



•NOVA•
UCSAL

Universidade Católica do Salvador
Bacharelado em Engenharia de Software

Jessica das Neves Pergentino

Uma ferramenta multicritérios de priorização de requisitos
baseada na técnica Analytic Hierarchy Process

Salvador

2020

Jessica das Neves Pergentino

Uma ferramenta multicritérios de priorização de requisitos baseada na técnica Analytic Hierarchy Process

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Católica do Salvador como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Software.
Orientador: Prof. Me. Marcelo Indio dos Reis

Universidade Católica do Salvador

Salvador
2020

Jessica das Neves Pergentino

Uma ferramenta multicritérios de priorização de requisitos baseada na técnica Analytic Hierarchy Process

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Católica do Salvador como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Software.

Comissão Examinadora

Prof. Me. Marcelo Indio dos Reis
Universidade Católica do Salvador
Orientador

Prof. Me. André Brasil Vieira Wýzykowski
Universidade Católica do Salvador

Prof. Me. Fernando Cezar Reis Borges
Universidade Católica do Salvador

Salvador, 10 de agosto de 2020

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a minha família, por sempre me apoiar nesta longa jornada que foi a graduação e por me incentivar a nunca desistir desse sonho.

Agradeço ao meu namorado que me ajudou muito nos momentos difíceis e que sempre foi compreensivo comigo nos momentos que tive que me dedicar inteiramente a graduação.

Agradeço também a todos os meus professores que me ajudaram a trilhar esse caminho, sempre me incentivando e auxiliando nos momentos necessários.

Agradeço imensamente ao meu orientador Marcelo Índio, por todas as sugestões, incentivos e ensinamentos, sem ele isso não seria possível.

Agradeço a todos os que puderam participar da minha pesquisa, em especial a Aline Carvalho Rodrigues, Angela Peixoto Santana e a Ayala Leal por terem compartilhado seus conhecimentos e por ter dado direção a esse trabalho. Obrigado aos colegas também formandos Adriano e Luiz, por terem participando do estudo de caso.

Em fim, muito obrigada a todos que de alguma forma foram parte deste trabalho.

Resumo

Com o tempo as empresas e negócios tem evoluído constantemente, o que faz com que os sistemas e a maneira de desenvolver softwares evoluam conjuntamente, se tornando cada vez mais interativa a forma de construir produtos. Dessa maneira, é importante ter uma fase de priorização de requisitos consistente, que leve em consideração as exigências dos Stakeholders e as condições de desenvolvimento. Fazer uma boa priorização pode definir se o desenvolvimento de um produto será bem sucedido ou não.

O sistema de priorização de requisitos apresentado neste trabalho tem como objetivo auxiliar tomadores de decisão no gerenciamento e priorização de requisitos funcionais de seus projetos, levando em consideração critérios de priorização. Esse sistema possibilitará a utilização da técnica de priorização de requisitos Analytic Hierarchy Process baseada em multicritérios de forma automatizada facilitando o uso da técnica. Para isso foi necessário realizar uma seleção dos critérios, através de um estudo na literatura e de entrevistas com três especialista da área de engenharia de requisitos. Para a construção da ferramenta foi desenvolvida uma análise do domínio, seguido do levantamento dos requisitos funcionais e da elaboração da documentação.

Para validar a solução proposta foi realizado um estudo de caso em um projeto da fábrica de software da Universidade Católica do Salvador. O estudo de caso possuiu quatro fases, onde a primeira foi a identificação do perfil dos participantes, a segunda foi a priorização dos requisitos utilizando uma planilha auxiliar, logo em seguida os participantes realizaram a priorização utilizando a ferramenta descrita nesse trabalho, sendo por fim aplicado um questionário onde foram colhidas informações a respeito das priorizações realizadas e das impressões dos participantes.

Os resultados obtidos no estudo de caso demonstram que a ferramenta conseguiu automatizar a técnica Analytic Hierarchy Process e facilitar o processo de priorização de requisitos. Os critérios apresentados neste trabalho também se mostram adequados para o contexto do projeto em que foram utilizados. Os participantes relataram que o protótipo da ferramenta é intuitivo e prático, mostrando que ela possui potencial para ser melhorada para uso comercial.

Palavras-Chave: 1. Priorização de Requisitos. 2. Analytic Hierarchy Process. 3. Critérios de Priorização de Requisitos.

Abstract

Over time, companies and businesses have constantly evolved, which makes systems and the way to develop software evolve together, becoming increasingly interactive the way to create products. Thus, it is important to have a consistent requirements prioritization phase, which takes into account the stakeholders requirements and development conditions. Doing good prioritization can define whether product development will be successful or not.

The requirements prioritization system presented in this paper aims to assist decision makers in the management and prioritization of functional requirements of their projects, taking into account the prioritization considerations. This system will make it possible to use the requirements prioritization technique Analytic Hierarchy Process based on multicriteria in an automated way, facilitating the use of the technique. For this, it was necessary to make a selection of the criteria, through a study in the literature and interviews with three specialists in the area of requirements engineering. For the construction of the tool, an analysis of the domain was made, followed by the survey of the functional requirements and the elaboration of the documentation.

To validate the proposed solution, a case study was carried out in a project of the software factory of the Catholic University of Salvador, the case study had four phases, where the first was the identification of the participants' profile, the second was the prioritization of requirements using an auxiliary spreadsheet, in the sequence, the participants carried out the prioritization using the tool described in this paper, finally, a questionnaire was applied to collect information about the priorities and impressions of the participants.

The results obtained in the case study demonstrate that the tool was able to automate the technique of the Analytical Hierarchy Process and facilitate the process of prioritizing requirements. The criteria presented in this paper are also suitable for the context of the project in which they were used. Participants reported that the prototype of the tool is intuitive and practical, showing that it has the potential to be improved for commercial use.

Keywords: 1. Prioritization of Requirements. 2. Analytical Hierarchy Process. 3. Requirements Prioritization Criteria.

Lista de figuras

Figura 1 – Tela de Priorização dos requisitos.	28
Figura 2 – Tela principal da ferramenta.	29
Figura 3 – Processo de Filtragem da Seleção dos Critérios	33
Figura 4 – Critérios de Priorização mais Citados na Literatura	41
Figura 5 – Taxonomia dos Critérios dos Diferentes Modelos de Planejamento de Liberação Estratégica	54
Figura 6 – Diagrama de custo-valor do Projeto RAN	65
Figura 7 – Diagrama de custo-valor do Projeto PMR	65
Figura 8 – Diagrama de Casos de Uso	84
Figura 9 – Tela Inicial do Sistema	85
Figura 10 – Tela de Seleção dos Critérios	85
Figura 11 – Tela de Manutenção dos Requisitos	86
Figura 12 – Tela de Ponderação dos Critérios	86
Figura 13 – Tela da Priorização Individual do Usuário	87
Figura 14 – Diagrama de Classes	89
Figura 15 – Diagrama de Atividade	90
Figura 16 – Seções das Apresentação dos Dados	105

Lista de tabelas

Tabela 1 – A Escala Fundamental	24
Tabela 2 – Matriz de comparação em pares	25
Tabela 3 – Cálculo do vetor prioritário	25
Tabela 4 – Multiplicação da matriz de comparação pelo vetor prioritário	26
Tabela 5 – Divisão dos elementos do vetor resultante pelos elementos do vetor prioritário	26
Tabela 6 – Tabela de índices randômicos	27
Tabela 7 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Firmsmith (2004)	43
Tabela 8 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Wohlin e Aurum (2005a), Wohlin e Aurum (2006), Barney, Aurum e Wohlin (2008)	50
Tabela 9 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Svahnberg et al. (2010)	55
Tabela 10 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Wohlin et al. (2005b)	60
Tabela 11 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Karlsson e Ryan (1997)	66
Tabela 12 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Gilb (2007)	67
Tabela 13 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Wieggers (1999)	68
Tabela 14 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Kulkreja e Boehm (2013)	71
Tabela 15 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Silva e Reis (2018)	73
Tabela 16 – Principais valores de negócios identificados no estudo de caso	75
Tabela 17 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Azar, Smith e Cordes (2007)	76
Tabela 18 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em AL-Ta'ani e Razali (2013)	78
Tabela 19 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Herrmann e Daneva (2008)	81
Tabela 20 – Requisitos Funcionais do Sistema	83
Tabela 21 – Requisitos Funcionais do Projeto Snake Robot	91

Tabela 22 – Ponderação dos critérios dos participantes	95
Tabela 23 – Resultados das ponderações dos participantes	96
Tabela 24 – Ponderações dos participantes para o critério de Valor para o Produto/Sistema	97
Tabela 25 – Resultados dos participantes para o critério de valor para o produto/-sistema	98
Tabela 26 – Ponderações dos participantes para o critério de risco de implementação	99
Tabela 27 – Resultados da priorização dos participantes para o critério de risco de implementação	100
Tabela 28 – Ponderações dos participantes para o critério de duração do projeto . .	101
Tabela 29 – Resultado da priorização dos participantes para o critério de Duração do Projeto	102
Tabela 30 – Ponderações dos participantes para o critério de Impacto no Sistema .	103
Tabela 31 – Resultada da priorização dos participantes para o critério de Impacto no Sistema	104
Tabela 32 – Resultado da priorização individual de cada participante e média geométrica dos resultados	104
Tabela 33 – Requisitos Agrupados	112
Tabela 34 – Matriz de comparação em pares dos critérios	113
Tabela 35 – Cálculo do vetor prioritário dos critérios	113
Tabela 36 – Multiplicação da matriz de comparação pelo vetor prioritário	113
Tabela 37 – Divisão dos elementos do vetor resultante pelos elementos do vetor prioritário	114
Tabela 38 – Matriz de comparação por pares do critério de risco	114
Tabela 39 – Matriz de comparação por pares do critério de valor	114
Tabela 40 – Matriz de comparação por pares do critério de esforço	115
Tabela 41 – Vetor prioritário da matriz de comparação por pares do critério de risco	116
Tabela 42 – Divisão dos elementos do vetor resultante pelos elementos do vetor prioritário	117
Tabela 43 – Multiplicação da matriz com os vetores prioritários pelo vetor prioritário dos critérios	117
Tabela 44 – Requisitos Priorizados	118

Lista de Siglas e Abreviaturas

API	<i>Application Programming Interface</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
IPA	<i>Análise Importância-Desempenho</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
PF	<i>Pontos de Função</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
SGDB	<i>Sistema de Gerenciador de Banco de Dados</i>
SPA	<i>Single Page Application</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
PDM	<i>Product data management</i>
VOP	<i>Value-Oriented Framework</i>
UCSAL	<i>Universidade Católica do Salvador</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Contextualização	17
1.2	Problematização	17
1.3	Tema	18
1.4	Objetivos	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	Priorização de Requisitos	20
2.2	Técnicas de Priorização de Requisitos	20
2.3	Analytic Hierarchy Process	22
2.4	Trabalhos Correlatos	28
2.5	Conceito de Aspectos/Critérios de Priorização	30
2.6	Conceito de Valor na Engenharia de Software	30
2.7	Conceito de Valor na Engenharia de Requisito	31
3	METODOLOGIA	32
3.1	Seleção dos Critérios de Priorização de Requisitos	32
3.2	Desenvolvimento da Aplicação	33
4	PROPOSTA DA SOLUÇÃO	35
4.1	Lista dos Critérios de Priorização	35
4.2	Justificando a Seleção dos Critérios de Priorização de Requisitos	39
4.2.1	Critérios que são Comumente Encontrados na Literatura	40
4.2.2	Técnicas/Métodos que Utilizam Critérios de Priorização	63
4.2.2.1	Analytical Hierarchy Process (AHP)	64
4.2.2.2	Técnica de Custo-Valor	64
4.2.2.3	Priorização pela técnica de Validação de Impacto	67
4.2.2.4	Priorização pelo Método de Wieggers	67
4.2.2.5	Abordagem de Priorização em Duas Etapas	71
4.2.2.6	Priorização de Requisitos baseado na técnica PDM	72
4.2.2.7	Value-Oriented Framework (VOP)	74
4.2.2.8	Framework de Priorização de Requisitos em Projetos Ágeis	77
4.2.2.9	Priorização de Requisitos baseado em Custo e Benefício	80
4.3	Sistema de Priorização de Requisitos	82
4.4	Especificação Técnica da Aplicação	87
4.4.1	Banco de Dados	88

4.4.2	API	88
4.4.3	SPA	90
5	ESTUDO DE CASO	91
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
7	CONCLUSÃO	107
7.1	Trabalhos Futuros	107
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
A	APÊNDICE	112
A.1	Exemplo da aplicação da abordagem proposta	112
A.2	Formulário de Identificação dos Participantes	118
A.3	Formulário de Participação no Estudo de Caso	119

1 Introdução

1.1 Contextualização

Os softwares ao longo do tempo têm evoluído constantemente, acompanhando o ritmo das empresas que têm ambientes dinâmicos com constantes mudanças. Por conta disso, o desenvolvimento de softwares está cada vez mais interativo.

Nesse processo, principalmente no desenvolvimento ágil, temos uma importante fase que é a priorização de requisitos. Fazer uma boa priorização pode definir se o desenvolvimento de um produto terá sucesso ou não.

Segundo Firesmith (2004) a priorização de requisitos pode ter dois significados: o primeiro seria o de uma tarefa para determinar a ordem em que serão implementados os requisitos de software; já o segundo como uma tarefa para determinar a ordem de importância para as partes interessadas do projeto, levando em consideração critérios, como por exemplo: preferência pessoal, valor comercial, custo de implementação e risco.

Considerando os significados dados por Firesmith (2004), a correta priorização de requisitos pode evitar problemas futuros durante o desenvolvimento de um projeto, tais como a não implementação de todos os requisitos propostos para uma iteração, causando atrasos e custos extras no desenvolvimento. Além disso, as priorizações feitas pelos stakeholders são subjetivas, ou seja, para cada stakeholder o requisito pode ter um valor agregado diferente, o que pode levar a uma priorização errônea que não leva em consideração aspectos técnicos, como o custo de implementação.

1.2 Problematização

A priorização de requisitos é de fato importante no desenvolvimento de software, por isso devemos nos preocupar com os critérios utilizados na mesma. No trabalho de Asghar et al. (2017) foi realizado um estudo empírico sobre o impacto da avaliação analítica dos modelos de priorização de requisitos. Neste estudo concluiu-se que as técnicas de priorização existentes não abrangem todos os tipos de projetos. Algumas técnicas funcionam bem no processo de desenvolvimento ágil e outras no desenvolvimento tradicional. Portanto, existe a necessidade de uma técnica de priorização que considere todos os fatores que envolvem os processos de desenvolvimento ágil e tradicional.

Pesquisadores desenvolveram diversas técnicas de priorização de requisitos para auxiliar os profissionais nesse processo para que a priorização seja feita com sucesso. Khan et al. (2015) fizeram uma comparação entre 10 técnicas de priorização de requisitos. Ao

longo do trabalho cada uma das técnicas foi explicada e analisada. Ao final chegou-se à conclusão de que a melhor técnica foi a Analytic Hierarchy Process (AHP).

Babar, Ramzan e Ghayyur (2011) realizaram um estudo sobre o futuro e os desafios na priorização de requisitos de software onde são tratados os problemas das técnicas de requisitos. A AHP apesar de ser uma das melhores técnicas de priorização, tem a sua implementação complexa e a comparação em pares dos requisitos é demorada.

