SemeAd 2025
XXVIII Seminários em Administração

10, 11, 12, 13 e 14 de novembro de 2025
ISSN 2177-3866

PROPOSTA DE UM SOFTWARE PARA APOIAR A TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO EM GRUPO SOB INCERTEZA E HESITAÇÃO

TAINARA SILVA NOVAES
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)

INDIRA LIMA SCHUSTER
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)

VIVIANE RUOTOLO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)

FRANCISCO RODRIGUES LIMA JUNIOR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)

LUCYANO MARTINS
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS (UFT)

Agradecimento à orgão de fomento:
Ao CNPQ pelo financiamento deste estudo (processo 313556/2023-7).

PROPOSTA DE UM SOFTWARE PARA APOIAR A TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO EM GRUPO SOB INCERTEZA E HESITAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A tomada de decisões em ambientes empresariais frequentemente exige a consideração de diversos critérios, cada um com seu próprio grau de importância. Nesse contexto, as técnicas de decisão multicritério desempenham um papel vital ao fornecer estruturas robustas para avaliar e priorizar alternativas para a solução de problemas (Ruotolo et al., 2025). Contudo, frequentemente, colocar em prática essas teorias demanda um conhecimento especializado, o que pode representar um desafio para diversos profissionais e decisores. Verifica-se assim a importância de integrar a Engenharia de Software com conhecimentos da área de Pesquisa Operacional a fim de se obter ferramentas computacionais de apoio, que facilitem a aplicação de técnicas de decisão e promovam a racionalidade nas decisões organizacionais (Moraes; Lima, 2017).

Para apoiar os gestores em processos decisórios complexos, praticantes e acadêmicos desenvolveram softwares de apoio à decisão multicritério, também chamados de Sistemas de Apoio à Decisão (SAD), capazes de auxiliar diversas áreas da gestão empresarial. Esses softwares são aplicáveis em problemas que envolvem a avaliação de duas ou mais alternativas, com base em dois ou mais critérios de decisão (Montes et al., 2015). Alguns deles também consideram as opiniões de diversos participantes no processo decisório, oferecendo suporte à tomada de decisão em grupo.

A tomada de decisão em grupo ocorre quando múltiplos atores participam da definição de alternativas e da escolha final, combinando diferentes perspectivas, conhecimentos e interesses. É especialmente importante em empresas quando as decisões envolvem áreas interdependentes, alto grau de complexidade ou impacto estratégico, como na seleção de projetos, fornecedores ou definição de prioridades. Apesar de seu potencial para gerar decisões mais robustas, a tomada de decisões em grupo enfrenta desafios como conflitos entre participantes, dificuldade de consenso e influência desproporcional de membros mais experientes ou hierarquicamente superiores. Modelos multicritério e ferramentas computacionais podem mitigar essas dificuldades, promovendo decisões mais participativas e consistentes (Lima, Oliveira e Resende, 2023).

1.1 Diagnóstico da Situação-Problema

Ainda que existam diversos SADs baseados em técnicas multicritério tradicionais, como M-MACBETH, *Expert Choice* e *Super Decisions*, a partir de um levantamento realizado pelos autores do presente estudo em bases de periódicos e de patentes, verificou-se a escassez de softwares de apoio à tomada de decisão multicritério em grupo sob incerteza e hesitação.

A tomada de decisão sob incerteza e hesitação ocorre quando os decisores não dispõem de informações completas ou apresentam dúvidas quanto à avaliação das alternativas e critérios. Esse cenário é comum em contextos nos quais os dados são imprecisos, subjetivos ou qualitativos. A hesitação pode ser causada por falta de conhecimento, divergência de opiniões entre os decisores, ambiguidade das informações disponíveis ou dificuldade em expressar julgamentos com exatidão. Esses fatores dificultam a aplicação de métodos tradicionais e aumentam o risco de decisões inconsistentes. Como solução, os Conjuntos Linguísticos Hesitantes *Fuzzy* (*Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets* - HFLTSs) permitem que os decisores expressem suas preferências utilizando múltiplos termos linguísticos para avaliar um mesmo critério ou alternativa, refletindo a hesitação de forma estruturada (Oliveira et al., 2023).

O uso de métodos baseados em HFLTSs cresceu significativamente na última década, sendo atualmente uma das abordagens mais utilizadas para apoiar problemas de decisão sob hesitação. Dentre os métodos multicritério existentes, o HFL-TOPSIS (*Technique for Order of*

Preference by Similarity to Ideal Solution), proposto por Beg e Rashid (2013), se destaca por ser uma abordagem para tomada de decisão em grupo, que permite aos decisores o uso de termos linguísticos (ex.: baixo, médio, alto) e de expressões linguísticas (ex. "entre baixo e médio") para expressar suas preferências em situações de hesitação (Lima; Oliveira; Resende, 2023; Souza et al., 2023).

Embora o HFL-TOPSIS apresente diversas vantagens de uso e tenha se popularizado nos últimos anos, atualmente a aplicação deste método é dificultada pela ausência de um SAD com uma interface gráfica que possibilite o uso por usuários não especialistas em lógica *fuzzy*. Ainda que os métodos HFLTSs sejam uma das abordagens de Computação com Palavras (*Computing with Words*) mais utilizadas recentemente em estudos acadêmicos para apoiar decisões multicritério sob incerteza (Yu; Sheng; Zu, 2022), o conhecimento sobre a modelagem e uso de técnicas *fuzzy* no apoio à tomada de decisão multicritério ainda é restrito a poucos profissionais no Brasil, geralmente acadêmicos (Gabriel Filho, 2023).

Nesse sentido, a ausência de softwares baseados em HFL-TOPSIS contribui para que as aplicações sejam realizadas por meio de planilhas e códigos de programação, que são difíceis de serem replicados por gestores (Souza et al., 2023). O uso de técnicas HFLTSs demanda um nível de *expertise* considerável para manipular as planilhas de forma eficaz, tornando-se uma barreira significativa para aqueles que não possuem conhecimento aprofundado nessa área. Além disso, a ausência de ferramentas que ofereçam uma interface gráfica amigável limita a acessibilidade, dificulta a edição e a análise de sensibilidade dos modelos, podendo provocar erros na modelagem.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo a proposição de um SAD denominado *Continuum*, que simplifica significativamente a aplicação do método HFL-TOPSIS para processos decisórios em grupo, tornando-o acessível e intuitivo para usuários que não possuem *expertise* em lógica *fuzzy*. A Seção 2 apresenta o referencial teórico sobre desenvolvimento de software e sistemas de apoio à decisão, enquanto a Seção 3 detalha os procedimentos utilizados neste estudo. Já a Seção 4 apresenta os resultados e a Seção 5 consiste na conclusão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Desenvolvimento de Software

O desenvolvimento de novos produtos de software é um processo complexo, geralmente dividido em várias etapas. Essas etapas incluem diagnóstico, concepção, levantamento e análise de requisitos, desenvolvimento e manutenção (Pressman; Maxim, 2016). É crucial dedicar esforços às etapas iniciais para otimizar o uso de recursos e garantir que o produto final atenda às expectativas de qualidade dos clientes (Pacheco; García; Reyes, 2018; Ruotolo et al., 2025).

