Study. **PLoS ONE**, v. 11, n. 3, p. 1–14, 2016.
- SHOUVAL, R. et al. Outcomes of allogeneic haematopoietic stem cell transplantation from HLA-matched and alternative donors: a European Society for Blood and Marrow Transplantation registry retrospective analysis. **The Lancet Haematology**, v. 6, n. 11, p. e573–e584, 2019.
- SIMIONE, A. J. et al. Current use and outcomes of hematopoietic stem cell transplantation: Brazilian summary slides - 2023. **Journal of Bone Marrow Transplantation and Cellular Therapy**, v. 4, n. 2, p. 200, 2023.
- SINGH, A. K.; MCGUIRK, J. P. Allogeneic stem cell transplantation: A historical and scientific overview. **Cancer Research**, v. 76, n. 22, p. 6445–6451, 2016.
- SNOWDEN, J. A. et al. Indications for haematopoietic cell transplantation for

haematological diseases, solid tumours and immune disorders: current practice in Europe, 2022. **Bone Marrow Transplantation**, v. 57, n. 8, p. 1217–1239, 2022.

THOKALA, P. et al. Multiple criteria decision analysis for health care decision making - An introduction: Report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. **Value in Health**, v. 19, n. 1, p. 1–13, 2016.

TIERCY, J. M. How to select the best available related or unrelated donor of hematopoietic stem cells? **Haematologica**, v. 101, n. 6, p. 680–687, 2016.

TORRES, M. A. et al. DONOR SELECTION: IMMUNOGENETICS AND HISTOCOMPATIBILITY. **JBMTCT**, v. 2, n. 1, p. 22–27, 11 mar. 2021.

TRDIN, N.; BOHANEK, M. Extending the multi-criteria decision making method DEX with numeric attributes, value distributions and relational models. **Central European Journal of Operations Research**, v. 26, n. 1, p. 1–41, 2018.

WALTHER, B. et al. Comparison of electronic data capture (EDC) with the standard data capture method for clinical trial data. **PLoS ONE**, v. 6, n. 9, p. 1–11, 2011.

Instituto Nacional do Câncer (INCA). Medula Net. Redome [Internet]. Rio de Janeiro: INCA: 2013 [citado 2019 Jun 27]. Disponível em: <http://redome.inca.gov.br/o-redome/dados/>

09/01/2024, 17:10

Escolha do doador de medula óssea | REDCap

## ANEXO A – Dicionário de Dados

## Data Dictionary Codebook

09/01/2024 17:10

#	Variable / Field Name	Field Label <i>Field Note</i>	Field Attributes (Field Type, Validation, Choices, Calculations, etc.)																
Instrument: <b>Dados demograficos do doador</b> (dados_demograficos_do_doador)																			
1	[record_id]	Numero NMPD/INCA	text																
2	[iniciais]	Iniciais:	text, Required, Identifier																
3	[sexo]	Sexo:	radio, Required <table border="1"> <tr><td>1</td><td>Masculino</td></tr> <tr><td>2</td><td>Feminino</td></tr> </table> Custom alignment: RH	1	Masculino	2	Feminino												
1	Masculino																		
2	Feminino																		
4	[dtanascimento]	Data de nascimento:	text (date_dmy), Required																
5	[nacionalidade]	Nacionalidade: <i>Brazilian</i>	text, Required																
6	[raca]	Raça:	dropdown <table border="1"> <tr><td>1</td><td>Amarelo</td></tr> <tr><td>2</td><td>Branco</td></tr> <tr><td>3</td><td>Indigena</td></tr> <tr><td>4</td><td>Mulato</td></tr> <tr><td>5</td><td>Negro</td></tr> <tr><td>6</td><td>Pardo</td></tr> <tr><td>7</td><td>Sem informação</td></tr> </table>	1	Amarelo	2	Branco	3	Indigena	4	Mulato	5	Negro	6	Pardo	7	Sem informação		
1	Amarelo																		
2	Branco																		
3	Indigena																		
4	Mulato																		
5	Negro																		
6	Pardo																		
7	Sem informação																		
7	[etnia]	Etnia:	text																
8	[escolaridade]	Escolaridade:	dropdown, Required <table border="1"> <tr><td>1</td><td>Fundamental incompleto</td></tr> <tr><td>2</td><td>Fundamental completo</td></tr> <tr><td>3</td><td>Médio completo</td></tr> <tr><td>4</td><td>Médio incompleto</td></tr> <tr><td>5</td><td>Superior incompleto</td></tr> <tr><td>6</td><td>Superior completo</td></tr> <tr><td>7</td><td>Nunca estudou</td></tr> <tr><td>9</td><td>Sem informação</td></tr> </table>	1	Fundamental incompleto	2	Fundamental completo	3	Médio completo	4	Médio incompleto	5	Superior incompleto	6	Superior completo	7	Nunca estudou	9	Sem informação
1	Fundamental incompleto																		
2	Fundamental completo																		
3	Médio completo																		
4	Médio incompleto																		
5	Superior incompleto																		
6	Superior completo																		
7	Nunca estudou																		
9	Sem informação																		
9	[procedencia]	Cidade de procedência: <i>Passo</i>	text, Required																