Babar, Ramzan e Ghayyur (2011) resumem os problemas das técnicas de priorização de requisitos como sendo¹:

1. “As técnicas existentes não fornecem uma solução escalável quando os requisitos aumentam em caso de grande número de requisitos.”
2. “A maioria das técnicas consomem muito tempo.”
3. “Os resultados não são perfeitos ou são propensos a erros.”
4. “Os resultados não são guardados”
5. “Resolve principalmente os problemas de requisitos em pequena escala ou em projetos fictícios, porém com erros.”

Como podemos perceber, com a utilização das técnicas convencionais de priorização de requisitos, fazer o planejamento de cada iteração pode ser uma tarefa extremamente complicada. Se levarmos em consideração um sistema que possui regras de negócios complexas, definir a relevância dos requisitos e organizar a sua ordem de implementação podem ser tarefas muito subjetivas, por conta dos diferentes interesses dos stakeholders. Para esses tipos de sistemas, podemos ter centenas de requisitos tornando a tarefa de planejamento exaustiva.

1.3 Tema

A priorização de requisitos é uma tarefa de suma importância no processo de desenvolvimento de software. No desenvolvimento ágil ela é realizada no início de cada iteração. É a partir dessa fase que é determinada a ordem de implementação das funcionalidades em uma iteração. Cada técnica de priorização possui seus critérios, mas os mais comuns são: preferência pessoal, valor comercial, custo de implementação e risco. (FIRESMITH, 2004)

Segundo Firesmith (2004) a os benefícios de uma priorização adequada podem ser:

- Modificação no cronograma com menor impacto;

¹ Tradução literal dos problemas encontrados no trabalho de Babar, Ramzan e Ghayyur (2011) nas técnicas de priorização de requisitos.

- Melhor satisfação do cliente;
- Menor risco de cancelamento;
- Atender a todos os requisitos;
- Estimativa de benefícios;
- Priorizar os investimentos;

1.4 Objetivos

Neste projeto iremos propor o desenvolvimento de um sistema web para auxiliar no gerenciamento e priorização de requisitos. Esse sistema possibilitará a utilização da técnica de priorização de requisitos AHP de forma automatizada facilitando o uso da técnica.

Para isso será necessário:

- Fazer o levantamento dos requisitos;
- Elaborar a documentação do sistema;
- Implementar o Sistema (Testes);
- Aplicar em um estudo de caso;

2 Fundamentação Teórica

2.1 Priorização de Requisitos

A priorização de requisitos pode ser definida como o estabelecimento da ordem de implementação dos requisitos de software, ou como a ordenação desses requisitos pela importância que foi dada pelo stakeholder (FIRESMITH, 2004). A priorização de requisitos também pode ser definida como uma ferramenta para auxiliar no processo de tomada de decisão, ajudando a resolver conflitos e a planejar as próximas entregas do sistema. (WIEGERS, 1999)

Fazer a priorização de requisitos é uma fase de extrema importância no processo de desenvolvimento de software. É através dela que clientes e desenvolvedores conseguem entender a importância dos requisitos e seus custos técnicos e assim conseguir estabelecer a melhor ordem de implementação dos requisitos, atingindo um equilíbrio entre benefício comercial e custo. (WIEGERS, 1999)

2.2 Técnicas de Priorização de Requisitos

Existem diversas técnicas de priorização de requisitos para auxiliar os especialistas da área. Cada técnica é adequada para diferentes tipos de projetos, sejam eles de pequeno porte, complexos ou com muitos stakeholders.

Segundo Hudaib et al. (2018) as técnicas de priorização de requisitos podem ser categorizadas em três escalas:

- **Nominal Scale:** A escala nominal gera uma lista de categorias onde o requisito é categorizado de acordo com a sua importância. Os requisitos de mesma categoria têm a mesma prioridade;
- **Ordinal Scale:** A escala ordinal gera uma lista ordenada de requisitos, porém não é possível identificar a diferença relativa entre eles, ou seja, não é possível verificar o quanto um requisito é mais importante do que outro;
- **Ratio Scale:** A escala de proporção gera uma lista de requisitos classificados, onde é possível identificar a diferença relativa entre eles;

No trabalho de Hudaib et al. (2018) é feita a comparação das técnicas mais populares de priorização de requisitos. A seguir cinco dessas técnicas serão descritas, onde duas delas são de categoria Nominal Scale, uma de Ratio Scale e as outras duas são de Ordinal Scale.

1. Nominal Scale:

a) Numerical Assignment:

Comumente essa técnica é dividida em três grupos prioritários (Crítico, padrão e opcional), podendo ter mais grupos se necessário. Cada requisito recebe um número de 1 a 3 para determinar sua importância, onde 1 é Não Importante (Opcional), 2 é Bastante Importante (Padrão) e 3 é Muito importante (Crítico); Os requisitos que estiverem no mesmo grupo terão a mesma prioridade, não sendo distinguida a sua ordem dentro do grupo;

b) MoScow:

Na técnica MoSCoW os requisitos são divididos em quatro categorias:

- i. M - Must Have: Neste grupo, os requisitos devem estar contidos no projeto. São requisitos obrigatórios, de alto valor e críticos ao projeto;
- ii. S - Should Have: Um recurso de alta prioridade que não é crítico para o lançamento. Mas é suposto ser importante e de alto valor para os usuários. Tais requisitos preenchem o segundo lugar na lista de prioridades;
- iii. C - Could Have: Este grupo contém o requisito desejável, mas não o necessário. Mas estes requisitos são menos importantes do que o do grupo "Should Have";
- iv. W - Won't Have: Um requisito que não será implementado em um desenvolvimento atual, mas pode ser incluído em um estágio futuro.

Por ser uma técnica nominal, os requisitos do mesmo grupo apresentam propriedades semelhantes, não sendo possível distinguir dentro do mesmo grupo qual o mais prioritário.

2. Ordinal Scale:

a) Bubble Sort:

Para fazer a priorização pela técnica Bubble Sort é necessário a comparação de dois requisitos e verificar qual dos dois é mais prioritário. Em seguida se compara o mais prioritário com outro requisito e assim por diante até se obter uma lista ordenada de requisitos, onde os primeiros requisitos serão os mais prioritários.

b) Priority Group:

A técnica Priority Group é idêntica a técnica Numerical Assignment. Os requisitos são divididos três grupos: baixa, média e alta, onde os requisitos são classificados. A diferença entre essas técnicas é que quando mais de um requisito é classificado no mesmo grupo é feita uma nova classificação, gerando sub-grupos. Essa classificação é feita até que todos os grupos só contenham um requisito.

3. Ratio Scale:

a) Analytic Hierarchy Process (AHP):

O AHP faz comparações par a par utilizando uma escala de decisão de 1 a 9, onde:

- 1 - Igual preferência;
- 3 - Preferência Fraca;
- 5 - Preferência Moderada;
- 7 - Preferência Forte;
- 9 - Preferência Absoluta;
- Os valores 2,4,6,8 são associados a julgamentos intermediários.

Para realizar a priorização pelo método AHP é necessário seguir três passos:

- i. Criar uma matriz $n \times n$ onde n é o número de requisitos e inserir n requisitos nas linhas e colunas da matriz.
- ii. Para cada par único de requisitos, por exemplo, A e B, insira sua intensidade relativa de importância na posição em que a linha de SR-1 se encontra com a coluna de SR-2. Ao mesmo tempo, os valores recíprocos são inseridos nas posições transpostas (por exemplo, se a célula $A/B = 8$, em seguida, célula $B/A = 1/8$, onde $A = 8$ e $B = 1$).
- iii. Finalmente, para notar a prioridade relativa de cada requisito, os autovalores da matriz de comparação resultante devem ser calculados. O resultado é as prioridades relativas dos requisitos.

As técnicas nominal e ordinal scale não oferecem uma priorização precisa dos requisitos, elas somente fazem uma classificação desses requisitos. Já a técnica ratio scale apresentada permite a priorização mais precisa dos requisitos, já que permite identificar a diferença relativa entre eles. Porém aplicar a técnica descrita exige esforço e tem uma certa complexidade, que para equipes menos experientes não é viável.

2.3 Analytic Hierarchy Process

Saaty (1988) conceitua o Analytic Hierarchy Process (AHP) como sendo um modelo de tomada de decisão que nos auxilia a tomar decisões em nosso mundo complexo. Ele define o AHP como sendo um processo de três partes que inclui a identificação e organização de objetivos, critérios, restrições e alternativas de decisão em uma hierarquia; avaliar comparações aos pares entre os elementos relevantes em cada nível da hierarquia; e a síntese usando o algoritmo de solução dos resultados das comparações aos pares em todos os níveis.

Saaty (1988) resume os principais usos do AHP:

"Permite ao tomador de decisão:

1. Projetar um formulário que represente um problema complexo;
2. Medir prioridades e escolher entre alternativas;
3. Medir consistência;
4. Prever;
5. Formular uma análise de custo/benefício;
6. Projetar o planejamento para frente/para trás;
7. Analisar a resolução de conflitos;
8. Desenvolver alocação de recursos a partir da análise de custo/benefício."

O AHP distribui um problema de tomada de decisão ou de planejamento em componentes ou níveis e os organiza em uma ordem hierárquica ascendente. Para cada nível da hierarquia, os componentes são comparados entre si usando um esquema de comparação entre pares. Os componentes de um determinado nível estão relacionados a um nível superior adjacente e, assim, geram uma integração entre os níveis da hierarquia. O resultado deste processo sistemático é um conjunto de prioridades ou importância relativa, ou método de escalonamento entre as várias ações ou alternativas. Os pesos de prioridade relativa podem fornecer diretrizes para a alocação de recursos entre as entidades no nível inferior. (SAATY, 2014)

Para executar o AHP é imprescindível fazer comparações par a par. Para realizá-las, devemos estabelecer prioridades para os principais critérios, julgando-os em pares por sua importância relativa, gerando assim uma matriz de comparação em pares. Os julgamentos utilizados para fazer as comparações são representados por números retirados da escala fundamental representados na tabela 1. O número de julgamentos necessários para uma matriz específica de ordem n , o número de elementos comparados, é $n\frac{n-1}{2}$ porque é recíproco e os elementos diagonais são iguais à unidade. (SAATY, 1988)

Tabela 1 – A Escala Fundamental

Intensidade de importância em escala absoluta	Definição	Explicação
1	Importância igual.	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada de um sobre o outro.	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em detrimento de outra.
5	Essencial ou forte importância.	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em detrimento de outra.
7	Importância muito forte.	Uma atividade é fortemente favorecida e seu domínio demonstrado na prática.
9	Extrema importância.	A evidência que favorece uma atividade em detrimento de outra é da mais alta ordem possível de afirmação.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os dois julgamentos adjacentes.	Quando é necessário compromisso.
Recíprocos	Se a atividade i tiver um dos números acima atribuídos quando comparado com a atividade j, então j terá o valor recíproco quando comparado com i.	
Racionais	Razões decorrentes da escala.	Se a consistência for forçada, obtendo n valores numéricos para abranger a matriz.

Fonte: Saaty (1988)

O processo do AHP se dá através da avaliação do tomador de decisão onde ele irá avaliar cada conjunto de elementos de forma paritária em relação ao elemento pai no estrato superior adjacente. Essa metodologia de medição fornece a estrutura para coleta e análise de dados e constitui o coração do AHP. Os julgamentos são feitos através da escala fundamental vista na tabela 1. Após as devidas ponderações, em cada nível, é obtido um conjunto de prioridades que corresponde numericamente à importância relativa dos elementos desse nível em relação a um elemento em um nível superior. [...] Essas prioridades agora são usadas como fatores de ponderação para os autovetores gerados no próximo nível inferior na hierarquia até que todos os níveis sejam concluídos. Aplicar esse procedimento em cada nível e ponderar o próximo nível e assim por diante no nível mais baixo resultará em um vetor prioritário composto para as alternativas no nível inferior da hierarquia. (SAATY, 2014)

Em Karlsson e Ryan (1997) é apresentado um exemplo de aplicação do AHP na priorização de requisitos, neste exemplo foram utilizados quatro requisitos de exemplos que foram avaliados a partir do critério de valor.

A matriz de comparação em pares neste exemplo irá receber em suas linhas e colunas os requisitos e então será formada uma matriz 4x4. O próximo passo é fazer as comparações aos pares de todos os requisitos de acordo com o critério. A escala fundamental usada está definida na tabela 1. Para cada par de requisitos (começando com Req 1 e Req 2,

por exemplo), foi inserida a sua intensidade relativa de valor na posição (Req 1, Req 2) em que a linha de Req 1 atende a coluna da Req 2. Na posição (Req 2, Req 1), foi inserido o valor recíproco e, em todas as posições na diagonal principal, inserimos um "1". Então continuamos até o total preenchimento da matriz, assim como é mostrado na tabela 2. (KARLSSON; RYAN, 1997)

Tabela 2 – Matriz de comparação em pares

Critérios	Req 1	Req 2	Req 3	Req 4
Req 1	1	1/3	2	4
Req 2	3	1	5	3
Req 3	1/2	1/5	1	1/3
Req 4	1/4	1/3	3	1

Fonte: Karlsson e Ryan (1997)

Em seguida, é feita a média sobre colunas normalizadas para estimar os autovalores da matriz (que representam a distribuição do critério). Thomas Saaty propõe um método simples para isso, conhecido como média sobre colunas normalizadas. Primeiro, calcula-se a soma das n colunas na matriz de comparação. Em seguida, divide-se cada elemento na matriz pela soma da coluna da qual o elemento é membro e calcula-se as somas de cada linha. Em seguida, normaliza-se a soma das linhas (dividindo cada soma de linhas com o número de requisitos). O resultado desse cálculo é referido como vetor prioritário e é uma estimativa dos valores próprios da matriz (KARLSSON; RYAN, 1997).

Tabela 3 – Cálculo do vetor prioritário

Soma das Colunas	4,75	1,87	11,00	8,33	
Critérios	Req 1	Req 2	Req 3	Req 4	Vetor Prioritário
Req 1	0,21	0,18	0,18	0,48	26%
Req 2	0,63	0,54	0,45	0,36	50%
Req 3	0,11	0,11	0,09	0,04	9%
Req 4	0,05	0,18	0,27	0,12	16%

Fonte Adaptada: Karlsson e Ryan (1997)

Tal como visto na tabela 3 temos como resultado o Req 2 contendo 50% do valor total dos requisitos, seguido do Req 1 com 26% e os Req 4 e 3 com 16% e 9% respectivamente. Assim o requisito mais importante segundo as ponderações feitas é o Req 2.

Para verificar a coerência das ponderações e evitar inconsistências, como por exemplo, se determinarmos que o Req 1 é muito mais valioso que o Req 2, o Req 2 é um pouco mais valioso que o Req 3 e o Req 3 é um pouco mais valioso que o Req 1, ocorreu uma inconsistência e a precisão do resultado é reduzida. Para medir erros de julgamento calculamos o índice de consistência da matriz de comparação e depois calculamos a taxa de consistência (KARLSSON; RYAN, 1997).

Índice de consistência: O índice de consistência (IC) é um primeiro indicador da precisão do resultado das comparações aos pares. Ele é definido como:

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \tag{2.1}$$

Onde o λ_{max} denota o valor próprio principal máximo da matriz de comparação. Quanto mais próximo o valor de λ_{max} de n (o número de requisitos), menores serão os erros de julgamento e, portanto, mais consistente será o resultado. Para calcular o λ_{max} primeiro devemos multiplicar a matriz de comparação pelo vetor prioritário, assim como mostra a tabela 4 (KARLSSON; RYAN, 1997).