Há diversas abordagens metodológicas que apoiam o desenvolvimento de software. No Modelo Cascata, as fases do desenvolvimento de software são sequenciais, lineares e há dependências entre as etapas. O Modelo Espiral é inspirado em elementos do Cascata, mas inclui interações como mecanismo propulsor da adaptação contínua. Já o modelo *Rational Unified Process* (RUP) também é uma abordagem iterativa, mas baseada em componentes, que se baseia na colaboração entre desenvolvedores para produção de artefatos de qualidade. Há também metodologias ágeis como o *Scrum*, que divide o projeto em *sprints* (ciclos de trabalho), com entregas bem definidas, realizadas de forma incremental e com revisões contínuas (Pressman; Maxim, 2016; Sbrocco; Macedo, 2012).

No contexto do desenvolvimento de software, é crucial compreender os pilares que garantem o sucesso e o desempenho adequado de um sistema. Segundo Atoum (2023), a elicitação e a análise de requisitos desempenham um papel fundamental em assegurar que o software atenda às expectativas dos usuários em relação à experiência do mesmo. Além disso, a autora destaca que o tempo investido nessa etapa é de suma importância, pois aumenta a chance de alcançar resultados eficazes que possam satisfazer plenamente os futuros usuários. Portanto,

uma base sólida em relação aos requisitos estabelecidos e a sua devida priorização desempenharam um papel relevante no avanço da implementação do *software*.

Em relação aos aspectos que orientam a definição dos requisitos de software, a área de Qualidade de Software apresenta orientações e modelos que tornam o processo de desenvolvimento mais efetivo. A qualidade de software é uma vertente da engenharia de software que, segundo Pressman e Maxim (2016), consiste na conformidade dos requisitos funcionais e do desempenho de um software a padrões de desenvolvimento documentados e características implícitas previstas em um bom produto de software.

Existem modelos de qualidade de software que são úteis no desenvolvimento de um novo sistema ou na avaliação da qualidade de produtos existentes (Moraes; Lima, 2017). A série de normas ISO/IEC 25000 - SQuaRE (*System and Software Quality Requirements and Evaluation*) é a mais relevante em termos de avaliação da qualidade de softwares (ISO, 2022). Ela sugere a definição de requisitos que levem em conta a adequação funcional, eficiência de desempenho, usabilidade, compatibilidade, confiança, segurança, manutenibilidade e portabilidade.

Conforme Atoum (2023) ainda ressalta, a qualidade dos requisitos que foram priorizados e validados desempenha um papel direto e significativo na construção da experiência do usuário. Quanto mais claras forem essas necessidades, maiores são as chances de os profissionais *designers* criarem uma experiência de usuário aprimorada. Além disso, ao simplificar os processos subjacentes e oferecer uma interface intuitiva, o software remove a barreira da necessidade de conhecimento técnico especializado.

Há várias técnicas usadas para apoiar a elicitação de requisitos no desenvolvimento de software. Em um estudo de revisão sistemática sobre técnicas de elicitação de requisitos, Pacheco, García e Reyes (2018) constataram que as mais utilizadas têm sido entrevistas, prototipagem, análise de cenários, grupo focal e *brainstorming*. Como geralmente há muitos requisitos a considerar, é essencial adotar um método claro para priorização de requisitos, de modo a selecionar aqueles que refletem de fato as demandas do usuário.

Uma vez que os requisitos de software escolhidos são determinantes na estrutura e no sucesso do produto, a priorização de requisitos deve ser feita de forma estruturada, podendo ser abordada como um problema de tomada de decisão (Pacheco, García & Reyes, 2018). Há diversos modelos decisórios que foram propostos na literatura para dar suporte a esse problema de priorização. No trabalho de revisão sistemática desenvolvido Achimugu et al. (2014), foram identificados 73 estudos que aplicaram métodos para priorização de requisitos de software. Um estudo similar foi feito por Bukhsh et al. (2020), o qual identificou 102 trabalhos que desenvolveram ou utilizaram abordagens metodológicas para priorização de requisitos. Nesse caso, os métodos mais adotados foram AHP e as técnicas baseadas na Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*.

Dentre as técnicas *fuzzy*, o método *Fuzzy* TOPSIS se destaca pela facilidade de aplicação e por permitir o uso de uma quantidade ilimitada de alternativas e critérios. Além disso, as escalas utilizadas pelos decisores para avaliação dos elementos do problema são de fácil entendimento e menos complexas do que as escalas dos métodos AHP e *Fuzzy* AHP (Ruotolo et al., 2025). Devido a essas vantagens de uso, o método *Fuzzy* TOPSIS foi escolhido para ser aplicado neste estudo para priorização dos requisitos de um novo sistema de apoio à decisão. A seção a seguir discute esse tipo de sistema.

2.2 Sistemas de Apoio à Decisão baseados em Técnicas *Fuzzy* e Extensões

A tomada de decisão em ambientes organizacionais envolve diversas etapas, como percepção, reconhecimento do problema, geração de alternativas, avaliação e decisão final. Esses processos se tornam especialmente desafiadores quando as decisões são altamente estratégicas, envolvem múltiplos *stakeholders* e exigem uma abordagem estruturada. Nesses cenários, o uso

de SADs tem se tornado cada vez mais comum, devido à sua capacidade de fornecer suporte computacional na resolução de problemas de decisão não estruturados (TAHRI et al., 2022).

Os SAD oferecem diversas vantagens nos processos decisórios, como maior capacidade de manipulação de dados, aprimoramento das capacidades analíticas e a possibilidade de modelar cenários complexos de forma interativa. Ao combinar as habilidades cognitivas humanas com o poder computacional, esses sistemas elevam a qualidade das decisões. Além de seu poder analítico, os SAD se caracterizam por atributos essenciais como adaptabilidade, facilidade de desenvolvimento, eficiência e eficácia geral (FERNANDO; BALDELOVAR, 2022).

A Tabela 1 resume diversos estudos que propuseram SADs com interfaces gráficas baseadas em técnicas *fuzzy* e suas extensões. Os SADs prévios apresentam limitações em diferentes aspectos da tomada de decisão. Em particular, os SADs desenvolvidos por Hamdan e Cheaitou (2017), Dymova et al. (2021) e Tahri et al. (2022) não possuem mecanismos para lidar com a hesitação, o que limita sua capacidade de enfrentar a incerteza em ambientes decisórios complexos. Os SADs propostos por Estrella et al. (2015), Montes et al. (2015) e Zhao et al. (2023) tratam de forma eficaz a hesitação na avaliação de alternativas, mas lidam com a hesitação na etapa de avaliação dos pesos dos critérios de decisão.