09/01/2024, 17:10

Escolha do doador de medula óssea | REDCap

10	[estado]	Estado de procedência:	dropdown, Required <table border="1"> <tr><td>1</td><td>AC</td></tr> <tr><td>2</td><td>AL</td></tr> <tr><td>3</td><td>AM</td></tr> <tr><td>4</td><td>AP</td></tr> <tr><td>5</td><td>BA</td></tr> <tr><td>6</td><td>CE</td></tr> <tr><td>7</td><td>DF</td></tr> <tr><td>8</td><td>ES</td></tr> <tr><td>9</td><td>GO</td></tr> <tr><td>10</td><td>MA</td></tr> <tr><td>11</td><td>MG</td></tr> <tr><td>12</td><td>MS</td></tr> <tr><td>13</td><td>MT</td></tr> <tr><td>14</td><td>PA</td></tr> <tr><td>15</td><td>PB</td></tr> <tr><td>16</td><td>PE</td></tr> <tr><td>17</td><td>PI</td></tr> <tr><td>18</td><td>PR</td></tr> <tr><td>19</td><td>RJ</td></tr> <tr><td>20</td><td>RN</td></tr> <tr><td>21</td><td>RO</td></tr> <tr><td>22</td><td>RR</td></tr> <tr><td>23</td><td>RS</td></tr> <tr><td>24</td><td>SC</td></tr> <tr><td>25</td><td>SE</td></tr> <tr><td>26</td><td>SP</td></tr> <tr><td>27</td><td>TO</td></tr> </table>	1	AC	2	AL	3	AM	4	AP	5	BA	6	CE	7	DF	8	ES	9	GO	10	MA	11	MG	12	MS	13	MT	14	PA	15	PB	16	PE	17	PI	18	PR	19	RJ	20	RN	21	RO	22	RR	23	RS	24	SC	25	SE	26	SP	27	TO
1	AC																																																								
2	AL																																																								
3	AM																																																								
4	AP																																																								
5	BA																																																								
6	CE																																																								
7	DF																																																								
8	ES																																																								
9	GO																																																								
10	MA																																																								
11	MG																																																								
12	MS																																																								
13	MT																																																								
14	PA																																																								
15	PB																																																								
16	PE																																																								
17	PI																																																								
18	PR																																																								
19	RJ																																																								
20	RN																																																								
21	RO																																																								
22	RR																																																								
23	RS																																																								
24	SC																																																								
25	SE																																																								
26	SP																																																								
27	TO																																																								
11	[pais]	País de procedência: <i>Brazil</i>	text																																																						
12	[dados_demograficos_do_doador_completo]	Section Header: Form Status Complete?	dropdown <table border="1"> <tr><td>0</td><td>Incomplete</td></tr> <tr><td>1</td><td>Unverified</td></tr> <tr><td>2</td><td>Complete</td></tr> </table>	0	Incomplete	1	Unverified	2	Complete																																																
0	Incomplete																																																								
1	Unverified																																																								
2	Complete																																																								
Instrument: <b>Características do doador</b> (caracteristicas_do_doador)																																																									
13	[peso]	Peso (kg) <i>40.0</i>	text (number), Required																																																						
14	[altura]	Altura (m): <i>1.80</i>	text (number) Field Annotation: round(altura),1																																																						
15	[imc]	IMC	calc Calculation: round(((peso)*10000)/([altura]**2), 1) Custom alignment: RH Field Annotation: @HIDDEN																																																						
16	[cev]	Citomegalovirus:	dropdown, Required <table border="1"> <tr><td>1</td><td>Negativo</td></tr> <tr><td>2</td><td>Positivo</td></tr> <tr><td>3</td><td>Duvidoso</td></tr> <tr><td>4</td><td>Não testado</td></tr> </table> Custom alignment: RH	1	Negativo	2	Positivo	3	Duvidoso	4	Não testado																																														
1	Negativo																																																								
2	Positivo																																																								
3	Duvidoso																																																								
4	Não testado																																																								