Tabela 4 – Multiplicação da matriz de comparação pelo vetor prioritário

Critérios	Req 1	Req 2	Req 3	Req 4	X	Vetor Prioritário	=	Resultado
Req 1	1	1/3	2	4		0,26		1,22
Req 2	3	1	5	3		0,50		2,18
Req 3	1/2	1/5	1	1/3		0,09		0,37
Req 4	1/4	1/3	3	1		0,16		0,64

Fonte Adaptada: Karlsson e Ryan (1997)

Em seguida Karlsson e Ryan (1997) define que devemos dividir o primeiro elemento do vetor resultante pelo primeiro elemento no vetor prioritário, o segundo elemento do vetor resultante pelo segundo elemento no vetor prioritário e assim por diante, assim como é mostrado na tabela 5:

Tabela 5 – Divisão dos elementos do vetor resultante pelos elementos do vetor prioritário

1,22 / 0,26	=	4,66
2,18 / 0,50		4,40
0,37 / 0,09		4,29
0,64 / 0,16		4,13

Fonte Adaptada: Karlsson e Ryan (1997)

Então para calcular o λ_{max} :

$$\lambda_{max} = \frac{4,66 + 4,40 + 4,29 + 4,13}{4} = 4,37 \tag{2.2}$$

Agora podemos calcular o índice de consistência:

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} = \frac{4,37 - 4}{4 - 1} = 0,12 \tag{2.3}$$

Para descobrir se o índice de consistência resultante ($IC = 0,12$) é aceitável, você deve calcular a taxa de consistência. A taxa de consistência é dada por $\frac{IC}{IR}$ para a matriz de mesma ordem, essa razão é denominada razão de consistência (RC), que define a precisão

da comparação por pares. O IR são índices randômicos para matrizes de ordem n, eles estão indicados na tabela 6, onde a primeira linha mostra a ordem da matriz e a segunda o valor do IR correspondente (KARLSSON; RYAN, 1997). Vale ressaltar uma limitação da técnica referente ao tamanho das matrizes que só podem ser até a ordem 15x15.

Tabela 6 – Tabela de índices randômicos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Karlsson e Ryan (1997)

Assim, a taxa de consistência para o exemplo é:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (2.4)$$

$$RC = \frac{0,12}{0,90} = 0,14 \quad (2.5)$$

A taxa de consistência deve ser de 0,10 ou menos para ser considerada aceitável. Isso significa que nosso resultado aqui não é o ideal. Nesse caso seria necessário refazer a comparação aos pares da matriz de comparação. Na prática, no entanto, taxas de consistência superiores a 0,10 ocorrem com frequência.

A abordagem que será proposta para a priorização de requisitos será baseada na técnica desenvolvida por Saaty (1988). Nela os tomadores de decisão poderão escolher por quais critérios eles irão priorizar os requisitos de acordo com a proposta de cada projeto.

Para aplicar esta nova abordagem são necessárias 6 etapas:

1ª Etapa: Deve ser feita a ponderação dos critérios escolhidos a partir da lista de critérios, gerando a matriz de comparação em pares dos critérios. Esta ponderação deve ser feita seguindo a escala fundamental (Tabela 1);

2ª Etapa: Calcule a média sobre colunas normalizadas para estimar os autovalores da matriz. Este método foi desenvolvido por Saaty e é explicado em melhor detalhes na seção da Fundamentação Teórica. Esse cálculo resultará no vetor prioritário dos critérios. Porém o método simplificado desenvolvido por Saaty só funciona com matrizes de tamanho até 4x4. Para matrizes maiores é necessário multiplicar a matriz de comparação por pares por ela mesma duas vezes e fazer o cálculo do vetor prioritário, somando as linhas da matriz de comparação e dividindo pela soma de todos os elementos da matriz de comparação;

3ª Etapa: Verificar a coerências das ponderações dos critérios, calculando o índice de consistência, o λ_{max} e a razão de consistência. Caso a taxa de consistência seja maior que 0,10 então devemos refazer as ponderações, pois houve inconsistência.

4ª Etapa: Para os n critérios escolhidos, devemos construir n matrizes de comparação por pares dos n critérios. Para cada matriz deve ser feita as comparações por pares de acordo com cada critério escolhido;

5ª Etapa: Para as n matrizes de comparação por pares dos critérios devemos calcular os vetores prioritários das matrizes de comparação. Também deve ser feita as verificações de coerência para as n matrizes de comparações por pares;

6ª Etapa: Montamos uma matriz com os vetores prioritários de cada matriz de comparação por pares dos critérios e os respectivos requisitos. Depois multiplicamos a matriz dos vetores prioritários pelo vetor prioritário dos critérios. O resultado da multiplicação é a lista de critérios priorizados;

Na seção A.1 do apêndice A deste trabalho há um exemplo fictício da aplicação da abordagem proposta para melhor ilustrar os passos a serem seguidos.

2.4 Trabalhos Correlatos

Neste capítulo são apresentados algumas ferramentas de priorização de requisitos de software. O primeiro trabalho a ser apresentado desenvolvido por Barbosa (2013), é uma ferramenta web que faz a priorização dos requisitos com base na percepção dos usuários. Este trabalho tem como objetivo propor uma ferramenta web que irá auxiliar nas fases iniciais do processo de desenvolvimento de software. A ferramenta proposta viabiliza o emprego da metodologia de Cordeiro e Freitas (2011) de forma automatizada permitindo assim a priorização dos requisitos, segundo a percepção dos usuários (BARBOSA, 2013).

Figura 1 – Tela de Priorização dos requisitos.

Requisito	Importância
Controle de Férias	<input type="radio"/> Nada importante <input type="radio"/> Pouco importante <input type="radio"/> Neutro <input type="radio"/> Importante <input type="radio"/> Muito importante
Registro de informações de escalas e horários de trabalho	<input type="radio"/> Nada importante <input type="radio"/> Pouco importante <input type="radio"/> Neutro <input type="radio"/> Importante <input type="radio"/> Muito importante

Fonte: Barbosa (2013)

O método de priorização utilizado pela ferramenta é o de Análise Importância-Desempenho (IPA). Este instrumento é usado como mensuração da satisfação de clientes em diferentes ramos de negócios. O IPA caracteriza-se como um método de fácil aplicação que permite

a interpretação dos dados a partir de uma representação gráfica dos resultados, auxiliando assim nas tomadas de decisões (BARBOSA, 2013).

O próximo trabalho a ser apresentado foi desenvolvido por Achimugu, Selamat e Ibrahim (2016), neste trabalho foi desenvolvida a ferramenta ReprOTizer. O objetivo da pesquisa era identificar as limitações das técnicas de priorização existentes, a fim de abordá-las. Nesta pesquisa eles descobriram que as técnicas existentes realmente sofrem principalmente de problemas de escalabilidade, grande disparidade ou desacordo entre pesos classificados, reversões de rank e resultados não confiáveis. Por isso foi proposta a ferramenta ReprOTizer (Requirements Prioritizer) para gerar a priorização em tempo real dos requisitos de software.

Figura 2 – Tela principal da ferramenta.



Fonte: Achimugu, Selamat e Ibrahim (2016)

A ferramenta é baseada em algoritmos inteligentes implementados com o C# e o MicrosoftSQL server 2012. O ReprOTizer utiliza uma WS (Weight Scale) que combina uma única matriz de decisão de peso relativo para determinar os vetores de peso dos requisitos com um operador de agregação (AO), calculando os pesos globais dos requisitos. Essa ferramenta desenvolvida foi projetada e implementada para atender a um grande número de requisitos e stakeholders (ACHIMUGU; SELAMAT; IBRAHIM, 2016).

2.5 Conceito de Aspectos/Critérios de Priorização

Segundo Wohlin e Aurum (2005a) podemos definir aspectos ou critérios de priorização como propriedades ou atributos definidos em um projeto que podem ser usados para priorizar requisitos. Eles definem que os aspectos mais comuns são importância, penalidade, custo, tempo e risco. Esses critérios serão discutidos ao longo deste trabalho nas próximas seções.

Wohlin e Aurum (2005a) dizem que geralmente somente um desses fatores é levado em consideração quando é feita a priorização de requisitos. Porém deveriam ser utilizados todos aqueles critérios que fossem considerados adequados ao projeto para fazer a priorização de requisitos. Já que determinados critérios podem impactar em outros, como por exemplo, um requisito que tem mais benefícios do que outro, porém tem um custo muito elevado de implementação pode ser menos prioritário que um outro requisito que tem menos benefícios e tem um custo de implementação menor. Essas questões normalmente são avaliadas pelos stakeholders do projeto, como gerentes, usuários, clientes, desenvolvedores etc.

Firesmith (2004) cita que um erro comum das técnicas de priorização de requisitos é levar em consideração somente um dos fatores que foram elencados por ele. Como por exemplo o eXtreme Programming que tende a considerar apenas o valor de negócio conforme definido pelo cliente. Ainda segundo Firesmith (2004), embora seja mais difícil, faz muito mais sentido considerar todos os fatores relevantes ao priorizar requisitos, mesmo que algumas dimensões sejam muito mais importantes do que outras, pelo menos para certos requisitos.

Lehtola (2006) mostra que a priorização de requisitos muitas vezes é feita de maneira informal, comumente tendo como base critérios como os custos de implementação e valor do negócio. Porém existem muitos outros fatores que influenciam na priorização de requisitos. Outro fato que podemos destacar é que a maioria das técnicas de priorização não estabelecem os critérios para que os requisitos sejam priorizados.

Aasem, Ramzan e Jaffar (2010) cita que a maioria das técnicas de priorização de requisitos normalmente são baseadas em julgamentos humanos, o que às vezes pode não ser viável por conta do viés da natureza humana e da indisponibilidade das pessoas especializadas, sendo necessário utilizar outros critérios para realizar a priorização de requisitos de forma satisfatória.

2.6 Conceito de Valor na Engenharia de Software

O conceito de valor pode ser expresso de diferentes formas na engenharia de software, pois durante o processo de desenvolvimento do software é necessário lidar com diversos stakeholders e para cada um deles há uma visão diferente do que é valor. Para os clientes, o

valor do produto muitas vezes é referido como custo e benefício, porém para as empresas de software é referido como lucro ou o valor econômico que o produto poderá ter (WOHLIN; AURUM, 2006).

Segundo Wohlin e Aurum (2006), criar valor na área de engenharia de software abrange a criação de novas ideias ou idealizar novos padrões de conhecimento no nível do processo, produto ou recursos. Envolver os stakeholders na criação de valor facilita esse processo. Ao fazer o gerenciamento de produtos de software é necessário que durante o ciclo de vida de desenvolvimento os impactos das alterações do produto, processo ou dos recursos sejam avaliados. O valor de um software está diretamente ligado as vantagens e desvantagens que o produto possui em relação aos seus concorrentes no mercado (ALWIS; HLUPIC; FITZGERALD, 2003).

Por ser diferentes dos outros produtos da indústria, o software deve ser tratado de uma maneira diferente, já que pode ser facilmente alterado e lançado em diversas versões. Por conta disso o valor do software não deve ser analisado somente no curto prazo, ou seja, no lançamento da próxima versão, mas também deve ser analisado durante a sua evolução. Então é necessário que haja comunicação entre os lados comercial e técnico de uma organização, para que os tomadores de decisão com funções diferentes possam entender melhor as implicações de suas decisões na engenharia de software (WOHLIN; AURUM, 2006; FAULK; HARMON; RAFFO, 2000)

2.7 Conceito de Valor na Engenharia de Requisito

Agregar valor ao produto de software é uma tarefa complicada, já que envolve os vários aspectos da área de engenharia de requisitos, como a elicitação e análise de requisitos ou o planejamento de novas releases. De acordo com o estudo feito por Wohlin e Aurum (2006) as técnicas de modelagem da engenharia de requisitos são algumas das abordagens que servem como um mecanismo para vincular os requisitos do software com os objetivos estratégicos de negócios, já que é de fundamental importância que os requisitos atendam às metas de negócios. Para isso deve-se incluir esforços, cronogramas, avaliação de custos e riscos como parte do planejamento do projeto.

3 Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho foi necessário elencar os critérios de priorização de requisitos que são mais relevantes para a tomada de decisão dentro da engenharia de requisitos através de uma pesquisa bibliográfica e uma abordagem qualitativa com entrevista a três especialistas da área, para serem usados em conjunto com a técnica de priorização AHP. Além de ser necessário construir uma aplicação web para cadastrar os requisitos e realizar a priorização dos mesmos de forma automatizada. Por fim foi desenvolvido um estudo de caso com uma prova de conceito e uma prova de valor para validar o trabalho.

Este capítulo está dividido em duas partes: a primeira é a seleção dos critérios, onde será descrita a forma como os critérios foram elencados e, a segunda, o desenvolvimento da aplicação que explica como foi desenvolvida a implementação do software de priorização de requisitos. O estudo de caso será descrito no capítulo 5.

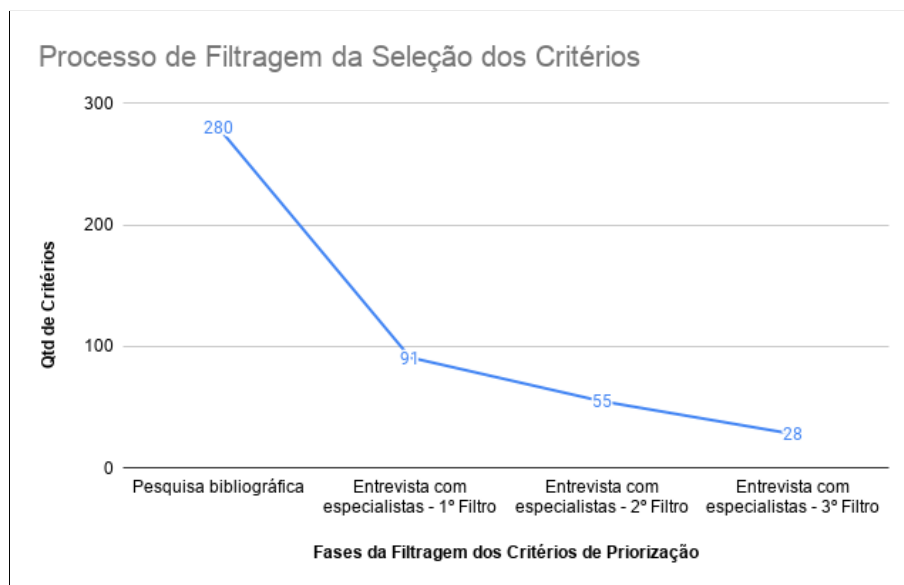
3.1 Seleção dos Critérios de Priorização de Requisitos

Para elencar os critérios de priorização, primeiramente foi realizada uma pesquisa bibliográfica em busca dos critérios que são citados e usados na literatura. Nessa pesquisa foi encontrada a revisão sistemática desenvolvida por Riegel e Doerr (2015), que teve como objetivo identificar e categorizar critérios de priorização que são discutidos na literatura sobre priorização de requisitos para o desenvolvimento de software.

Após realizar a pesquisa preliminar, foram realizadas entrevistas individuais e por video conferencia com três especialistas em engenharia de requisitos que atuam na indústria, para identificar quais seriam, na visão delas, os critérios de priorização de requisitos mais relevantes daqueles levantados na literatura para a realização dessa atividade. Nesta etapa cada especialista selecionou os critérios de priorização estabelecidos no trabalho de Riegel e Doerr (2015) que em sua visão são os mais relevantes para realizar a priorização de requisitos. Após a coleta foi feito o cruzamento dos dados, onde foram feitas três filtragens baseadas na escolha das especialistas, onde ao final da 3ª filtragem escolhidos os critérios de priorização que foram selecionados por todas as especialistas, resultando em 28 critérios de priorização.