Quadro 1– SAD baseados em lógica *fuzzy* com interface gráfica ao usuário

Autores	**Técnicas**	**Aplicação**	**Lida com hesitação na avaliação de alternativas**	**Lida com hesitação na avaliação de critérios**	**Permite a ponderação de decisores**
Estrella et al. (2015)	Fuzzy TOPSIS e HFLTS	Plantação agrícola	Sim	Não	Não
Montes et al. (2015)	2-tuple linguistic representation e HFLTSs	Mercado de construção	Sim	Não	Não
Hamdan e Cheaitou (2017)	Fuzzy TOPSIS e AHP	Seleção de fornecedores	Não	Não	Não
Dymova et al. (2021)	Type 2 fuzzy sets	Seleção de imóveis	Não	Não	Não
Liu et al. (2022)	Hesitant Fuzzy Linguistic Preference Relations	Tomada de decisão em grupo	Sim	Não	Não
Tahri et al. (2022)	Fuzzy AHP	Recreação na floresta	Não	Não	Não
Zhao et al. (2023)	Intuitionistic HFLTS	Teleconsulta	Sim	Não	Não
SAD proposto neste estudo	HFL-TOPSIS	Exemplos numéricos baseados na literatura e dados simulados	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Além disso, nenhum dos SAD identificados aborda a hesitação na avaliação dos critérios ou incorpora a ponderação dos decisores, ambos aspectos fundamentais para capturar preferências e prioridades diversas nos processos de decisão multicritério. Essas limitações destacam potenciais áreas de melhoria no desenvolvimento de SADs, especialmente no aprimoramento da capacidade de gerenciar a hesitação tanto na avaliação das alternativas quanto

dos critérios, bem como na incorporação da ponderação dos tomadores de decisão, a fim de aumentar sua aplicabilidade e eficácia em contextos reais de tomada de decisão.

3 MÉTODO

Neste estudo foram utilizados princípios de desenvolvimento ágil de *software*, com o uso da metodologia *Scrum* (Sbrocco; Macedo, 2012), para permitir uma abordagem iterativa e incremental. Adotou-se *Sprints* de duas a três semanas, com reuniões de revisão e planejamento, garantindo a entrega de funcionalidades em cada iteração. A equipe do projeto foi formada por um Professor Coordenador, da área de Engenharia de Produção; um Professor Colaborador, da área de Sistemas de Informação, responsável pela orientação em termos de desenvolvimento de software; e três Graduandas em Engenharia de Computação, responsáveis por diversas atividades, desde a concepção do software até a implementação computacional. As etapas do projeto foram estruturadas como segue:

a) Estudo da literatura – baseou-se no material bibliográfico extraído a partir de consultas ao INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial) e a bases de periódicos. Foram consultados livros e artigos sobre Engenharia de Software, Qualidade de Software, Tomada de Decisão Multicritério, HFLTS e HFL-TOPSIS, utilizando as bases de dados *Scopus*, *Scielo*, *Web of Science* e *Emerald* Insight. Nesta etapa, também foi realizado um levantamento de softwares com interface gráfica, para tomada de decisão multicritério, baseados em técnicas *fuzzy*. Como resultado, foram identificados e estudados os sistemas apresentados em Estrella et al. (2014), Montes et al. (2015), Hamdan e Cheaitou (2017) e Dymova et al. (2022), o que subsidiou o levantamento de requisitos funcionais e não funcionais que deveriam ser supridos pelo novo software a ser desenvolvido;

b) Definição e refinamento dos requisitos – juntamente com os resultados da etapa "a", a definição das características desejadas para o produto foi feita com base na consulta a três especialistas, usando *Google Meet* e *Google Forms*. Esses especialistas são pesquisadores da área de Pesquisa Operacional e possuem entre 3 e 10 anos de experiência no uso de HFLTSs. Eles foram consultados a respeito dos requisitos relevantes para esse tipo de software. Também atribuíram um grau de importância para cada requisito, que poderia ser "muito baixo", "baixo", "médio", "alto" e "muito alto". Essas avaliações foram computadas utilizando o método *Fuzzy* TOPSIS (Ruotolo et al., 2025) a fim de criar um *ranking* que indicasse a prioridade de cada requisito, para assim incluir apenas os requisitos prioritários na primeira versão do software. O *Fuzzy* TOPSIS foi escolhido por ser um dos métodos multicritério mais utilizados na literatura sobre priorização de requisitos de software e por permitir o uso de julgamentos linguísticos. Na sequência, empregou-se uma técnica *storyboard* para o refinamento dos requisitos previamente definidos (Sbrocco; Macedo, 2012), o que possibilitou a representação descritiva de todo o cenário e dos casos de uso;

c) Seleção de ferramentas - a escolha das tecnologias usadas para desenvolvimento do sistema levou em conta o conhecimento prévio da equipe e a capacidade das ferramentas de lidar com as particularidades da implementação, como: precisão dos cálculos, criação de interfaces adaptáveis a diferentes telas e facilidade de manutenção. Com isto em mente, foi escolhida a linguagem *Python*, para calcular o resultado do modelo a partir dos dados inseridos, e *TypeScript* em conjunto com a biblioteca *React* para criação da interface de usuário. Como ferramenta de design, utilizou-se a plataforma Figma, por esta ter todas as funcionalidades necessárias para prototipação de interfaces e ser gratuita;

d) Projeto da interface ao usuário - utilizando a ferramenta *Miro*, elaborou-se um fluxograma para traçar a jornada do usuário durante o uso do software, abrangendo desde o momento inicial de entrada no sistema até a sua saída. Esse fluxograma representa uma síntese do que foi delineado nos *storyboards*, oferecendo uma visão holística do fluxo de trabalho do usuário. Com base no fluxograma de jornada do usuário, realizou-se a criação da Interface de Usuário (*User*

Interface - UI) e da Experiência do Usuário (*User Experience UX*) do sistema. Seguindo as recomendações apresentadas por Atoum (2023), adotou-se diretrizes de usabilidade, as quais constituem um conjunto de princípios que auxiliam na avaliação da qualidade da interface do usuário em termos de usabilidade. A primeira versão do design do software foi desenvolvida por meio da técnica de *wireframe*, que consiste em um protótipo de baixo detalhamento focado nas principais funcionalidades do sistema e que fornece uma concepção inicial de ideia de software. Seguido à criação das telas em formato de *wireframes*, o passo subsequente consistiu no desenvolvimento dos elementos visuais exclusivos para o software, empregando técnicas de design de UI/UX por meio da ferramenta Figma;

e) Projeto e implementação do sistema - a partir de um exemplo de uso do HFL-TOPSIS em *MS Excel*, foram identificadas as relações da aplicação, as quais permitiram a criação do diagrama de classes que orientou a implementação do sistema. Com relação à precisão numérica, foram implementados dois protótipos com base no exemplo de uso do HFL-TOPSIS: (1) Cálculo direto do método na linguagem de programação *web* PHP; e (2) Implantação orientada a objetos do modelo de decisão e seus respectivos cálculos em *Python*. Esses protótipos foram essenciais para traduzir o método HFL-TOPSIS em linguagem computacional. Por conseguinte, a comparação entre os dois protótipos serviu de embasamento para estabelecer o *Django*, um *framework* de programação *web* em *Python*, no *backend*. No *frontend*, utilizou-se do *TypeScript* e do *React*, uma biblioteca da linguagem *JavaScript* para páginas da *web*. Na implementação computacional, realizou-se uma transição do protótipo em *Python* para a estrutura do *framework Django* a fim de uni-la com o *frontend* em *React,* o que produziu o *design* idealizado no *Figma*. Ao longo das entregas, foram implementadas diversas funcionalidades, como a criação de modelos, a definição do problema, inserção dos julgamentos para os pesos dos critérios e para cada alternativa aos critérios, o ranqueamento dos resultados e a possibilidade de exportar e importar modelos em arquivos compartilhados;

f) Testes – após a conclusão da implementação, foram realizados diversos testes de uso do software para atestar a consistência dos resultados fornecidos. Nesses testes, foram utilizados os dados extraídos dos casos de aplicação apresentados em Beg e Rashid (2013) e Magalhães et al. (2022), que também utilizaram *Hesitant Fuzzy Linguistic* TOPSIS em problemas de decisão multicritério. Também foram criados dois casos simulados para verificar os resultados produzidos pelo modelo em situações em que todas as alternativas receberem pontuações máximas ou pontuações mínimas em todos os critérios.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Definição, priorização e refinamento dos requisitos

O levantamento de softwares prévios resultou na identificação de quatro softwares com interface gráfica que possibilitam o uso de técnicas *fuzzy* para decisão multicritério, propostos por Estrella et al. (2014), Montes et al. (2015), Hamdan e Cheaitou (2017) e Dymova et al. (2022). A análise da interface e da documentação desses softwares, em conjunto com a consulta a três especialistas em HFLTSs (nomeados E_1, E_2 e E_3), propiciaram a criação de uma listagem dos principais requisitos, os quais serviram como base para a implementação do novo software para decisão multicritério.