09/01/2024, 17:10

Escolha do doador de medula óssea | REDCap

17	[ato]	Tipagem sanguínea:	dropdown <table border="1"> <tr><td>1</td><td>A-</td></tr> <tr><td>2</td><td>A+</td></tr> <tr><td>3</td><td>AB-</td></tr> <tr><td>4</td><td>AB+</td></tr> <tr><td>5</td><td>B-</td></tr> <tr><td>6</td><td>B+</td></tr> <tr><td>7</td><td>O-</td></tr> <tr><td>8</td><td>O+</td></tr> <tr><td>9</td><td>Sem informação</td></tr> </table> Custom alignment: RH.	1	A-	2	A+	3	AB-	4	AB+	5	B-	6	B+	7	O-	8	O+	9	Sem informação
1	A-																				
2	A+																				
3	AB-																				
4	AB+																				
5	B-																				
6	B+																				
7	O-																				
8	O+																				
9	Sem informação																				
18	[comorb]	Comorbidades:	yesno <table border="1"> <tr><td>1</td><td>Yes</td></tr> <tr><td>0</td><td>No</td></tr> </table> Custom alignment: RH.	1	Yes	0	No														
1	Yes																				
0	No																				
19	[comorbepac] Show the field ONLY if: [comorb]=1	Especificar comorbidade: <small>Diabetes</small>	text																		
20	[statuscomorb] Show the field ONLY if: [comorb]=1	Status da comorbidade:	radio <table border="1"> <tr><td>1</td><td>Compensada</td></tr> <tr><td>2</td><td>Descompensada</td></tr> </table> Custom alignment: RH.	1	Compensada	2	Descompensada														
1	Compensada																				
2	Descompensada																				
21	[gestante] Show the field ONLY if: [sexo]=2	Gestante?	yesno, Required <table border="1"> <tr><td>1</td><td>Yes</td></tr> <tr><td>0</td><td>No</td></tr> </table> Custom alignment: RH.	1	Yes	0	No														
1	Yes																				
0	No																				
22	[paridade] Show the field ONLY if: [sexo]=2	Paridade:	radio <table border="1"> <tr><td>1</td><td>Primipara</td></tr> <tr><td>2</td><td>Multipara</td></tr> </table> Custom alignment: RH.	1	Primipara	2	Multipara														
1	Primipara																				
2	Multipara																				
23	[caracteristicas_do_doador_completa]	Section Header: Form Status Complete?	dropdown <table border="1"> <tr><td>0</td><td>Incomplete</td></tr> <tr><td>1</td><td>Unverified</td></tr> <tr><td>2</td><td>Complete</td></tr> </table>	0	Incomplete	1	Unverified	2	Complete												
0	Incomplete																				
1	Unverified																				
2	Complete																				
<b>Instrument: HLA do doador (hla_do_doador)</b>																					
24	[hlaa]	HLA <small>HLA A1:01:04</small>	notes, Required																		
25	[hlab]	HLA B	notes, Required																		
26	[hlac]	HLA C	notes, Required																		
27	[hladb1]	HLADB1	notes																		
28	[hladb2]	HLADB2	notes																		
29	[hladb3]	HLADB3	notes, Required																		
30	[dpb1para]	HLA DPB1 PERMISSIVO:	yesno, Required <table border="1"> <tr><td>1</td><td>Yes</td></tr> <tr><td>0</td><td>No</td></tr> </table> Custom alignment: RH.	1	Yes	0	No														
1	Yes																				
0	No																				
31	[hla_do_doador_completa]	Section Header: Form Status Complete?	dropdown <table border="1"> <tr><td>0</td><td>Incomplete</td></tr> <tr><td>1</td><td>Unverified</td></tr> <tr><td>2</td><td>Complete</td></tr> </table>	0	Incomplete	1	Unverified	2	Complete												
0	Incomplete																				
1	Unverified																				
2	Complete																				
<b>Instrument: Dados de logística (dados_de_logstica)</b>																					