Na figura 3 podemos visualizar o processo de filtragem da seleção dos critérios de priorização que são propostos neste trabalho.

Figura 3 – Processo de Filtragem da Seleção dos Critérios



Fonte: Autor (2020)

As especialistas em questão foram escolhidas por conta das suas experiências e suas formações na área de análise de requisitos. A primeira especialista possui formação acadêmica em ciência da computação, especialização em engenharia de software e até o momento da escrita deste trabalho, estava cursando MBA em gestão de projetos. Possui certificações em análise de ponto de função (IFPUG), RUP, UML(OMG) e product owner (Scrum Alliance). Também, possui 10 anos de experiência na área de análise de requisitos, tendo já participado de 09 projetos relevantes, que variaram entre 1.500 PF a 10.000 PF cada um em tamanho funcional. A segunda especialista possui formação acadêmica em Sistemas de Informação e teve seu trabalho de conclusão de curso publicado em uma revista acadêmica, ela possui mais de 10 anos de experiência na área de análise de sistemas, tendo participado de 04 projetos relevantes e com mais de 1.500 PF. Já a terceira especialista está cursando mestrado, possui quase 20 anos de experiência e trabalha com projetos ligados à indústria de petróleo.

3.2 Desenvolvimento da Aplicação

Para o desenvolvimento da aplicação primeiro foi realizada uma análise do domínio da aplicação para fazer o levantamento dos requisitos, utilizando as pesquisas previamente feitas sobre priorização de requisito. Após esse levantamento foram elaborados os requisitos funcionais, as regras de negócios e um diagrama de casos de uso e suas especificações para definir quais seriam as funcionalidades do sistema, sendo após isso desenvolvido o protótipo das telas.

Após realizar o processo de análise, foi feita a escolha da arquitetura do sistema. Essa arquitetura foi escolhida com base na ideia de que posteriormente a aplicação terá uma versão mobile. Logo depois foi realizada a escolha do ambiente de desenvolvimento e as tecnologias para implementar a solução. Esses itens foram escolhidos com base nas tecnologias que melhor se adequa a arquitetura.

Antes do processo de implementação foi desenvolvida novamente uma análise do domínio, desta vez com um olhar técnico para realizar a construção dos diagrama de classes e de atividades. Para auxiliar no desenvolvimento da solução, essa análise foi feita em cima da técnica AHP. O processo de implementação foi realizado da seguinte forma: primeiro foi realizada a implementação das classes de modelos e de domínio; em seguida as classes de persistência de dados, seguida das classes de controle e rotas e por último as interfaces de usuário. Toda implementação foi efetuada com testes unitários e de integração.

4 Proposta da Solução

Ao longo deste trabalho foi abordada a necessidade de melhorarmos as técnicas de priorização, além da importância de se utilizar multicritérios para a priorização de requisitos. Tendo isso em vista, propomos um sistema de priorização de requisitos multicritérios com base na técnica de priorização AHP, onde os tomadores de decisão poderão escolher por quais critérios eles irão priorizar os requisitos de acordo com a proposta de cada projeto.

Este capítulo possui quatro tópicos, que são a lista de critérios propostos, onde estão elencados os critérios de priorização selecionados por esta autora com o auxílio das especialistas, a justificativa da seleção dos critérios de priorização de requisitos, bem como a descrição e apresentação da ferramenta desenvolvida para a automatização da técnica AHP.

4.1 Lista dos Critérios de Priorização

Os 28 critérios de priorização de requisitos que foram elencados com base na literatura e nas opiniões das especialistas da área de engenharia de requisitos serão listados e descritos seguindo as categorias presentes no trabalho de Riegel e Doerr (2015).

Critérios Relacionados aos Benefícios

A. Benefícios Relacionados ao Sistema

a) Valor do Produto/Sistema

Descrição: Para a organização qual o peso/importância do requisito para o sistema. Possui ligação com os objetivos gerais do sistema.

B. Benefícios para os Stakeholders

a) Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/preferência/valor/satisfação/desejo

Descrição: Qual o grau de importância do requisitos em relação ao valor/satisfação do usuário final ou para criação de valor para desenvolvedor ou para relevância dos objetivos das partes interessadas.

C. Benefícios Relacionados à Estratégia

a) Alinhamento/adequação estratégica à estratégia de negócios

Descrição: Em que grau o requisito impacta na importância/contribuição para os objetivos de negócios. O quão crítico ele é para o sucesso da missão da empresa.

D. Benefícios para o Cliente

a) Valor/satisfação/preferência do cliente

Descrição: Em que grau o requisitos impacta nos ganhos de eficiência ou competitivos para o cliente e na satisfação intermediária.

E. Benefícios de Performance Organizacional

a) Eficiência Organizacional/Melhoria da Produtividade

Descrição: Em que grau o requisito impacta na economia/redução de custo, nas economias de produção, na redução de custo da operação de TI e na eficiência do processo/fluxo de trabalho.

Critérios Relacionados aos Custos

A. Custos Relacionados ao Tempo de Desenvolvimento

a) Custo/esforço de implementação

Descrição: Qual o custo/esforço que o requisito irá gerar durante a sua implementação relacionados aos seguintes itens: Custo/esforço de desenvolvimento, Custo da documentação, Esforço de implementação funcional, Esforço de implementação técnica, Custo de qualidade e Esforço/custo de mitigação de risco.

B. Custos Custos Relacionados ao Tempo Pós-Desenvolvimento

a) Custo pós-desenvolvimento

Descrição: O quão caro será para dar manutenção e dar suporte após a implementação do requisito, levando em consideração os seguintes itens: Custo de manutenção, Custos de suporte e Custos operacionais.

Critérios Relacionados aos Riscos

A. Riscos Relacionados ao Negócio

a) Riscos de negócios

Descrição: Em que grau o requisito pode impactar na perda de produtividade, na perda de reputação da empresa/cliente, na perda de clientes e no valor negativo do evento indesejável inerente a um recurso, levando em consideração os seguintes itens: Riscos relacionados à segurança/risco de uso indevido, Riscos de segurança, Facilidade de realização (viabilidade econômica), Facilidade de realização (viabilidade social, política e econômica), Incerteza do mercado, Barreiras de vendas, Preocupações comerciais.

B. Riscos Técnicos e Relacionados a Implementação

a) Riscos Técnicos

Descrição: Em que grau o requisito pode impactar/gerar conflito de arquitetura, redesenho severo da arquitetura, impacto em requisitos não funcionais essenciais, riscos do banco de dados, perda da qualidade do produto, riscos de desempenho, risco de manutenção, perda de dados confidenciais, risco técnico no sistema atual, risco técnico no sistema proposto e complexidade (técnica).

a) Risco de implementação

Descrição: Em que grau o requisito pode impactar/gerar riscos de tecnologia de implementação/incerteza técnica, perda de escopo, risco de implementação de bug, dificuldade de implementação, risco de desenvolvimento, dificuldade da linguagem de programação usada, incerteza, restrições organizacionais, viabilidade de implementação, facilidade de realização (viabilidade técnica), riscos externos.

C. Riscos relacionados ao projeto

a) Duração do projeto

Descrição: Em que grau o requisito pode impactar/alterar a duração do projeto.

D. Riscos Relacionados ao Status do Requisito

a) Histórias Vagas

Descrição: Em que grau o requisito não possui detalhes o suficiente ou o requisito é confuso.

b) Volatilidade/estabilidade dos requisitos

Descrição: Em que grau o requisito pode sofrer/sofrerá mudanças da perspectiva do negócio, da perspectiva técnica, de mercado, legislativas ou dos usuários.

Critérios Relacionados a Penalidades e Prevenção de Penalidades

A. Penalidades e Prevenção de Penalidades

a) Valor negativo/perda/dano/penalidade aos negócios/perda de valor

Descrição: Em que grau a não implementação do requisito pode gerar um valor negativo para o negócio ou a depreciação do produto.

B. Penalidades Relacionadas ao Cliente

a) Valor negativo/dano/penalidade por/perda para o cliente

Descrição: Em que grau a não implementação do requisito pode gerar um valor negativo para o cliente.

a) Insatisfação do Cliente

Descrição: Em que grau a não implementação do requisito gera a insatisfação do cliente.

Critérios Relacionados ao Contexto Empresarial

A. Contexto Externo

a) Dependência Externa (Mudanças/Restrições Organizacionais ou Regras/Leis do Governo)

Descrição: Qual o grau de dependência externa do requisito.

B. Cronograma

a) Tempo de Comercialização

Descrição: Em que grau deve ser considerado o tempo de lançamento da funcionalidade no mercado.

C. Utilização/Uso

a) Frequência de Uso

Descrição: Qual será o grau da frequência de uso do requisito.

D. Stakeholders

a) Acordo Entre os Stakeholders

Descrição: Em que grau os stakeholders estão alinhados/de acordo com as regras de negócio/requisitos.

Critérios Relacionados ao Contexto Técnico e Características dos Requisitos

A. Recursos de Engenharia

a) Competência e Habilidades da Equipe

Descrição: Em que grau a equipe tem familiaridade do modelo de ciclo de vida durante o projeto, experiência na área, experiência na metodologia de desenvolvimento utilizada e capacidade de análise para desenvolver o requisito.

b) Motivação da equipe

Descrição: O quanto a equipe está motivada para desenvolver o requisito.

B. Utilização/Uso

a) Potencial de reutilização/frequência de reutilização

Descrição: Em que grau o requisito pode ser reutilizado em outros sistemas/-projetos.

C. Dependências

a) Dependências de requisitos

Descrição: Em que grau o requisito possui dependências técnicas e funcionais, requisitos que dependem do requisito, dependências de casos de uso (includes, extends e heranças), dependências de receita, de custo/esforço, entre domínios, entre histórias de usuários e entre histórias de entrega (entre requisitos não funcionais e opções de arquitetura).

b) Dependências de implementação

Descrição: Em que grau o requisito possui dependências dentro do domínio, dependências devido ao fluxo de atividades e dependências baseadas em equipe.

D. Status e qualidades dos requisitos

a) Qualidade de requisitos/fatores de especificação de requisitos

Descrição: Em que grau o requisito possui modificabilidade, rastreabilidade, testabilidade, completude, consistência, compreensibilidade e está dentro do escopo e não é redundante.

E. Tecnologia, Infraestrutura e Arquitetura

a) Impacto no sistema (alterações no sistema existente)

Descrição: Em que grau o requisito mantém o sistema legado vivo, impacta na manutenção do sistema atual, na arquitetura (longo prazo), possui importância para a arquitetura do produto, irá gerar dívida técnica, impacta a longo prazo na evolução do sistema, impacta (Curto prazo) na arquitetura/desenvolvimento, na infraestrutura (criticidade), na arquitetura operacional preferida e na integração com sistemas externos.

4.2 Justificando a Seleção dos Critérios de Priorização de Requisitos

Como foi descrito no capítulo da metodologia, os critérios de priorização de requisitos que são propostos neste trabalho foram retirados da revisão sistemática de Riegel e Doerr (2015), após serem filtrados em quantidade e importância com a ajuda de especialistas praticantes da área de engenharia de requisitos, de modo que possamos garantir que na ferramenta descrita neste trabalho sejam elencados apenas critérios de grande relevância do ponto de vista prático. Para fortalecermos as visões apresentadas pelas especialistas, entendemos como necessário ratificar a importância desses critérios com o apoio da literatura. Assim, neste capítulo, de modo a justificar a seleção final dos critérios com o auxílio do ponto de vista acadêmico, serão apresentadas algumas investigações que propõem

como importantes critérios similares aos escolhidos, que apesar de poderem ter nomenclaturas divergentes das originalmente encontradas, entendemos como correlacionados com os propostos pela nossa seleção.

Este capítulo será dividido em duas partes. De acordo com as pesquisas encontradas, primeiramente serão apresentados os critérios que são comumente vistos na literatura. Nesta parte será realizada uma descrição das pesquisas e dos critérios que foram encontrados. Logo depois, com o auxílio de uma tabela, os critérios de priorização das pesquisas serão correlacionados com os critérios de priorização propostos neste trabalho, que apesar de poderem não ter a mesma nomenclatura, atendem à mesma finalidade.

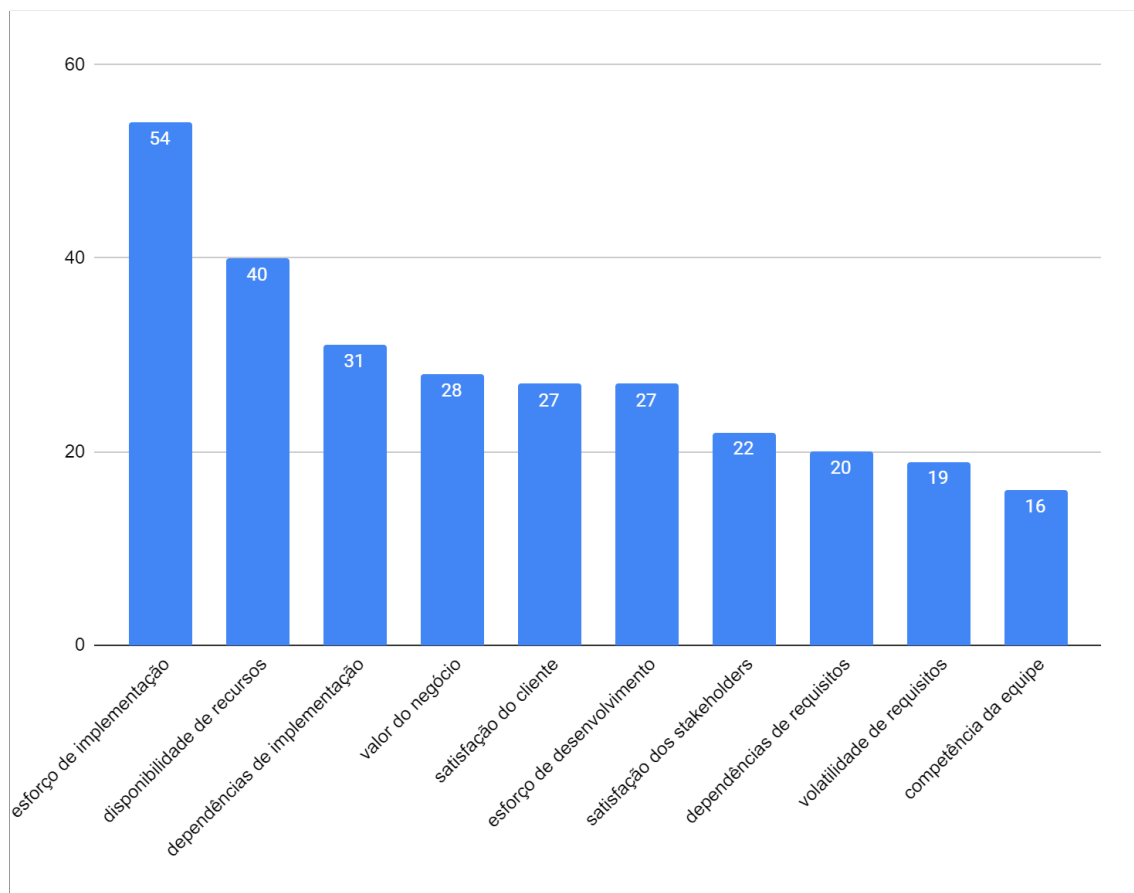
A outra parte do capítulo será referente aos critérios encontrados em técnicas e métodos de priorização já estabelecidos pela literatura. Nesta parte é feita a descrição das técnicas/métodos de priorização de requisitos e dos critérios que são utilizados pelas mesmas. Logo após, em uma tabela é feita uma relação entre os critérios encontrados nessas técnicas e métodos e os critérios que foram propostos neste trabalho, de maneira a fortalecer a justificativa da nossa seleção.