O Quadro 2 apresenta uma lista dos 16 requisitos avaliados pelos especialistas. Esses requisitos estão relacionados a atributos de qualidade sugeridos pela norma ISO/IEC 25000 (ISO, 2022). Cada especialista estimou os pesos dos requisitos de acordo com sua experiência e com as necessidades do projeto. O Quadro 2 também mostra os pesos atribuídos aos decisores, o que foi feito considerando a experiência de cada um em HFLTSs e o grau de responsabilidade sobre o projeto em questão.

Quadro 2 – Avaliação dos requisitos para o projeto do software em questão

Características	Requisitos	E_1	E_2	E_3

Completude funcional	R_1. Permitir a atribuição de pesos aos critérios	Muito Alto (MA)	Alto	MA
	R_2. Uso de critérios qualitativos	MA	MA	MA
	R_3. Uso de critérios quantitativos	MA	MA	MA
	R_4. Avaliar critérios por valores numéricos	Alto	Baixo	Médio
	R_5. Avaliar pesos por julgamentos linguísticos	Alto	Alto	Alto
Operacionalidade	R_6. Escala com 5 ou 7 termos linguísticos	Alto	Alto	Alto
Acessibilidade	R_7. Ser auto explicativo em relação ao seu uso	Alto	MA	MA
	R_8. Fornecer suporte ao cadastro de usuários	Alto	Médio	Médio
Confidencialidade	R_9. O administrador poderá gerenciar usuários	MA	Alto	Alto
Instalabilidade	R_{10}. Funcionar em plataforma WEB	MA	MA	Baixo
Recuperabilidade	R_{11}. Salvar os dados em caso de falhas	Alto	Alto	Baixo
Modificabilidade	R_{12}. O código deve conter comentários que expliquem as etapas implementadas	Alto	MA	Alto
Apreensibilidade	R_{13}. Figura com visão geral das etapas de uso	Alto	MA	Alto
	R_{14}. Figura com as teorias matemáticas usadas	Alto	Médio	Médio
	R_{15}. Centralizar os elementos na mesma página	Médio	MA	Alto
Autenticidade	R_{16}. Salvar os dados de entrada e os resultados	Médio	Alto	Alto
Pesos atribuídos aos decisores:		MA	Alto	Alto

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os dados mostrados no Quadro 2 foram utilizados para entrada no método *Fuzzy* TOPSIS para gerar um ranqueamento que estabeleceu uma ordem de prioridade entre os requisitos elencados. Assim, a ordem de prioridade obtida foi: $R_2 = R_3 > R_1 > R_7 > R_9 > R_{12} = R_{13} > R_5 = R_6 > R_{10} = R_{15} > R_{16} > R_8 = R_{14} > R_{11} > R_4$. Assim, a aplicação do *Fuzzy* TOPSIS indicou que os requisitos prioritários dizem respeito a funcionalidades cruciais do software, como possibilitar a adoção de critérios qualitativos (R_2) e critérios qualitativos (R_3), além de permitir a consideração dos pesos dos critérios (R_1). R_7 também se destacou e evidenciou a importância de o sistema ser intuitivo.

Por outro lado, os requisitos com menor prioridade foram R_4 e R_{11}, que se referem à tolerância a falhas e uso de valores numéricos como entradas. Os resultados foram apresentados aos especialistas, que endossaram a ordem de prioridade. Portanto, a equipe desenvolvedora optou por incluir na primeira versão do software os requisitos classificados entre a 1ª e a 8ª posição (R_2 a R_{16}). Os requisitos R_8, R_{14}, R_{11} e R_4 não foram incluídos nessa primeira versão.

Utilizando os requisitos prioritários como ponto de partida, foi construído um *storyboard* que contém uma sequência de passos que o usuário deve poder realizar no sistema e destaca as funcionalidades e as regras de negócio. Isso foi feito pela equipe de desenvolvedores juntamente com o especialista E_1. O *storyboard* tornou claro o fluxo a ser seguido pelo sistema em diferentes situações, como a criação de um novo modelo de decisão, a edição de um modelo existente e a importação ou exportação de modelos. O Quadro 3 apresenta uma pequena parte do *storyboard* desenvolvido.

Quadro 3 - *Storyboard* para a definição do problema e a exportação de dados

Etapa	**Descrição**
Definição do problema	A partir da necessidade de tomar uma nova decisão multicritério em uma organização, o usuário abrirá o software e irá definir os seguintes elementos do problema de decisão: ● Número de decisores ● Número de alternativas ● Número de critérios ● Número de termos linguísticos (para avaliar as alternativas e critérios)
Exportação de dados	Como usuário, preciso poder exportar o modelo criado em um arquivo.

	Critérios de aceite: ● Os dados de entrada dos pesos dos critérios e pontuações das alternativas devem ser salvos. ● Os resultados do cálculo de saída do modelo não devem ser salvos. ● Os dados devem ser exportados em um arquivo que possa ser lido pelo próprio software posteriormente.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