09/01/2024, 17:10

Escolha do doador de medula óssea | REDCap

32	[dtacontato]	Data de atualização dos contatos:	text (date_dmy)
33	[dtaconsentimento]	Data da assinatura do termo de consentimento:	text (date_dmy)
34	[disponibilidade]	Disponibilidade:	yesno 1 Yes 0 No
35	[pront]	Pontuação de prontidão: 0%	text (number)
36	[dados_de_logistica_complet #]	Section Header: Form Status Complete?	dropdown 0 Incomplete 1 Unverified 2 Complete
<b>Instrument: Características do receptor (características_do_receptor)</b>			
37	[iniciaisrecep]	Iniciais	notes, Required
38	[sexorecep]	Sexo	radio, Required 1 Masculino 2 Feminino
39	[dnascimento_recep]	Data de Nascimento	text (date_dmy), Required
40	[pesorecep]	Peso Peso em kg	text (number), Required
41	[alturarecep]	Altura Altura em cm	text, Required
42	[imc_recep]	IMC	calc, Required Calculation: round(((peso)*10000)/([altura])*(2), 1)
43	[aborecep]	Tipagem Sanguínea	dropdown 1 AB+ 2 AB- 3 A+ 4 A- 5 O+ 6 O- 7 Desconhecido
44	[cmvrecep]	Sorologia para Citomegalovirus	dropdown 1 Positiva 2 Negativa 3 Duvidosa 4 Não testada
45	[escolaridaderecep]	Escolaridade	radio, Required 1 Fundamental incompleto 2 Fundamental completo 3 Médio incompleto 4 Médio completo 5 Superior incompleto 6 Superior completo

09/01/2024, 17:10

Escolha do doador de medula óssea | REDCap

46	[doença]	Doença de base	radio
			1 Leucemia Mieloide Aguda
			2 Leucemia Linfóide Aguda
			3 Leucemia Mieloide Crônica
			4 Leucemia Linfóide Crônica
			5 Leucemia de Células Plasmáticas
			6 Mieloma Múltiplo
			7 Linfoma de Hodgkin
			8 Linfoma Não Hodgkin
			9 Anemia Aplástica
			10 Síndrome Mielodisplásica



09/01/2024, 17:10

Escolha do doador de medula óssea | REDCap

				<table border="1"> <tr><td>11</td><td>Falências medulares</td></tr> <tr><td>12</td><td>Mielofibrose Primária</td></tr> <tr><td>13</td><td>Neoplasias Mieloproliferativas crônicas</td></tr> <tr><td>14</td><td>Tumores sólidos</td></tr> <tr><td>15</td><td>Distúrbios do sistema imunológico</td></tr> <tr><td>16</td><td>Anormalidades herdadas da diferenciação ou função dos eritrócitos</td></tr> <tr><td>17</td><td>Doenças autoimunes</td></tr> <tr><td>18</td><td>Anormalidades herdadas das plaquetas</td></tr> <tr><td>19</td><td>Distúrbios histiocitos</td></tr> </table>	11	Falências medulares	12	Mielofibrose Primária	13	Neoplasias Mieloproliferativas crônicas	14	Tumores sólidos	15	Distúrbios do sistema imunológico	16	Anormalidades herdadas da diferenciação ou função dos eritrócitos	17	Doenças autoimunes	18	Anormalidades herdadas das plaquetas	19	Distúrbios histiocitos
11	Falências medulares																					
12	Mielofibrose Primária																					
13	Neoplasias Mieloproliferativas crônicas																					
14	Tumores sólidos																					
15	Distúrbios do sistema imunológico																					
16	Anormalidades herdadas da diferenciação ou função dos eritrócitos																					
17	Doenças autoimunes																					
18	Anormalidades herdadas das plaquetas																					
19	Distúrbios histiocitos																					
47	[ status ]	Status da Doença de Base	radio	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Primeira Remissão completa</td></tr> <tr><td>2</td><td>Segunda Remissão completa</td></tr> <tr><td>3</td><td>Terceira Remissão completa</td></tr> <tr><td>4</td><td>Resposta Parcial</td></tr> <tr><td>5</td><td>Desconhecido ou não avaliado</td></tr> </table>	1	Primeira Remissão completa	2	Segunda Remissão completa	3	Terceira Remissão completa	4	Resposta Parcial	5	Desconhecido ou não avaliado								
1	Primeira Remissão completa																					
2	Segunda Remissão completa																					
3	Terceira Remissão completa																					
4	Resposta Parcial																					
5	Desconhecido ou não avaliado																					
48	[ hlaarecep ]	HLA A	text																			
49	[ hlabrecep ]	HLAB	text																			
50	[ hlaarecep ]	HLAC	text																			
51	[ hlabdrecep ]	HLADRB1	text																			
52	[ hlabdrecep ]	HLADQB1	text																			
53	[ hlabdrecep ]	HLADPB1	text																			
54	[ características_do_receptor_complete ]	Section Header: Form Status Complete?	dropdown	<table border="1"> <tr><td>0</td><td>Incomplete</td></tr> <tr><td>1</td><td>Unverified</td></tr> <tr><td>2</td><td>Complete</td></tr> </table>	0	Incomplete	1	Unverified	2	Complete												
0	Incomplete																					
1	Unverified																					
2	Complete																					