4.2.1 Critérios que são Comumente Encontrados na Literatura

Ao longo da pesquisa para justificar a seleção dos critérios selecionados neste trabalho foram encontradas algumas listas de critérios que comumente são utilizados para realizar a priorização de requisitos. Os critérios em comum encontrados nos trabalhos pesquisados foram: preferência pessoal, risco, custo, dependências entre requisitos, dificuldade, tempo para o mercado, volatilidade dos requisitos, concorrentes, emissor do requisito, apoio à educação/treinamento, recursos/competências, impacto no sistema, evolução e manutenção. Esses critérios podem ser relacionados com alguns dos critérios de priorização propostos neste trabalho, como será mostrado nas seções abaixo.

Riegel e Doerr (2015), realizou um levantamento dos critérios que são mais citados pela literatura, servindo como fonte básica para a seleção dos critérios de priorização proposto neste trabalho. Na Figura 4 foram elencados os dez principais critérios mais frequentemente mencionados. O critério mais frequente é o esforço de implementação, com 54 ocorrências, seguido dos critérios de disponibilidade de recursos, dependências de implementação, valor do negócio, satisfação do cliente, esforço de desenvolvimento, satisfação dos stakeholders, dependências de requisitos, volatilidade de requisitos, competência da equipe. Esses critérios citados fazem parte da seleção feita pela especialista, o que comprova que eles possuem alguma relevância para a priorização de requisitos.

Figura 4 – Critérios de Priorização mais Citados na Literatura



Fonte Adaptada: Riegel e Doerr (2015)

No estudo feito por Firesmith (2004) foram identificados os fatores descritos abaixo que podem ser utilizados em um trabalho de priorização. Marjaie e Kulkarni (2010), consideram esses fatores comuns para a priorização de requisitos.

- **Preferência Pessoal:** Diferentes stakeholders irão preferir determinados requisitos em relação a outros. Quando levadas em consideração as restrições do projeto como cronograma ou orçamento, sabemos que nem todos os requisitos serão implementados, então, faz-se necessário saber as preferências dos stakeholders.
- **Valor do negócio:** Os requisitos depois de implementados podem agregar diferentes valores para o negócio. Alguns requisitos podem ser críticos para as estratégias de negócios enquanto outros podem ser apenas características interessantes de se ter.
- **Evitar danos:** Ao contrário do critério de valor de negócio que abrange o quanto um requisito pode agregar ao sistema, o critério de evitar danos prioriza os requisitos em termos dos danos que podem ou vão ocorrer se o requisito não for implementado. Este critério é bastante válido para requisitos de segurança e proteção.

- **Risco:** Este critério está relacionado com os riscos envolvidos na implementação dos requisitos. Priorizando os requisitos a partir deste critério pode-se decidir implementar os requisitos de maior risco primeiro, de modo a lidar com os problemas resultantes durante o desenvolvimento. Porém, também é possível optar por implementar os requisitos de risco mais baixo primeiro, a fim de maximizar a quantidade de requisitos implementados, assegurando que recursos limitados não sejam desperdiçados na tentativa de implementar aspectos de alto risco do sistema que podem ser impossíveis de serem executados com sucesso.
- **Custo:** A implementação dos requisitos de um projeto de software pode gerar diversos custos ao longo do ciclo de vida de um projeto. Dependendo do orçamento do projeto o custo pode ser um critério importante e até mesmo primordial ao priorizar os requisitos.
- **Dificuldade:** Alguns requisitos podem ser fáceis ou difíceis de implementar e como no caso do risco, é possível implementar os requisitos difíceis ou fáceis primeiro, dependendo do que for mais importante, lidar primeiro com os requisitos difíceis ou adiar os mais difíceis, para que um número maior de requisitos fáceis possa ser implementado primeiro.
- **Tempo para o mercado:** Por conta do esforço que se tem para implementar alguns requisitos por vezes, leva-se mais tempo para implementá-los e isso pode impactar no tempo de entrega do projeto. Em determinados contextos onde se tem sistemas concorrentes, o tempo de lançamento no mercado pode ser um fator importante ao priorizar os requisitos.
- **Estabilidade dos requisitos:** Alguns requisitos são relativamente estáveis, enquanto outros estão em constante mudança ao longo do desenvolvimento. Para minimizar o retrabalho desnecessário, é mais viável implementar requisitos estáveis primeiro e adiar a implementação dos requisitos mais voláteis até o final do ciclo de desenvolvimento.
- **Dependências entre requisitos:** Certos requisitos podem depender de outros requisitos para que possam ser implementados. Neste caso, a prioridade dos requisitos que possuem dependência entre si deve ser coerente. Assim, se o requisito A depende do requisito B, então as prioridades desses requisitos devem ser consistentes, e o requisito B deve ter uma prioridade que seja pelo menos tão alta quanto A.
- **Dependências de implementação:** Em sistemas grandes normalmente existem componentes que dependem de outros componentes, e os requisitos relativos a esses componentes tendem a serem implementados primeiro. Isso também serve para certos recursos que precisam ser arquitetados e incorporados ao sistema. Portanto,

os arquitetos geralmente fazem a priorização em termos da ordem ótima de implementação dos requisitos.

- **Diferentes tipos de requisitos:** Diferentes tipos de requisitos podem ser priorizados de diferentes formas. Os requisitos não funcionais podem ser priorizados diretamente, enquanto os requisitos funcionais podem ser priorizados indiretamente por meio de casos de uso e cenários.
- **Mandato legal:** Existem requisitos que são exigidos por lei, por regulamento ou por padrões governamentais, internacionais, nacionais ou setoriais e eles podem receber maior prioridade que outros requisitos.
- **Frequência de uso:** Os requisitos podem ser priorizados pela frequência ou volume de uso esperado.
- **Reuso:** Caso um requisito seja altamente reutilizável é viável que ele receba uma prioridade mais alta para que possa ser reutilizado em outros sistemas o quanto antes.

Na tabela 7 abaixo estão as relações entre os critérios encontrados em Firesmith (2004) e os critérios propostos neste trabalho.

Tabela 7 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Firesmith (2004)

Critérios de Firesmith (2004)	Critérios Propostos	Relação
Preferência Pessoal	Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/preferência/valor/ satisfação/desejo	O critério de preferência pessoal leva em consideração as opiniões dos stakeholders e o critérios de satisfação visa atender as expectativas dos stakeholders.
	Valor/satisfação/preferência do cliente	Além de levar em consideração as preferencias dos stakeholders, o critérios de preferencia pessoal também atende as preferencias dos clientes

	Acordo entre os stakeholders	É comum lidarmos com mais de um stakeholder, então esse critério também faz referência ao Acordo entre os stakeholders que visa ponderar o alinhamento entre eles.
Valor do negócio	Valor do Produto /Sistema	Pretender avaliar o quanto o requisito é importante para sistema, agregando valor a ele.
	Eficiência Organizacional /Melhoria da Produtividade	Pretende ponderar a contribuição do requisito para os objetivos de negócios.
	Alinhamento Estratégico/ adequação à estratégia de negócios	
Evitar danos	Valor negativo/perda /dano/penalidade aos negócios /perda de valor	Está relacionado com este critério, pois ele avalia em que grau a não implementação do requisito pode gerar um valor negativo para o negócio ou a depreciação do produto.
	Valor negativo/dano /penalidade por/ perda para o cliente	Avalia em que grau a não implementação de um requisito pode causar um impacto na operação da empresa/negócio do cliente
	Insatisfação do Cliente	Avalia em que grau a não implementação do requisito gera a insatisfação do cliente.
Risco	Riscos de negócios	Avalia em que grau o requisito pode impactar na perda de produtividade e na perda de reputação da empresa/cliente.

	Histórias vagas	Avalia em que grau o requisito não possui detalhes o suficiente ou o requisito é confuso. Um requisito vago pode gerar retrabalho e custos extras ao projeto.
Custo	Custo pós-desenvolvimento	Faz referência ao custo de dar manutenção e dar suporte após a implementação do requisito.
	Custo/esforço de implementação	É o custo/esforço que o requisito irá gerar durante a sua implementação.
Dificuldade	Competência e habilidades da equipe	Verifica o grau de dificuldade de implementação do requisito e o quanto isso impacta nos seguintes itens: Risco de desenvolvimento, Dificuldade da linguagem de programação usada, Incerteza, Número de pessoas envolvidas, Motivação da Equipe e nas Restrições organizacionais.
	Motivação da equipe	
	Risco de implementação	
Tempo para o mercado	Tempo de Comercialização	Considera o tempo de lançamento da funcionalidade no mercado.

	Duração do projeto	Faz referência ao impacto que o requisito terá no tempo de entrega do projeto/feature.
Estabilidade dos requisitos	Qualidade de requisitos/ fatores de especificação de requisitos	Analisa em que grau o requisito pode sofrer/ sofrerá mudanças ao longo do projeto.
	Volatilidade/ estabilidade dos requisitos	
Dependências entre requisitos	Dependências de requisitos	Avalia em que grau o requisito depende de outro requisito.
Dependências de implementação	Dependências de implementação	As dependências de implementação podem impactar em diversas partes do sistema e da arquitetura, por isso este critério foi dividido em outros critérios mais específicos.
	Impacto no sistema (alterações no sistema existente)	
	Riscos Técnicos	
Diferentes tipos de requisitos	-	Este critério não está relacionado com nenhum critério proposto pela autora, pois serão considerados somente os critérios funcionais.
Mandato legal	Dependência Externa (Mudanças/Restrições organizacionais ou regras/leis do governo)	Trata das dependências que são externas ao projeto.
Frequência de uso	Frequência de Uso	Lida com a frequência de uso do requisito.

Reuso	Potencial de reutilização /frequência de reutilização	Analisa em que grau o requisito pode ser reutilizado em outros sistemas/projetos.
-------	---	---

Fonte: Autor (2020)

Ao longo da pesquisa desenvolvida para este trabalho foram encontrados três estudos semelhantes, porém aplicados em diferentes contextos. Dois foram desenvolvidos por Wohlin e Aurum (2005a), Wohlin e Aurum (2006) e um outro escrito por Barney, Aurum e Wohlin (2008), onde foram feitas pesquisas através de um questionário para avaliar a importância de diferentes critérios de priorização de requisitos ao determinar se deve ou não incluir um requisito específico em um projeto ou release. Esses estudos foram desenvolvidos em empresas de diferentes lugares do mundo, onde foram projetados questionários para avaliar os critérios.

Nos três trabalhos o desenho do questionário foi o mesmo. Foram apresentados os requisitos em uma tabela e os participantes foram solicitados a preencher em três colunas. A primeira coluna foi referente a relevância do critério. Foi solicitada uma resposta de “Sim” ou “Não” para cada critério. A segunda e terceira coluna foram referentes a importância do critério atualmente e no futuro respectivamente. Foram solicitadas respostas em pesos relativos, onde os participantes tiveram 1000 pontos para distribuir entre os critérios. O objetivo era registrar o estado atual da prática e quaisquer alterações que a indústria gostaria de fazer no futuro. (WOHLIN; AURUM, 2005a; WOHLIN; AURUM, 2006; BARNEY; AURUM; WOHLIN, 2006).

Os critérios que foram encontrados nos três estudos eram iguais exceto pelo critério de Função prometida/vendida que constava em apenas nas pesquisas desenvolvidas por Barney et. al. (2008). Esses critérios foram divididos em três categorias: Negócios (clientes/mercados externos), Gerenciamento (preocupações de gerenciamento) e Sistema (pessoal de desenvolvimento/manutenção). Logo abaixo os critérios serão descritos e na tabela 8 serão relacionados com os critérios que foram propostos neste trabalho.

Negócios (clientes/mercados externos)

1. Competidores

Explicação: O status dos concorrentes em relação ao requisito. Em outras palavras, é levado em consideração se um concorrente tem a funcionalidade implícita implementada ou não. Motivação: Podemos nos sentir forçados a incluir um requisito se nossos concorrentes tiverem a funcionalidade ou se desejarem implementar algo que é considerado uma funcionalidade de ponta (que os concorrentes de funcionalidade não têm).

2. Emissor do Requisito

Explicação: O emissor real do requisito é levado em consideração, ou seja, qual parte interessada (interna ou externa) gerou o requisito. Motivação: Podemos julgar alguns emissores como mais importantes que outros, por exemplo, um cliente ou representante muito importante para um mercado importante.

3. Prioridade de Exigência dos Stakeholders

Explicação: A prioridade do requisito é levada em consideração. Motivação: Podemos querer priorizar os requisitos que nossos clientes ou mercados consideram de particular importância.

4. Volatilidade dos requisitos

Explicação: Este critério está relacionado à probabilidade de o requisito mudar ou não. Motivação: Podemos querer lidar com requisitos altamente voláteis de maneira diferente, já que requisitos em constantes mudanças podem aumentar o retrabalho desnecessário. Então, pode ser melhor implementar requisitos estáveis primeiro e adiar a implementação dos requisitos mais voláteis até o final do ciclo de desenvolvimento.

Gerenciamento (preocupações de gerenciamento)

5. Suporte/Educação/Treinamento

Explicação: A capacidade e a possibilidade de fornecer suporte técnico, educação e treinamento a clientes, mercados e assim por diante com relação ao requisito. Motivação: Podemos não querer implementar a funcionalidade, a menos que possamos fornecer o suporte técnico, educação e treinamento adequados em relação ao requisito.

6. Custo-benefício do desenvolvimento

Explicação: O custo-benefício real para implementar o requisito. Motivação: Talvez não desejemos incluir um requisito se o custo de implementação for considerado alto em relação ao benefício esperado.

7. Recursos/competências

Explicação: A disponibilidade de recursos com as competências certas para implementar o requisito. Motivação: Podemos não querer implementar um requisito, a menos que tenhamos certeza de que temos as pessoas certas disponíveis para o trabalho.

8. Data de Entrega/Hora do Calendário

Explicação: A capacidade de cumprir o prazo do projeto. Motivação: Podemos não

querer introduzir um requisito que possa afetar negativamente o prazo do projeto.

Sistema (pessoal de desenvolvimento/manutenção)

9. Impacto no Sistema

Explicação: O impacto do requisito no sistema existente. Motivação: Podemos não querer implementar um requisito se julgarmos que o impacto real em termos de alterações no sistema existente é muito grande.

10. Complexidade

Explicação: A complexidade estimada do requisito e os desafios associados à sua implementação. Motivação: Podemos não querer incluir um requisito que seja considerado muito complexo para implementar e, como consequência com um risco de falha muito alto.

11. Dependências de requisitos

Explicação: As dependências entre este requisito específico e outros requisitos já implementados ou outros requisitos. Motivação: A dependência de outros requisitos (já implementados, programados para serem implementados ou adiados para liberação posterior) pode afetar nossa decisão em relação ao requisito atual.