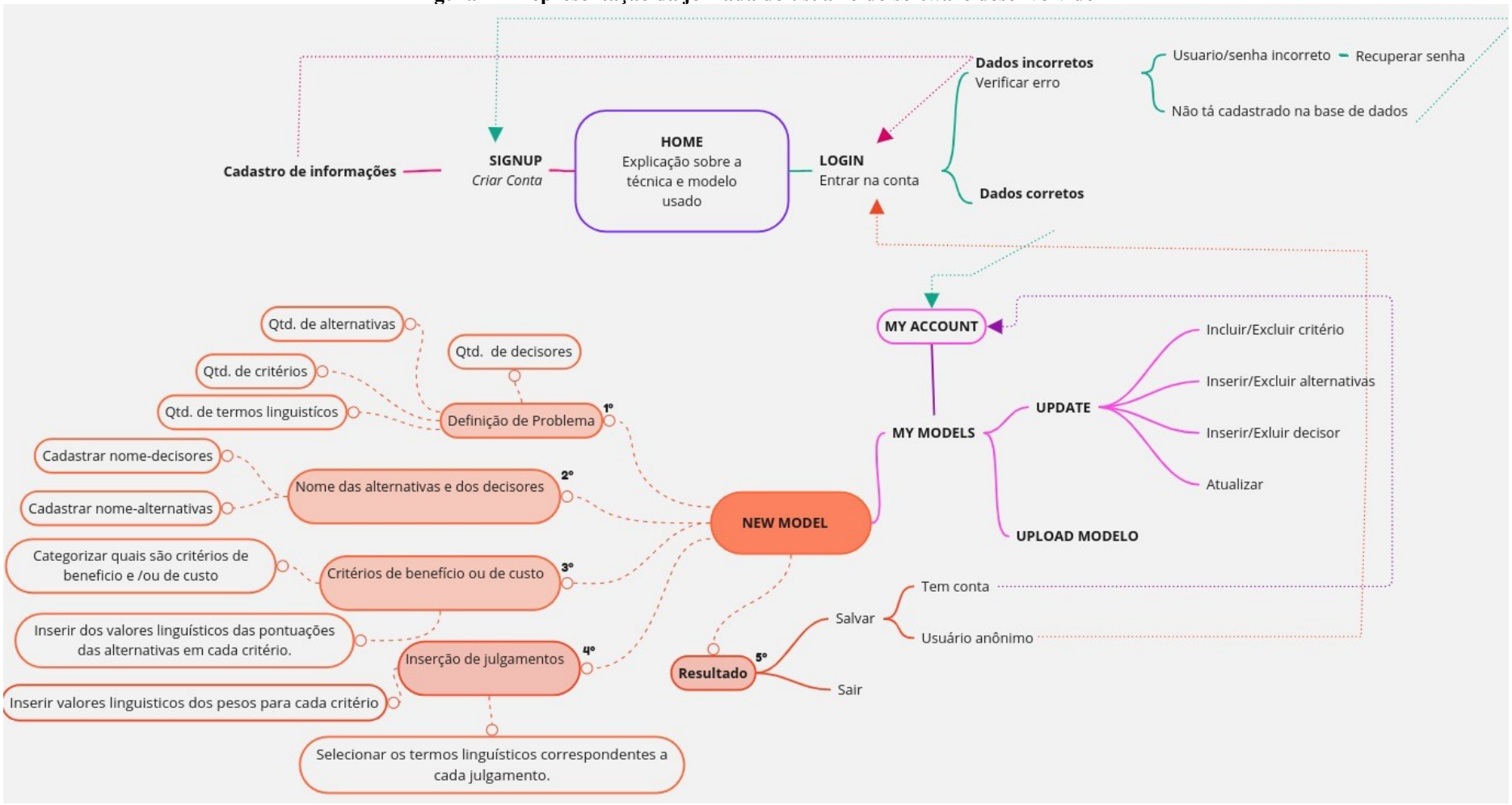
4.2 Projeto da interface ao usuário

O projeto da interface foi iniciado por meio do mapeamento da jornada do usuário, o qual foi baseado no *storyboard* desenvolvido anteriormente. Esse mapeamento resultou na Figura 1, que descreve a sequência de caminhos que o usuário pode percorrer na criação do modelo de aplicação, destacando o fluxo de criação de contas, o acesso à página inicial, a criação de modelos, a atualização de modelos e a obtenção de resultados.

Posteriormente, na etapa de design de interface, tornou-se evidente que antes de prosseguir para o *design* definitivo, seria benéfico criar um esboço inicial por meio de *wireframes* das telas principais do sistema. Isso foi feito com o propósito de determinar a disposição mais adequada dos elementos essenciais para a construção de modelos decisórios baseados em HFL-TOPSIS pelos futuros usuários. O *design* final foi desenvolvido com base nos esboços previamente criados, o que possibilitou um leiaute mais preciso e acessível. A representação final da interface gráfica do software pode ser observada na Figura 2, que exibe algumas telas do sistema.

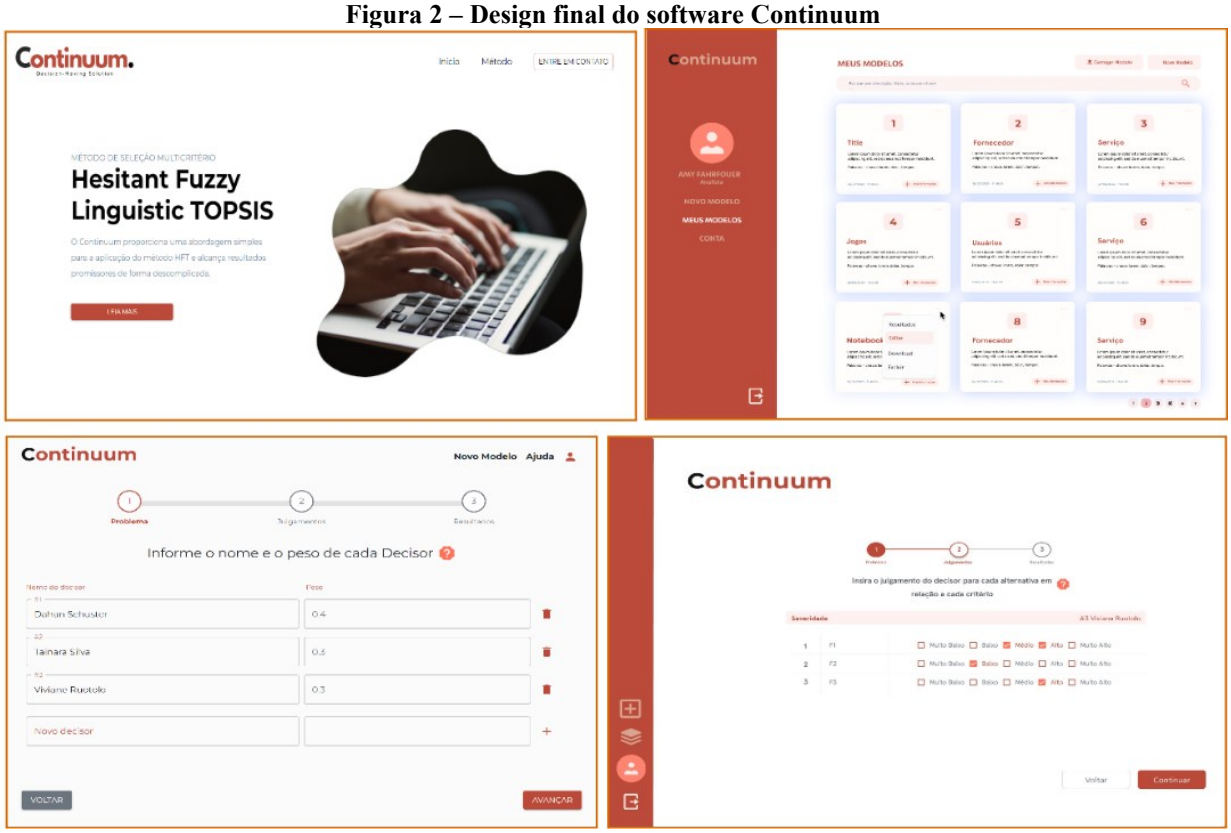
Dado que o objetivo principal da ferramenta foi tornar mais amigável a aplicação do método HFL-TOPSIS, a adoção das melhores práticas de usabilidade desempenhou um papel fundamental. Algumas dessas práticas foram baseadas nas diretrizes amplamente reconhecidas conhecidas como Leis de Krug (2008). Essas diretrizes partem do princípio “Não me faça pensar”, fazendo referência à necessidade de os componentes da interface do software serem autoexplicativos e fáceis de usar, além de evitarem a perda de tempo do usuário e garantirem uma navegação ágil entre as funcionalidades do sistema. Com base nisso, todos os aspectos relacionados à usabilidade foram minuciosamente examinados durante o processo de criação, abrangendo desde o tamanho das fontes, a seleção de cores, o posicionamento de elementos, até a estrutura de navegação e todos os elementos do *frontend* de um site.