12. Evolução

Explicação: O impacto na evolução futura do sistema. Motivação: Podemos não querer implementar um requisito caso acreditemos que torna a evolução do sistema a longo prazo mais complicada.

13. Manutenção

Explicação: O impacto na manutenção do sistema atual. Motivação: Podemos não querer implementar um requisito se acreditarmos que o requisito pode causar muitos problemas em termos de manutenção.

14. Função prometida/vendida

Explicação: A expectativa das partes interessadas de ver o requisito atendido é levada em consideração. Motivação: Podemos incluir requisitos que foram prometidos ou vendidos para atender às expectativas das partes interessadas.

Tabela 8 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Wohlin e Aurum (2005a), Wohlin e Aurum (2006), Barney, Aurum e Wohlin (2008)

Critérios de Wohlin e Aurum(2005 e 2006) e Barney et al. (2008)	Critérios Propostos	Relação
Competidores	Tempo de Comercialização	Considera o tempo de lançamento da funcionalidade no mercado.
Emissor do Requisito	-	O critério de Emissor do Requisito não está relacionado com os critérios que foram propostos pela autora, por conta da discussão feita com a especialista, onde foi decidido não incluir este critério na lista, pois foi considerado que o emissor de um requisito é um stakeholder do projeto, externo ou interno, e nesse caso há três critérios que lidam com isso. O critério de dependência externa, para stakeholders externos , satisfação do usuário que lida com o cliente final do projeto e valor para o sistema que lida com os stakeholders internos do projeto.
Prioridade de Exigência dos Stakeholders	Valor do Produto /Sistema	Avalia a importância/ peso do requisito para a organização

	Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/ preferência/ valor/satisfação /desejo	Avalia a importância/peso do requisito para os stakeholders
	Valor/satisfação/ preferência do cliente	Avalia a importância/peso do requisito para os clientes
	Dependência Externa (Mudanças/ Restrições organizacionais ou regras/leis do governo)	Lida com a prioridade que stakeholders externos aos projetos dão ao requisito.
Volatilidade dos requisitos	Volatilidade/ estabilidade dos requisitos	Avalia se o requisito pode sofrer/sofrerá mudanças ao longo do projeto.
	Histórias vagas	
Suporte/ Educação/ Treinamento	Custo pós-desenvolvimento	Avalia o quanto caro será para dar manutenção e dar suporte após a implementação do requisito.
Custo-benefício do desenvolvimento	Alinhamento/adequação estratégica à estratégia de negócios	Traz benefícios relacionados aos objetivos de negócios. Determina o quanto crítico o requisito é para o sucesso da missão da empresa.
	Eficiência Organizacional/ Melhoria da Produtividade	Traz benefícios relacionados a economia/redução de custo, nas economias de produção, na redução de custo da operação de TI e na eficiência do processo/fluxo de trabalho.

	Custo/esforço de implementação	O custo/esforço que o requisito irá gerar durante a sua implementação relacionados aos seguintes itens: Custo/esforço de desenvolvimento, Custo da documentação, Esforço de implementação funcional, Esforço de implementação técnica, Custo de qualidade e Esforço/custo de mitigação de risco.
Recursos/ competências	Competência e habilidades da equipe	São relacionados às competências ou habilidades que são necessários para desenvolver o requisito.
	Qualidade de requisitos /fatores de especificação de requisitos	
Data de Entrega/ Hora do Calendário	Duração do projeto	São relacionados ao cronograma do projeto.
Impacto no Sistema	Impacto no sistema (alterações no sistema existente)	Lidam exatamente com o impacto que o requisito pode causar na arquitetura e na infraestrutura do sistema.
Complexidade	Risco de implementação	Lidam com o nível de dificuldade e os desafios associados à implementação de um requisito.
	Motivação da equipe	
Dependências de requisitos	Dependências de requisitos	Lidam com as dependências entre os requisitos.

Evolução	Riscos Técnicos	Estão diretamente ligados com a arquitetura do sistema e deve ser ponderado o quanto um requisito irá impactar na estrutura do sistema.
	Dependências de implementação	
Manutenção	Frequência de Uso	Avalia a possibilidade de reutilizar uma funcionalidade em outros projetos/sistemas.
	Potencial de reutilização/frequência de reutilização	
Função prometida/vendida	Valor negativo/perda/dano/penalidade aos negócios/perda de valor	Avalia o contrário do valor para o sistema, em que grau a não implementação deste requisito afeta o produto.
	Acordo entre os stakeholders	Avalia como os stakeholders estão alinhados/de acordo com as regras de negócio/requisitos.
	Insatisfação do Cliente	Avalia como a não implementação do requisito gera insatisfação aos clientes.
	Valor negativo/dano/penalidade por/perda para o cliente	
	Riscos de negócios	Avalia em que grau a não implementação deste requisito afeta o negócio.

Fonte: Autor (2020)

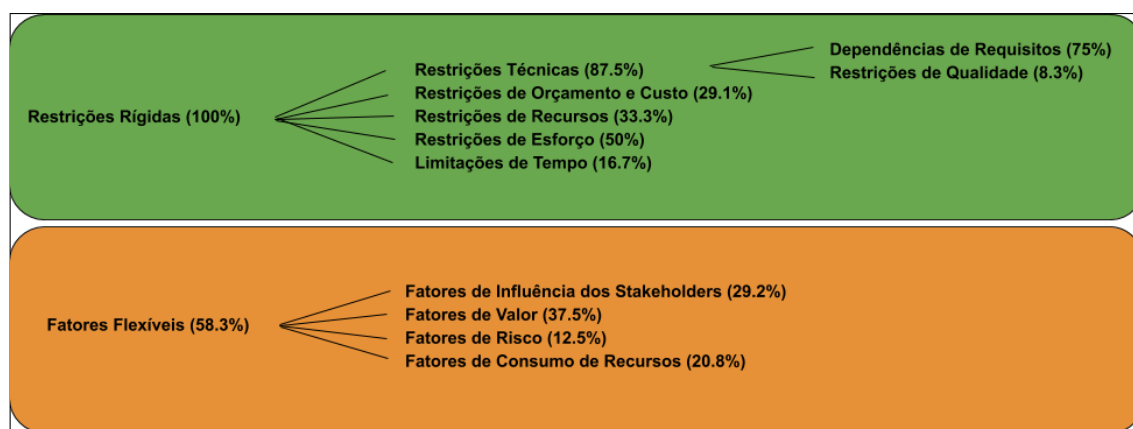
Outro estudo analisado em busca de critérios de priorização de requisitos foi a revisão sistemática de Svahnberg et al. (2010). Neste estudo foram investigados os modelos de planejamento estratégico de liberação, seu grau de validação empírica, seus fatores para a seleção de requisitos e se eles se destinam a um contexto de engenharia de requisitos sob medida ou orientado pelo mercado.

Em todos os modelos que foram analisados na revisão sistemática de Svahnberg et al.

(2010) foram discutidos diferentes critérios para a seleção ou priorização de requisitos. Alguns desses modelos separam os critérios em grupos, assim como já vimos nos outros estudos discutidos acima. Além disso a maioria dos modelos possuem critérios em comum, como também já foi mostrado.

Para facilitar a análise do estudo, os autores criaram uma taxonomia dos critérios usados pelos diferentes modelos de planejamento de liberação estratégica, conforme apresentado na figura 5, na figura foram incluídas informações (em porcentagem) sobre quantos modelos abordam cada tipo de critério. Essa taxonomia foi criada principalmente usando termos e coleções de termos usados nos estudos.

Figura 5 – Taxonomia dos Critérios dos Diferentes Modelos de Planejamento de Liberação Estratégica



Fonte Adaptada: Svahnberg et al. (2010)

Restrições Rígidas: Contêm os critérios que restringem a ordem e o tempo em que os recursos ou requisitos serão implementados.

Critérios de Restrições Rígidas Restrições Técnicas (R_{Te}): São critérios que lidam com restrições nos próprios requisitos e na capacidade de implementá-los. Por exemplo, dependências de requisitos, que é uma subcategoria para essa categoria e até que ponto um sistema existente precisa ser modificado para acomodar requisito.

Dependências de Requisitos (DR): Envolve todas as restrições relacionadas à ordem na qual os requisitos ou recursos podem ser implementados, bem como as dependências que podem influenciar o custo ou o valor dos requisitos.

Restrições de Qualidade (R_Q): Restrições a requisitos de qualidade (ou requisitos não funcionais), requisitos legais etc.

Restrições de Orçamento e Custo (R_{OC}): Todas as restrições que restringem o orçamento. Normalmente, eles são expressos como restrições de custo.

Restrições de Recursos (R_R): Restrições à quantidade de recursos que podem ser usados durante o desenvolvimento.

Restrições de Esforço (RE): Restrições à quantidade de esforço que pode ser gasto durante uma instância de desenvolvimento.

Limitações de Tempo (LT): Restrições que determinam que certos requisitos sejam liberados, recursos utilizados ou custos causados em determinados momentos.

Fatores Flexíveis: Contêm os critérios que são mais subjetivos, mais difíceis de estimar, mas que ainda podem fazer com que determinados recursos ou requisitos sejam priorizados.

Critérios de Fatores Flexíveis Fatores de Influência dos Stakeholders (FIS): São todos os critérios que lidam com a capacidade dos stakeholders de influenciar o planejamento da liberação.

Fatores de Valor (FV): São critérios que ajudam na avaliação ou maximização do valor de uma liberação.

Fatores de Risco (FR): São critérios que ajudam na avaliação do risco de requisitos ou recursos.

Fatores de Consumo de Recursos (FCR): Este critério inclui a quantidade estimada de recursos que um requisito consumirá. Isso pode ser comparado a várias restrições, como orçamento e custo, esforço e restrições de recursos.

Abaixo a tabela 9 com as relações entre os critérios presentes em Svahnberg et al. (2010) e os critérios apresentados neste trabalho.

Tabela 9 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Svahnberg et al. (2010)

Critérios de Svahnberg, et al. (2010)		Critérios Propostos	Relação
Restrições Rígidas	Restrições Técnicas	Impacto no sistema (alterações no sistema existente)	Estes critérios foram relacionados ao critério de restrições técnicas, pois eles avaliam os impactos da implementação de um determinado requisito irá causar na estrutura do sistema.
		Riscos Técnicos	
		Risco de implementação	

Dependências de Requisitos	Dependências de implementação	Ambos os critérios lidam com dependência que um requisito tem com outros requisitos.
	Dependências de requisitos	
Restrições de Qualidade	Dependência Externa (Mudanças/ Restrições organizacionais ou regras/leis do governo).	Esses critérios estão relacionados, pois ambos lidam com requisitos legais e externos aos projetos.
	Qualidade de requisitos/ fatores de especificação de requisitos	
Restrições de Orçamento e Custo	Custo pós-desenvolvimento	Os critérios citados lidam com os custos de orçamento do projeto e de como a implementação de um requisito pode impactar no orçamento.
Restrições de Recursos	Duração do projeto	Os critérios de Tempo de entrega e Competencia e habilidades da equipe são considerados como recursos disponíveis em um projeto e é necessário ponderá-los, pois os recursos em um projeto são finitos.
	Competência e habilidades da equipe	
Restrições de Esforço	Custo/esforço de implementação	Ambos lidam com o esforço necessário para implementar um requisito.

	Limitações de Tempo	Tempo de Comercialização	Ambos lidam a retrição do tempo para a liberação de novas features.
Fatores Flexíveis	Fatores de Influência dos Stakeholders	Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/ preferência/valor/ satisfação/desejo	Ambos os critérios lidam com as expectativas/ objetivos que um determinado requisito irá trazer para os clientes ou stakeholders do projeto.
		Valor negativo/ dano/penalidade por/perda para o cliente	
		Valor/satisfação/ preferência do cliente	
		Insatisfação do Cliente	
		Acordo entre os stakeholders	
	Fatores de Valor	Valor do Produto/Sistema	Ambos os critériros citados lidam com o valor que um requisito irá gerar para o sistema, seja retendo novos clientes, uma funcionalidade que contribuiçe com os objetivos do negocio ou que gerasse uma vantagem competitiva entre os concorrentes.
		Valor negativo/ perda/dano/ penalidade aos negócios/perda de valor	

		Alinhamento /adequação estratégica à estratégia de negócios	
		Eficiência Organizacional /Melhoria da Produtividade	
		Frequência de Uso	
		Potencial de reutilização /frequência de reutilização	
	Fatores de Risco	Volatilidade/ estabilidade dos requisitos	Os critérios citados lidam com os riscos que a implementação de um requisito podem gerar ao sistema ou ao projeto.
		Histórias vagas	
		Riscos de negócios	
	Fatores de Consumo de Recursos	Nesta categoria os mesmo critérios que são relacionados às categorias de Limitações de Tempo, Restrições de Esforço, Restrições de Recursos e Restrições de Orçamento e Custo podem ser aplicados aqui.	

Fonte: Autor (2020)

Em Wohlin et al. (2005b) foram discutidos os seguintes critérios de priorização de requisitos: Importância, Penalidade, Custo, Tempo, Risco e Volatilidade. Essa lista é considerada importante na literatura, porém eles não são os únicos. Também foram considerados os critérios de benefício financeiro, benefício estratégico, concorrentes, competência/recursos, tempo de lançamento e capacidade de venda. Os autores ainda destacaram que as pessoas que participarem do processo de priorização de requisitos devem ter a mesma interpretação sobre os critérios.

Logo abaixo os critérios listados como mais importantes na literatura serão discutidos e relacionados na tabela 10 com os critérios propostos neste trabalho.

- **Importância:** O critério de importância está relacionado em como os stakeholders devem priorizar os requisitos que são mais importantes para o sistema. Porém, os autores destacam que a importância pode ser um conceito extremamente multifacetado, pois vai depender da interpretação do stakeholder. Como exemplo os autores citaram: urgência na implementação, importância de um requisito para a arquitetura do produto, importância estratégica para a empresa etc.
- **Penalidade:** Este critério está relacionado com a penalidade que é introduzida se um requisito não for cumprido. Os autores também destacam que a penalidade não é somente o oposto da importância. Eles citam como exemplo que a não conformidade com um determinado padrão pode gerar uma penalidade alta, mesmo que não seja tão importante para o cliente. Isso também pode ocorrer quando requisitos implícitos que são dados como garantidos não são implementados e podem tornar o produto inadequado para o mercado.
- **Custo:** O critério de custo foi descrito como o custo de implementação, geralmente estimado pela organização de desenvolvimento. As medidas que influenciam o custo incluem: complexidade do requisito, capacidade de reutilizar o código existente, quantidade de testes e documentação necessários. Geralmente o custo é expresso em termos de horas ou de esforço, já que o principal custo no desenvolvimento de software está relacionado principalmente ao número de horas gastas.
- **Tempo:** Para os autores o tempo (lead time) é influenciado por vários fatores, como o grau de paralelismo no desenvolvimento, a necessidade de treinamento, necessidade de desenvolver infraestrutura de suporte, padrões completos do setor etc.
- **Risco:** O critério de risco considera tanto a probabilidade quanto o impacto ao determinar o nível do risco de um item ou atividade. Os riscos do planejamento de requisitos podem ser de desempenho, riscos de processo, riscos de cronograma etc. Para calcular o nível de risco de um projeto podemos usar a probabilidade estimada e o impacto de risco para cada requisito.
- **Volatilidade:** O critério de volatilidade é apresentado separadamente do critério de risco pelos autores, apesar deles citarem que o critério de volatilidade também pode ser considerado um critério de risco. Os autores citam diversos motivos para um requisito ser volátil, como por exemplo, mudanças do mercado, alterações legislativas entre outros motivos, independente do motivo, requisitos instáveis afetam a estabilidade e o planejamento do projeto, o que pode ocasionar no aumento de cus-

tos, já que mudanças e ajustes de arquitetura durante o desenvolvimento aumentam os custos de um projeto.

Tabela 10 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Wohlin et al. (2005b)

Critérios de Wohlin et al. (2005b)	Critérios Propostos	Relação
Importância	Valor do Produto/ Sistema	Como foi visto na descrição do critério de importância ele está diretamente ligado as expectativas e objetivos dos stakeholders.
	Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/ preferência/ valor/satisfação/ desejo	
	Alinhamento Estratégico/ adequação à estratégia de negócios	
	Valor/satisfação/ preferência do cliente	
	Eficiência Organizacional/ Melhoria da Produtividade	
	Frequência de Uso	

Penalidade	Valor negativo/perda /dano/penalidade aos negócios/ perda de valor	Ambos os critérios estão relacionados com a penalidade que é gerada caso um requisito não seja implementado. As penalidades podem ser nas mais várias áreas do projeto, como por exemplo, a satisfação do cliente ou financeira.
	Valor negativo/dano /penalidade por/ perda para o cliente	
	Insatisfação do Cliente	
Custo	Custo/esforço de implementação	Os autores consideraram o critério de custo sendo somente o esforço gasto para implementar o requisito, porém quando os critérios foram discutidos com a especialista chegamos a conclusão que o critério de custo poderia considerar também os custos financeiros de implementação além do esforço
	Custo pós-desenvolvimento	

Tempo	Tempo de Comercialização	Ambos estão relacionados com o critério de tempo pois tem um período de tempo para que algo seja executado, entregue ou recebido.
	Duração do projeto	
	Dependência Externa (Mudanças/Restrições organizacionais ou regras/leis do governo),	Estes critérios podem ser associados com o critério de tempo, pois eles podem impactar positivamente ou negativamente no tempo de desenvolvimento de um requisito.
	Acordo entre os stakeholders	
	Competência e habilidades da equipe	
	Motivação da equipe	
	Dependências de requisitos	
	Potencial de reutilização /frequência de reutilização	
	Impacto no sistema (alterações no sistema existente)	

Risco	Dependências de implementação	A implementação de um requisito pode gerar riscos em diversas áreas do projeto, como por exemplo, riscos técnicos de implementação, riscos relacionados ao negocio ou relacionados aos status do requisito.
	Qualidade de requisitos /fatores de especificação de requisitos	
	Riscos Técnicos	
	Risco de implementação	
	Histórias vagas	
	Riscos de negócios	
Volatilidade	Volatilidade/ estabilidade dos requisitos	O critério de Requisitos voláteis em nosso trabalho está relacionado a categoria de risco, porém ele é um critério que pode ser analisado separadamente pelos usuários do sistema proposto.

Fonte: Autor (2020)

4.2.2 Técnicas/Métodos que Utilizam Critérios de Priorização

Ao longo da pesquisa feita para justificar este trabalho foram encontradas também algumas técnicas de priorização de requisitos que são bastante utilizadas e que fazem uso de critérios de priorização. Ao longo texto é possível encontrar a relação entre os critérios estabelecidos pelas técnicas/métodos e os critérios de priorização propostos neste trabalho.

4.2.2.1 Analytical Hierarchy Process (AHP)

O Analytical Hierarchy Process (AHP) é uma técnica que não possui critérios de priorização definidos, mas quem for utilizá-la pode definir esses critérios. Os mais utilizados são importância, penalidade, custo, tempo e risco. Nesta técnica os requisitos são comparados de maneira pareada para determinar a extensão de como um dos requisitos é mais importante que o outro. Para n número de requisitos, o AHP faz $n^{\frac{n-1}{2}}$ comparações em cada nível da hierarquia (AASEM; RAMZAN; JAFFAR, 2010).

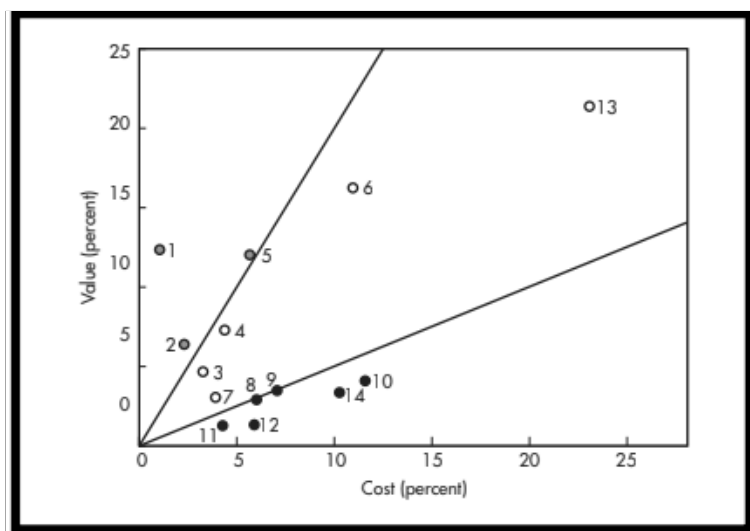
A partir do AHP outros autores propuseram suas técnicas como a abordagem de custo-valor proposta por Karlsson e Ryan (1997). De acordo com esse método, os pares de requisitos são comparados de acordo com sua importância e custos de implementação (MARJAIE; KULKARNI, 2010). Essa técnica orienta os tomadores de decisão sobre como priorizar os requisitos com base em suas relações de valor e custo. Usuários ou clientes estão interessados no parâmetro ‘Valor’, que é o benefício que se espera obter com os requisitos do candidato e ‘Custo’, que por outro lado, é o custo de implementação referente a dinheiro e tempo, usando a técnica AHP para calcular uma relação valor-custo e ao final apresentar o resultado em um gráfico (AASEM; RAMZAN; JAFFAR, 2010).

4.2.2.2 Técnica de Custo-Valor

Em Karlsson e Ryan (1997) foram apresentados dois estudos de caso com a aplicação da técnica de custo e valor. O primeiro estudo de caso foi realizado junto ao projeto RAN. O objetivo do projeto RAN era identificar e especificar requisitos para um sistema que desse aos gerentes informações sobre a operação do sistema de telefonia móvel. Foram identificados 14 requisitos (serviços) de alto nível que cobriam a principal funcionalidade do sistema Karlsson e Ryan (1997).

O diagrama de custo-valor mostrado na figura 6 é representação proporcional do custo e valor total de cada requisito, por exemplo o requisito 5 representa 5% do custo total e 10% do valor total, facilitando a seleção de requisitos. Caso, optemos por implementar todos os requisitos, exceto os números 10, 11 e 12, o valor do sistema de software para seus clientes seria 94% do máximo possível, enquanto o custo seria reduzido para 78% do custo de implementação de todos os requisitos.

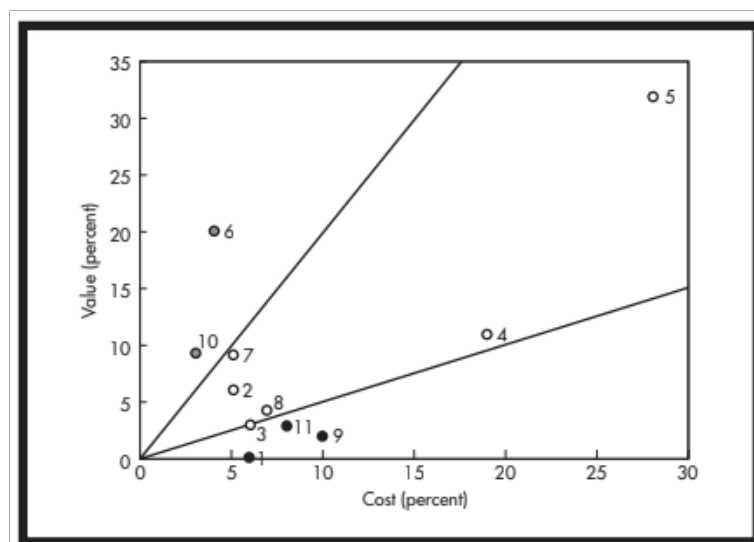
Figura 6 – Diagrama de custo-valor do Projeto RAN



Fonte: Karlsson e Ryan (1997)

No segundo estudo de caso, a técnica foi aplicada ao projeto PMR, um sistema de software que permite a gravação e análise do tráfego de telecomunicações móveis. Foram detectados 11 requisitos funcionais de alto nível que tratavam de questões como apresentação, classificação e estruturação de novos tipos de informações. Para priorizar esses requisitos, cada membro do projeto precisava concluir 55 comparações aos pares para cada critério, usando a abordagem de custo-valor (KARLSSON; RYAN, 1997).

Figura 7 – Diagrama de custo-valor do Projeto PMR



Fonte: Karlsson e Ryan (1997)

A Figura 7 mostra os requisitos do projeto PMR em um diagrama de custo-valor. Dos 11 requisitos, dois se enquadram na proporção alta, seis na proporção média e três na

categoria de proporção baixa. Se os requisitos com taxas altas e médias fossem selecionados para implementação, 95% do valor seriam obtidos a 75% do custo. Novamente, isso sugere que você pode fornecer um sistema de software com satisfação substancial do cliente, com uma redução significativa no custo.

Os resultados dos estudos de casos foram bastante satisfatórios mostrando que a técnica de custo-valor pode facilitar a tomada de decisão na hora de selecionar e priorizar os requisitos, apenas analisando e interpretando o gráfico gerado pela técnica.

Na tabela 11 os critérios propostos neste trabalho foram relacionados com os critérios encontrados em Karlsson e Ryan (1997)

Tabela 11 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Karlsson e Ryan (1997)

Critérios de Karlsson e Ryan (1997)	Critérios Propostos	Relação
Valor	Valor do Produto/Sistema	Esses critérios têm como objetivo avaliar a importância do requisito, seja para o sistema, os stakeholders ou os negócios.
	Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/preferência/valor/ satisfação/desejo	
	Valor/satisfação/preferência do cliente	
	Alinhamento Estratégico/ adequação à estratégia de negócios	
	Eficiência Organizacional/ Melhoria da Produtividade	
Custo	Alinhamento/adequação estratégica à estratégia de negócios	Esses critérios têm como objetivo avaliar o impacto financeiro da implementação do requisito.
	Custo/esforço de implementação	

	Custo pós-desenvolvimento	
--	------------------------------	--

Fonte: Autor (2020)

4.2.2.3 Priorização pela técnica de Validação de Impacto

Outra técnica encontrada na literatura foi a validação de impacto (GILB, 2007). Essa técnica considera o impacto de cada requisito proposto na obtenção dos objetivos do projeto. Os requisitos que tiveram maior impacto são os mais importantes (MARJAIE; KULKARNI, 2010).

Na tabela 12 os critérios encontrados em Gilb (2007) são relacionados aos critérios propostos neste trabalho.

Tabela 12 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Gilb (2007)

Critérios de Gilb (2007)	Critérios Propostos	Relação
Impacto	Valor do Produto/Sistema	O termo impacto proposto nesta técnica está mais relacionado ao valor do requisito do que de fato ao impacto que ele irá causar no sistema
	Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/ preferência/valor/ satisfação/desejo	
	Valor/satisfação/ preferência do cliente	
	Eficiência Organizacional /Melhoria da Produtividade	
	Alinhamento/adequação estratégica à estratégia de negócios	

Fonte: Autor (2020)

4.2.2.4 Priorização pelo Método de Wiegers

Já o método de Wiegers propõe que todos os requisitos sejam avaliados em uma escala de 1 a 9, de acordo com seu valor para o cliente, a penalidade se não for implementada, os custos de implementação e os riscos. A prioridade é calculada dividindo a soma do valor e a penalidade pela soma dos custos e riscos (MARJAIE; KULKARNI, 2010).

Wiegers (1999) aponta que o valor para o cliente é o benefício relativo que cada recurso

fornece ao cliente ou à empresa. Esses benefícios indicam o alinhamento com os requisitos de negócios do produto. Seus clientes são as melhores pessoas para avaliar esses benefícios.

O critério de penalidade é a penalidade relativa que o cliente ou empresa sofreria se o recurso não fosse incluído. Como por exemplo, deixar de cumprir uma regulamentação governamental ou não incluir um recurso que qualquer cliente razoável esperaria, quer explicitamente ou não. Requisitos que têm um benefício baixo e uma penalidade baixa adicionam custo, mas pouco valor (WIEGERS, 1999).

Os custos de implementação são relativos à implementação de cada recurso. Nesse caso são os desenvolvedores que estimam as classificações de custo com base em fatores como a complexidade do requisito, a extensão do trabalho da interface do usuário necessária, a capacidade potencial de reutilizar designs ou códigos existentes e os níveis de teste e documentação necessários (WIEGERS, 1999).

São os desenvolvedores que estimam o grau relativo de risco técnico ou outro associado a cada requisito, à viabilidade, disponibilidade de pessoal com os conhecimentos necessários, ou o uso de ferramentas e tecnologias não comprovadas ou desconhecidas são exemplos de riscos (WIEGERS, 1999).

Os critérios encontrados no método de Wieggers são relacionados com os critérios propostos neste trabalho na tabela 13.

Tabela 13 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Wieggers (1999)

Critérios de Wieggers (1999)	Critérios Propostos	Relação
Valor para o Cliente	Valor do Produto/Sistema	O critério de valor para o cliente está ligado a todos os benefícios e objetivos dos stakeholders
	Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/preferência /valor/satisfação/desejo	
	Alinhamento/adequação estratégica à estratégia de negócios	
	Valor/satisfação/preferência do cliente	
	Eficiência Organizacional/Melhoria da Produtividade	

	Tempo de Comercialização	
	Frequência de Uso	
	Potencial de reutilização /frequência de reutilização	
	Dependências Externas (Mudanças/Restrições organizacionais ou regras/leis do governo)	
Penalidade	Valor negativo/perda /dano/penalidade aos negócios /perda de valor	Esses critério tem como objetivo de avaliar a penalidade relativa que o cliente ou projeto sofreria se o requisito não for implementado.
	Valor negativo/dano/penalidade por/perda para o cliente	
	Insatisfação do Cliente	
Custos de Implementação	Custo/esforço de implementação	Ambos lidam com o esforço de implementar o requisito
	Custo pós-desenvolvimento	Esses critérios também são abordados neste trabalho e estão relacionados aos custos financeiros de implementação do requisito
Risco	Riscos Técnicos	Qualquer mudança feita na arquitetura ou estrutura de um sistema gera um risco e isso deve ser avaliado

	Risco de implementação	
	Competência e habilidades da equipe	
	Dependências de requisitos	
	Dependências de implementação	
	Impacto no sistema (alterações no sistema existente)	
	Duração do projeto	
	Riscos de negócios	A implementação de um requisito também pode gerar riscos ao negocio do cliente, visto que um requisito depois de implementado pode não suprir as expectativas do cliente.
	Acordo entre os stakeholders	
	Motivação da equipe	
	Riscos de negócios	Requisitos que mudam constantemente, que são confusos ou que não possuem muitos detalhes também geram riscos ao projeto.
	Histórias vagas	
	Qualidade de requisitos/ fatores de especificação de requisitos	
	Volatilidade/estabilidade dos requisitos	

Fonte: Autor (2020)

4.2.2.5 Abordagem de Priorização em Duas Etapas

Outra técnica encontrada na literatura foi a abordagem de priorização em duas etapas. Com ela foi possível que as equipes realizassem análises de sensibilidade variando os pesos das metas/critérios e medindo seu impacto nas prioridades dos requisitos. Isso permite que as equipes determinem quais itens tem alto valor comercial e alto risco, ou alto valor comercial e que são fáceis de desenvolver e decidir quais requisitos analisar e prototipar mais para entender melhor o que isso implica. Isso foi possível ao escalar os critérios correspondentes usados para pontuar os requisitos (ou seja, valor comercial, penalidade relativa e facilidade de implementação) (KUKREJA; BOEHM, 2013).