Figura 1 – Representação da jornada do usuário do software desenvolvido



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Figura 2 – Design final do software Continuum

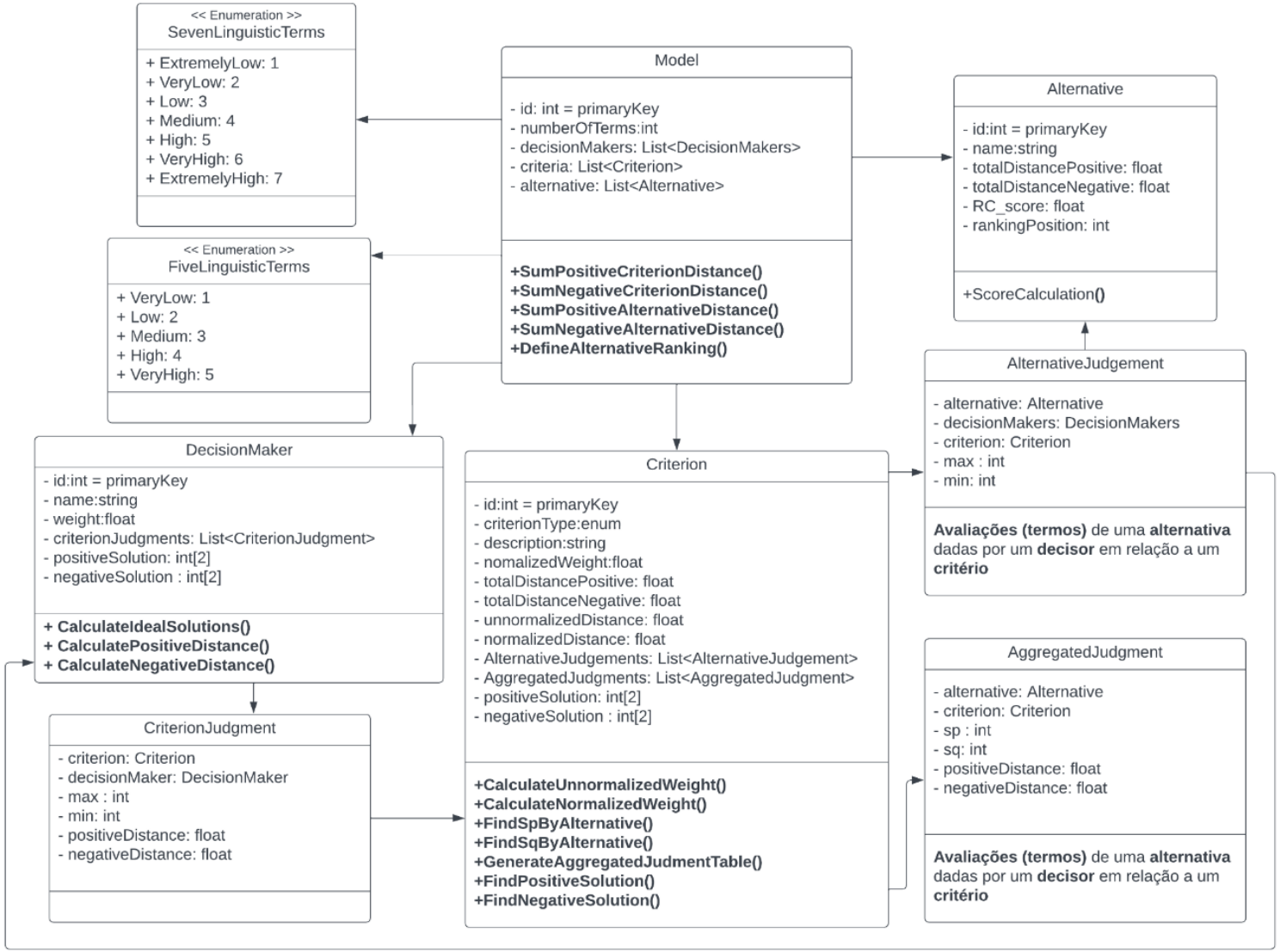


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

4.3 Implementação do Sistema

A Figura 3 apresenta o diagrama de classes desenvolvido para gerenciar a criação de modelos baseados em HFL-TOPSIS. A classe *Model* representa o modelo com os seus decisores, critérios e alternativas, os quais compõem, respectivamente, as classes: *DecisionMaker, Criterion* e *Alternative.* Esses objetos são responsáveis por gerar o modelo, o qual se baseia em cálculos com os julgamentos (*CriterionJudgment* e *AlternativeJudgment*). *SevenLinguisticTerms* e *FiveLinguisticTerms* são as escalas disponíveis.

Figura 3 - Diagrama de classes desenvolvido para o software



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Posteriormente, foram implementados dois protótipos para execução dos cálculos do HFL-TOPSIS, o que permitiu identificar a diferença de execução entre eles. No teste realizado, o software foi aplicado para a ponderação de critérios de seleção de fornecedores utilizando dados simulados. Como é evidenciado na Tabela 1, é notável que em *Python* obteve-se uma maior precisão numérica, apesar dos resultados serem bem semelhantes e com uma diferença de duas ou três casas decimais entre os resultados. Por esse motivo, optou-se pelo *Python* e o *framework Django* para a execução mais precisa do HFL-TOPSIS.

Tabela 1 - Comparação entre os protótipos em Python e em PHP para o cálculo do peso dos critérios

Critérios	Pesos dos critérios normalizados	
	PHP	Python
Custo	0,48031486431208	0,4803148643120842
Qualidade	0,38884018940448	0,3888401894044807
Ocorrência	0,13084494628344	0,13084494628343515

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A primeira versão do *software* incluiu as funcionalidades essenciais do projeto. Muitas funções são executadas com o *React*. O *backend* é requisitado apenas na criação ou alteração do modelo, em que há a necessidade de refazer os cálculos.

A etapa de criação do modelo decisório possui um total de quatro passos, tais quais: (1) descrição do modelo, (2) definição do problema, (3) inserção dos julgamentos dos decisores, e (4) ranqueamento dos resultados. Ao finalizar o terceiro passo, os dados inseridos são formatados no modelo *JavaScript Object Notation* (JSON) e enviados para a *Application Programming Interface* (API) em *Django*. A Figura 4 exemplifica um desses arquivos JSON. Nesse exemplo, o modelo é composto por um decisor, um critério, uma alternativa e cinco termos linguísticos a fim de demonstrar a estrutura de armazenamento dos dados. Nesse sentido, depois do *backend* executar a sua função, é retornado ao *frontend* um JSON com a mesma estrutura. Contudo, são adicionados os dados finais que permitem o ranqueamento no último passo.

Figura 4 - Exemplo de JSON utilizado no Continuum


```
{
  "id": "1dd6d183-fdf7-42e2-b645-082bc9df23ae",
  "info": {
    "description": "Modelinho basico",
    "keywords": ["fornecedores"],
    "name": "Modelinho",
    "searchString": "modelinho modelinho basico fornecedores"
  },
  "decisionMakers": {
      "id": "d755148e-644c-49b6-a668-1b20ee911554",
      "name": "Decisor1",
      "weight": 0.4,
      "criterion_judgments": {
          "criterion_id": "0a211b60-ee0c-46df-af7f-0cf06e32a165",
          "sp": 3,
          "sq": 4
      },
      "positive_ideal_solution": [0, 0],
      "negative_ideal_solution": [0, 0]
  },
  "criteria": {
      "id": "ddea19be-89a7-4186-b098-f0a94107f86b",
      "description": "Qualidade",
      "criterion_type": "benefit",
      "alternative_judgments": {
          "alternative_id": "a832ed90-b798-49f3-a063-94135fdae74a",
          "decision_maker_id": "d755148e-644c-49b6-a668-1b20ee911554",
          "min_value": 4,
          "max_value": 4
      }
  },
  "alternatives": {
      "id": "a832ed90-b798-49f3-a063-94135fdae74a",
      "name": "Fornecedor A",
      "ranking_position": 0,
      "score": 0,
      "total_distance_negative": 0,
      "total_distance_positive": 0
  },
  "linguisticScale": 5
}
```


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Na etapa de implementação, também foram criadas rotas no sistema (caminhos no endereço WEB) para cada subetapa do modelo. A rota "*/new-model*" permite a inserção dos dados iniciais: nome, descrição e palavras-chave. Foi estabelecida a obrigatoriedade de preenchimento desses dados antes de avançar para o próximo passo. A rota "*/new-model/dms*" possibilita a adição dos decisores do modelo, incluindo seus nomes e pesos. A soma total dos pesos é validada para garantir que seja igual a 1 antes de poder avançar.

Na rota "*/new-model/criteria*", é possível inserir os múltiplos critérios de escolha, juntamente com seus tipos (Benefício ou Custo). Ao menos um critério deve ser inserido para poder seguir para o próximo passo. A rota "*/new-model/alternatives*" possibilita a adição das

alternativas a serem julgadas com base nos critérios inseridos. Também há a obrigatoriedade de ao menos uma alternativa para poder prosseguir. Já a rota "*/new-model/linguistic-scale*" permite a escolha da escala linguística do modelo, com opções de escala de 5 termos linguísticos (de "Muito baixo" a "Muito alto") ou 7 termos (de "Extremamente baixo" a "Extremamente alto"). Na rota "*/new-model/dm/judge-criteria-weight*", cada decisor insere seus julgamentos sobre o peso de cada critério. A etapa de julgamento das alternativas foi incluída na rota "*/new-model/dm/judge-alternatives*", e a rota "*/new-model/results*" apresenta as alternativas ranqueadas com base nos cálculos realizados pela API.

Uma tela secundária para listar os modelos do usuário também foi implementada, utilizando o recurso de salvamento local dos navegadores WEB, que permite persistir os dados da aplicação para recuperação futura, sem a necessidade de um banco de dados nesta primeira implementação. Nesta tela também foram adicionados botões para baixar os modelos criados e para importar um modelo baixado. Os arquivos utilizam o padrão JSON (*Javascript Object Notation*) para estruturação de dados.

O projeto e implementação do software tiveram duração total de 1 ano e 6 meses. O último estágio consistirá na publicação do software na Internet e envolverá a criação da infraestrutura necessária para hospedar ambos os códigos da API escrita em Python e da interface feita em *React*, para que possam ser acessíveis *online*.

4.4 Testes

A Tabela 2 apresenta os resultados gerados pelo software em quatros casos de aplicação. Foram realizados diversos testes de uso do software para atestar a consistência dos resultados fornecidos, tomando como base de comparação dois estudos que aplicam o método HFL-TOPSIS. O caso 1 corresponde aos dados extraídos de Beg e Rashid (2013), com múltiplos decisores, mas que não aplica pesos aos critérios. O caso 2 se refere aos dados apresentados em Magalhães e Lima (2025), que consistem em uma aplicação para avaliação de 19 falhas em um processo de fabricação. Essa aplicação considera múltiplos decisores e critérios com pesos distintos. O caso 3 considera um decisor, com atribuição do valor "muito alto" (maior valor da escala linguística) para todas as alternativas, em todos os critérios. O caso 4 é similar ao caso 3, mas com atribuição do valor "muito baixo" (menor valor da escala) para todas as alternativas, em todos os critérios.

Tabela 2 – Síntese dos resultados dos testes do SAD

Posição	**Caso 1**		**Beg e Rashid**	**Caso 2**		**Magalhães e Lima**	**Caso 3**		**Caso 4**	
	A_i	$RC(A_i)$		A_i	$RC(A_i)$		A_i	$RC(A_i)$	A_i	$RC(A_i)$
1º	A_3	0,725	0,725	A_4	0,674	0,676	A_1=A_2=A_3	0	A_1=A_2=A_3	1
2º	A_1	0,60	0,60	A_{17}	0,655	0,657	-	-	-	-
3º	A_2	0,525	0,525	A_9	0,653	0,657	-	-	-	-
4º	A_4	0,25	0,25	A_2	0,611	0,615	-	-	-	-
5º	A_5	0,17	0,17	A_8	0,609	0,612	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A ordenação produzida pelo software nos quatro casos correspondeu à sequência esperada em cada situação. Embora as posições das alternativas sejam as mesmas, no caso 2 houve pequenas variações nos valores das pontuações finais das alternativas, indicados por $RC(A_i)$. Isso pode ser atribuído ao fato de que, ao contrário dos estudos de Magalhães e Lima (2025), o algoritmo implementado no Continuum utiliza o método de distância Hamming ponderada. Ainda assim, os *rankings* das alternativas foram idênticos aos obtidos por Beg e Rashid (2013) e Magalhães e Lima (2025). Nos casos 3 e 4, as alternativas empataram e receberam pontuação global coerente com as pontuações de entrada, como esperado. Isso indica

a corretude da implementação computacional e a capacidade do software de fornecer resultados consistentes.

5 CONTRIBUIÇÃO TECNOLÓGICA-SOCIAL

A principal contribuição tecnológica deste estudo é o desenvolvimento do *Continuum*. Considerando os resultados da busca de softwares prévios realizada na etapa inicial deste estudo, pode-se afirmar que este trabalho apresentou o primeiro SAD brasileiro com interface gráfica amigável para apoio à decisão multicritério em grupo sob hesitação. Seu diferencial está na capacidade de permitir que os decisores expressem suas preferências por meio de múltiplos termos linguísticos, além de possibilitar a atribuição de pesos distintos aos decisores — recurso essencial em decisões em grupo, pois reconhece diferentes níveis de *expertise*, responsabilidade ou influência entre os participantes. Essa funcionalidade torna os modelos decisórios mais realista e equitativo, refletindo melhor a dinâmica de processos decisórios reais.

Do ponto de vista social e organizacional, o *Continuum* representa um avanço na democratização do uso de métodos sofisticados de apoio à decisão. A incorporação das melhores práticas de usabilidade, desempenhou um papel fundamental na criação de uma interface que dispensa suporte especializado. Isso resultou em uma interface gráfica que simplifica a aplicação de um método de decisão multicritério, permitindo que os usuários enfrentem problemas complexos com maior eficácia. O SAD será disponibilizado gratuitamente para empresas e instituições de ensino, ampliando o acesso a soluções baseadas em inteligência computacional. Isso é particularmente relevante em ambientes que enfrentam restrições de recursos e que precisam tomar decisões colaborativas em contextos de risco. O *Continuum* possui alto potencial de aplicação em diversos problemas de tomada de decisão, incluindo seleção de fornecedores, avaliação de riscos, priorização de projetos, seleção de funcionários, escolha de planos de *marketing*, entre outros problemas de seleção e ordenação de alternativas.

Ao integrar conhecimentos da Engenharia de Software e da Pesquisa Operacional, o presente trabalho também oferece uma metodologia replicável para o desenvolvimento de sistemas baseados em técnicas multicritério *fuzzy*. A aplicação de técnicas como *Fuzzy* TOPSIS para priorização de requisitos, *storyboards* para modelagem de casos de uso e o uso combinado de ferramentas como Python, Django, React e Figma demonstra uma abordagem robusta, multidisciplinar e alinhada às boas práticas de engenharia. Assim, além de entregar uma solução funcional, o trabalho contribui para o avanço da pesquisa aplicada, podendo inspirar o desenvolvimento de novos SADs.

Uma limitação do presente estudo é que ainda não foi possível testar o uso do software de forma continuada. Assim que o sistema possuir usuários ativos e usos frequentes, será possível identificar os impactos do sistema e necessidades adicionais dos usuários. Estudos futuros podem aplicar o *Continuum* em problemas de tomada de decisão multicritério e comparar os resultados com aqueles fornecidos por outras ferramentas. Também podem desenvolver novos softwares de apoio à tomada de decisão multicritério a partir dos procedimentos metodológicos de engenharia de *software* aplicados no presente estudo.

REFERÊNCIAS

ACHIMUGU, P.; SELAMAT, A.; IBRAHIM R.; MAHRIN, M.N. **A systematic literature review of software requirements prioritization research**. Information and Software Technology, v. 56, p. 568-585, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.02.001

ATOUM, I. **Measurement of key performance indicators of user experience based on software requirements**. Science Of Computer Programming, v. 226, 102929, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scico.2023.102929

BEG, I.; RASHID, T. **TOPSIS for hesitant fuzzy linguistic term sets**. International Journal of Intelligent Systems, v. 28, n. 12, 1162-1171, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1002/int.21623

DYMOVA, L.; KACZMAREK, K., SEVASTJANOV, P.; KULAWIK, J. **A Fuzzy Multiple Criteria Decision Making Approach with a Complete User Friendly Computer Implementation**. Entropy, v. 23, n. 2, p. 1–28, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/e23020203

ESTRELLA, F.; RODRÍGUEZ, R.; MARTINEZ, L. **A Hesitant Linguistic Fuzzy TOPSIS Approach Integrated into FLINTSTONES**. Atlantis Press. p. 799-806, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.2991/ifsa-eusflat-15.2015.113

FERNANDO, Joey G.; BALDELOVAR, Myelinda. Decision support system: overview, different types and elements. *Technoarete Transactions on Intelligent Data Mining and Knowledge Discovery*, v. 2, n. 2, p. 13–18, maio 2022. Disponível em: https://doi.org/10.36647/TTIDMKD/02.02.A003

GABRIEL FILHO, O. **Inteligência artificial e aprendizagem de máquina**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2023. 462 p.

HAMDAN, S.; CHEAITOU, A. **Supplier selection and order allocation with green criteria: An MCDM and multi-objective optimization approach**. Computers & Operations Research, v. 81, p. 282–304, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.11.005

ISO - International Organization for Standardization. **ISO/IEC 25000: Software engineering - System and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)**. Acesso: Agosto de 2023. Disponível em: https://www.iso.org/standard/64764.html

KRUG, S. **Não Me Faça Pensar**: Uma Abordagem de Bom Senso à Usabilidade na Web. Alta Books, 2008.

LIMA, F. R.; OLIVEIRA, M. E. B.; RESENDE, C. H. L. **An Overview of Applications of Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets in Supply Chain Management**: The State of the Art and Future Directions. Mathematics, v. 11, p. 2814, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/math11132814

LIU, Z.; HAN, J.; MENG, F.; LIAO, H. **A cloud-based and web-based group decision support system in multilingual environment with hesitant fuzzy linguistic preference relations**. International Journal of Intelligent Systems, v. 37, n. 5, p. 3141–3167, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1002/int.22789

MAGALHAES, W.; LIMA, F. R. **Risk prioritization in manufacturing processes: a hybrid approach to group decision-making under hesitation**. Benchmarking: An International Journal (no prelo), 2025. https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2024-0510

MONTES, R.; SÁNCHEZ, A. M.; VILLAR, P.; HERRERA, F. **A web tool to support decision making in the housing market using hesitant fuzzy linguistic term sets**. Applied Soft Computing, v. 35, p. 949-957, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.01.030

MORAES, M.; LIMA, F. R. **Proposição e Aplicação de uma Metodologia baseada no AHP e na ISO/IEC 25000 para apoiar a Avaliação da Qualidade de Softwares de Gestão de Projetos**. Gestão Da Produção, Operações e Sistemas, v. 12, n. 2, p. 239-260, 2017. https://doi.org/10.15675/gepros.v12i2.1653

PACHECO, C.; GARCÍA, I.; REYES, M. **Requirements elicitation techniques: a systematic literature review based on the maturity of the techniques**. IET Software, v. 12, n. 4, p. 365-378, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1049/iet-sen.2017.0144

PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. R. **Engenharia de software**: uma abordagem profissional. 8 ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

RUOTOLO, V.; SCHUSTER, D.P.; NOVAES, T.S.; MARTINS, L.C.; LIMA JUNIOR, F.R. **Priorização de requisitos para um novo software de decisão multicritério: uma aplicação baseada em *Fuzzy* TOPSIS**. Exacta (no prelo), 2025. Disponível em: https://doi.org/10.5585/2024.23483

SBROCCO, J.H.T.C.; MACEDO, P.C. **Metodologias Ágeis**: engenharia de software sob medida. 1 ed. Editora Érica: São Paulo, 2012.

SOUZA, L. M.; LIMA JUNIOR, F. R.; SOUZA, A.; PUGLIERI, F. N**. Proposal of a Hesitant Fuzzy Linguistic TOPSIS model for Supplier Sustainability Evaluation**. RGSA (ANPAD), v. 18, p. e04474, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n3-047

TAHRI, M.; MAANAN, M.; TAHRI, H.; KAŠPAR, J.; PURWESTRI, R.; MOHAMMADI, Z.; MARUŠÁK, R. **New Fuzzy-AHP Matlab based graphical user interface (GUI) for a broad range of users: Sample applications in the environmental field**. Computers & Geosciences, v. 158, 104951, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cageo.2021.104951

YU, D.; SHENG, L.; XU, Z. **Knowledge Diffusion Trajectories in the Hesitant Fuzzy Domain in the Past Decade**: A Citation-Based Analysis. International Jounal of Fuzzy Systems, v. 24, p. 2382–2396, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s40815-022-01287-y

ZHAO, Meng; HU, Yiqi; WU, Song; XU, Zeshui. **A telemedicine decision-making model for teleconsultation decision support system based on intuitionistic hesitant fuzzy linguistic term sets**. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, v. 31, n. 3, p. 900–912, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2022.3193417