Na tabela 14 é feita a relação entre os critérios encontrados na técnica de priorização de duas etapas e os critérios propostos neste trabalho.

Tabela 14 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Kukreja e Boehm (2013)

Critérios de Kukreja e Boehm (2013)	Critérios Propostos	Relação
Valor Comercial	Valor do Produto/ Sistema	Esses critérios tem como objetivo avaliar os benefícios que são gerados em relação ao mercado em que o sistema está inserido.
	Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/preferência /valor/satisfação/desejo	
	Valor/satisfação/preferência do cliente	
	Alinhamento/adequação estratégica à estratégia de negócios	
	Tempo de Comercialização	

Penalidade Relativa	Valor negativo/perda /dano/penalidade aos negócios/perda de valor	Esses critérios avaliam as penalidades de uma forma geral que são geradas quando um requisito não é implementado ou não atende as expectativas dos stakeholders.
	Valor negativo/dano /penalidade por/perda para o cliente	
	Insatisfação do Cliente	
Facilidade de Implementação	Qualidade de requisitos /fatores de especificação de requisitos	Ambos estão ligados a complexidade de implementação de um requisito.
	Risco de implementação	

Fonte: Autor (2020)

4.2.2.6 Priorização de Requisitos baseado na técnica PDM

Em Silva e Reis (2018) propõe um processo de priorização de requisitos para projetos de software ágeis baseados na técnica PDM, que foi originalmente proposto na área de planejamento estratégico. Nesta técnica os critérios utilizados foram adequados a priorização de requisitos, são eles: Importância, Facilidade, Custo e Dependências. Essa técnica é composta por quatro etapas, na primeira etapa do PDM o Product Owner pontua primeiro a importância do requisito. Na segunda etapa, o Planning Poker entra em ação, para que no final do seu processo possa pontuar o restante dos critérios (facilidade e risco), e na terceira etapa o time de desenvolvimento define as dependências de cada um dos requisitos. Vale ressaltar, que quanto maior for o valor dado à importância, mais importante o requisito se torna; quanto maior for o valor dado a facilidade, mais fácil será o requisito a ser desenvolvido; quanto maior for o valor dado ao risco, maior será o cuidado que o time de desenvolvedores deve ter para implementar o requisito; quanto maior for o valor dado a dependência, mais ele precisará de outros requisitos para que funcione de forma adequada (SILVA; REIS, 2018).

Os critérios encontrados na técnica PMD são relacionados com os critérios propostos neste trabalho na tabela 15.

Tabela 15 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Silva e Reis (2018)

Critérios de Silva e Reis (2018)	Critérios Propostos	Relação
Importância	Valor do Produto/Sistema	Esses critérios têm como objetivo avaliar a importância do requisito, seja para o sistema, os stakeholders ou os negócios.
	Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/preferência/valor/ satisfação/desejo	
	Valor/satisfação/preferência do cliente	
	Alinhamento Estratégico /adequação à estratégia de negócios	
Facilidade	Risco de implementação	Ambos estão ligados a complexidade de implementação de um requisito.
	Qualidade de requisitos/fatores de especificação de requisitos	
Custo	Eficiência Organizacional/Melhoria da Produtividade	Ambos os critérios estão ligados aos custos que o requisito podem vir a gerar durante o ciclo de implementação.
	Custo pós-desenvolvimento	
	Custo/esforço de implementação	

Dependências	Impacto no sistema (alterações no sistema existente)	As dependências que um requisito pode ter ou gerar passa por vários campos do desenvolvimento de sistemas e o gerenciamento de projetos, desde o impacto na arquitetura do sistema, até a conciliação entre as expectativas dos stakeholders sobre um requisito.
	Riscos Técnicos	
	Dependência Externa (Mudanças/ Restrições organizacionais ou regras/leis do governo)	
	Acordo entre os stakeholders	
	Dependências de requisitos	
	Dependências de implementação	

Fonte: Autor (2020)

4.2.2.7 Value-Oriented Framework (VOP)

Durante a pesquisa também foi encontrado o Value-Oriented Framework (VOP) que usa os relacionamentos existentes entre os principais valores da empresa para avaliar e priorizar os requisitos e garantir sua rastreabilidade. A estrutura VOP estabelece um mecanismo para quantificar e solicitar requisitos para um incremento de aplicativo, um protótipo ou uma especificação de requisitos de software (AZAR; SMITH; CORDES, 2007)

No VOP os executivos da empresa identificam os principais valores de negócios e usam uma escala ordinal simples para ponderá-los de acordo com sua importância para a organização. A estrutura também suporta a identificação e ponderação das categorias de

risco comercial. As categorias de risco ponderado representam a tolerância da organização em se envolver nesses riscos. Usando os principais valores e riscos da empresa, o VOP constrói uma matriz de priorização (AZAR; SMITH; CORDES, 2007).

Na tabela 16 é possível os principais valores de negócios identificados no estudo de caso e suas definições. Além desses também foram utilizados dois critérios de riscos, Risco Técnico e Risco de Negócios, que são ponderados negativamente.

Tabela 16 – Principais valores de negócios identificados no estudo de caso

Valor	Definição
Vendas	Valor para a organização de vendas em termos do potencial de gerar novas vendas
Satisfação do cliente	Valor para os clientes existentes; sem implicações diretas na receita, mas indiretas em termos de clientes existentes que compram mais, renovam contratos de manutenção e recomendam o produto a outros
Marketing	Valor em chamar atenção e reconhecimento para fins de marketing
Estratégico	Valor para alcançar os objetivos estratégicos da organização, como se tornar parceiro de negócios com outras empresas por meio de integrações
Integridade	Valor derivado de problemas de integridade, como integridade de dados ou integridade comercial

Fonte Adaptada: Azar, Smith e Cordes (2007)

Na tabela 17 é feita a relação entre os critérios encontrados na técnica de priorização Value-Oriented Framework e os critérios propostos neste trabalho.

Tabela 17 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Azar, Smith e Cordes (2007)

Critérios de Azar, Smith e Cordes (2007)	Critérios Propostos	Relação
Vendas	Valor do Produto/Sistema	Esses critérios estão relacionados com os benefícios que o requisito pode trazer para o negocio do cliente.
	Tempo de Comercialização	
Satisfação do Cliente	Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/preferência/valor/satisfação/desejo	Esses critério estão relacionados com os benefícios que o requisito pode trazer diretamente ao cliente
	Valor/satisfação/preferência do cliente	
Marketing	Frequência de Uso	Ambos estão ligados com a capacidade do requisito de reter mais usuários/clientes para o sistema/empresa.
Valor Estratégico	Eficiência Organizacional/Melhoria da Produtividade	Esses critérios estão ligados as estratégias que o requisito pode proporcionar aos stakeholders do projeto.
	Alinhamento/adequação estratégica à estratégia de negócios	
	Acordo entre os stakeholders	

Integridade	Impacto no sistema (alterações no sistema existente)	Esses critérios estão relacionados com problemas de arquitetura ou estrutura que um requisito pode gerar ao sistema.
	Dependências de implementação	
Risco Técnico	Competência e habilidades da equipe	Esses critérios estão ligados aos riscos técnicos que a implementação de um requisito pode gerar ao projeto.
	Duração do projeto	
	Histórias vagas	
	Volatilidade/estabilidade dos requisitos	
	Riscos Técnicos	
	Risco de implementação	
Risco de Negócios	Riscos de negócios	Ambos estão relacionados aos riscos de negócios que um requisito pode gerar ao projeto.

Fonte: Autor (2020)

4.2.2.8 Framework de Priorização de Requisitos em Projetos Ágeis

Em AL-Ta'ani e Razali (2013) foi desenvolvido um framework para a priorização de requisitos em projetos de desenvolvimento ágil. Esse framework é dividido em três partes; Ambiente, Processo e Produto. A primeira parte abrange o aspecto Ambiente, que é categorizado em três fatores principais, a saber: Características das Partes Interessadas, Restrições do Projeto e Natureza dos Requisitos. A segunda parte é Processo, que compreende as etapas envolvidas no processo de priorização de requisitos. O Produto é a terceira parte que descreve os resultados do processo (AL-TA'ANI; RAZALI, 2013).

Na parte de ambiente é onde ficam localizados as Características dos stakeholders, restrições do projeto e natureza dos requisitos. Os stakeholders são escolhidos através dos critérios de Confiança, Conhecimento, Experiência de Aprendizagem e Autoridade. Já as restrições do projeto possuem os critérios de Custo, Recursos Humanos, Risco e Cronograma, que precisam ser consideradas na priorização de requisitos no ágil. Da mesma forma que a complexidade, as dependências, a importância, o valor comercial e a volatilidade dos requisitos (AL-TA'ANI; RAZALI, 2013).

Na tabela 18 é feita a relação entre os critérios encontrados no Framework de Priorização de Requisitos em Projetos Ágeis e os critérios propostos neste trabalho.

Tabela 18 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em AL-Ta'ani e Razali (2013)

Critérios de AL-Ta'anie Razali (2013)	Critérios Propostos	Relação
Custo	Custo pós-desenvolvimento	Ambos os critérios estão ligados aos custos que o requisito podem vir a gerar durante o ciclo de desenvolvimento.
	Custo/esforço de implementação	
Recursos Humanos	Acordo entre os stakeholders	Tem como objetivo avaliar de os stakeholders estão alinhados/ de acordo com as regras de negócio/requisitos.
	Competência e habilidades da equipe	Tem como objetivo avaliar se a equipe tem competência ou habilidades para desenvolver o requisito.
Risco	Riscos de negócios	Ambos estão relacionados aos riscos de negocios que um requisito pode gerar ao projeto.

Cronograma	Tempo de Comercialização	Esses critérios estão relacionados com o tempo de implementação ou entrega de um requisito.
	Duração do projeto	
Complexidade	Qualidade de requisitos/ fatores de especificação de requisitos	Ambos estão ligados a complexidade de implementação de um requisito.
	Risco de implementação	
Dependências	Impacto no sistema (alterações no sistema existente)	Esses critérios estão relacionados com as dependências técnicas, de arquitetura/estrutural dos requisitos, assim como as dependências entre os requisitos.
	Dependências de implementação	
	Dependência Externa (Mudanças/Restrições organizacionais ou regras/leis do governo)	
	Dependências de requisitos	
	Riscos Técnicos	
Importância	Valor do Produto /Sistema	Esses requisitos estão relacionados com a importância do requisito do ponto de vista dos stakeholders do projeto.
	Frequência de Uso	
	Eficiência Organizacional /Melhoria da Produtividade	

	Valor negativo/perda/ dano/penalidade aos negócios/ perda de valor	
Valor Comercial	Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/preferência /valor/satisfação/ desejo	Esses critérios estão relacionados com o valor comercial gerado pela implementação do requisito ou a perda do valor comercial gerado pela não implementação do requisito.
	Valor/satisfação /preferência do cliente	
	Potencial de reutilização /frequência de reutilização	
	Alinhamento/adequação estratégica à estratégia de negócios	
	Valor negativo/dano /penalidade por/perda para o cliente	
	Alinhamento Estratégico/ adequação à estratégia de negócios	
	Insatisfação do Cliente	
Volatilidade dos Requisitos	Histórias vagas	Esses critérios estão relacionados com o status do requisito.
	Volatilidade/ estabilidade dos requisitos	

Fonte: Autor (2020)

4.2.2.9 Priorização de Requisitos baseado em Custo e Benefício

Na revisão sistemática feita por Herrmann e Daneva (2008) foi feita uma classificação dos métodos de priorização que são baseados em custo e benefícios. Nessa classificação um requisito é caracterizado pelas seguintes propriedades relevantes em relação à priorização de requisitos com base no benefício e no custo: (i) tipo, (ii) benefício estimado para os

stakeholders, (iii) tamanho estimado do software que incorpora o requisito, (iv) custo estimado para construir o que incorpora o requisito, (v) prioridade e (vi) dependências do requisito, o que, neste contexto, significa que o grau de satisfação de um requisito influencia o custo causado ou o benefício adicionado por outro requisito, onde o tipo é se o requisito é funcional ou não funcional (HERRMANN; DANEVA, 2008).

Na tabela 19 é feita a relação entre os critérios encontrados na técnica de priorização baseado em Custo e Benefício e os critérios propostos neste trabalho.

Tabela 19 – Relação entre os critérios propostos e os critérios encontrados em Herrmann e Daneva (2008)

Critérios de Herrmann e Daneva (2008)	Critérios Propostos	Relação
Benefício Estimado para os Stakeholders	Valor do Produto/Sistema	Esses critérios estão relacionados com os benefícios que a implementação de um requisito pode gerar aos stakeholders do projeto.
	Preferência pessoal e prioridade das partes interessadas/preferência /valor/satisfação/desejo	
	Alinhamento/adequação estratégica à estratégia de negócios	
	Valor/satisfação /preferência do cliente	
	Eficiência Organizacional/ Melhoria da Produtividade	
Tamanho Estimado do Software que Incorpora o Requisito	Riscos Técnicos	Esses critérios estão relacionados com o impacto que um requisito pode gerar no sistema.
	Risco de implementação	
	Dependências de implementação	

	Impacto no sistema (alterações no sistema existente)	
Custo Estimado para Construir o que Incorpora o Requisito	Custo/esforço de implementação	Ambos os critérios estão ligados aos custos que o requisito podem vir a gerar durante o ciclo de desenvolvimento.
	Custo pós-desenvolvimento	
Prioridade	Tempo de Comercialização	Esse critério está relacionados com o menor tempo de entrega de um requisito
	Acordo entre os stakeholders	Tem como objetivo avaliar de os stakeholders estão alinhados/de acordo com as regras de negócio/requisitos.
Dependências do Requisito	Dependências de requisitos	Esses critérios estão relacionados as dependencias entre os requisitos ou dependencias externas que afetam o desenvolvimento do requisito.
	Dependência Externa (Mudanças/Restrições organizacionais ou regras/leis do governo)	

Fonte: Autor (2020)

4.3 Sistema de Priorização de Requisitos

O sistema de priorização de requisitos proposto tem como objetivo auxiliar os tomadores de decisão a priorizar os requisitos de um projeto. No sistema é possível fazer o cadastro de um projeto e nele incluir os seus requisitos. Cada projeto cadastrado no sistema poderá ter um conjunto de critérios que serão utilizados para fazer a ponderação das matrizes de comparação dos critérios. Ao selecionar os critérios os tomadores de decisão

devem ponderar a matriz de comparação dos critérios. Após a escolha e ponderação dos critérios e o cadastro dos requisitos, é possível realizar a priorização dos requisitos ponderando as matrizes de comparação dos requisitos. Após esses passos o sistema retorna uma lista com a priorização dos requisitos individual de cada membro do projeto. O sistema calcula a priorização global dos requisitos realizando a média geométrica das priorizações individuais.

Abaixo na tabela 20 estão listados os requisitos funcionais do sistema:

Tabela 20 – Requisitos Funcionais do Sistema

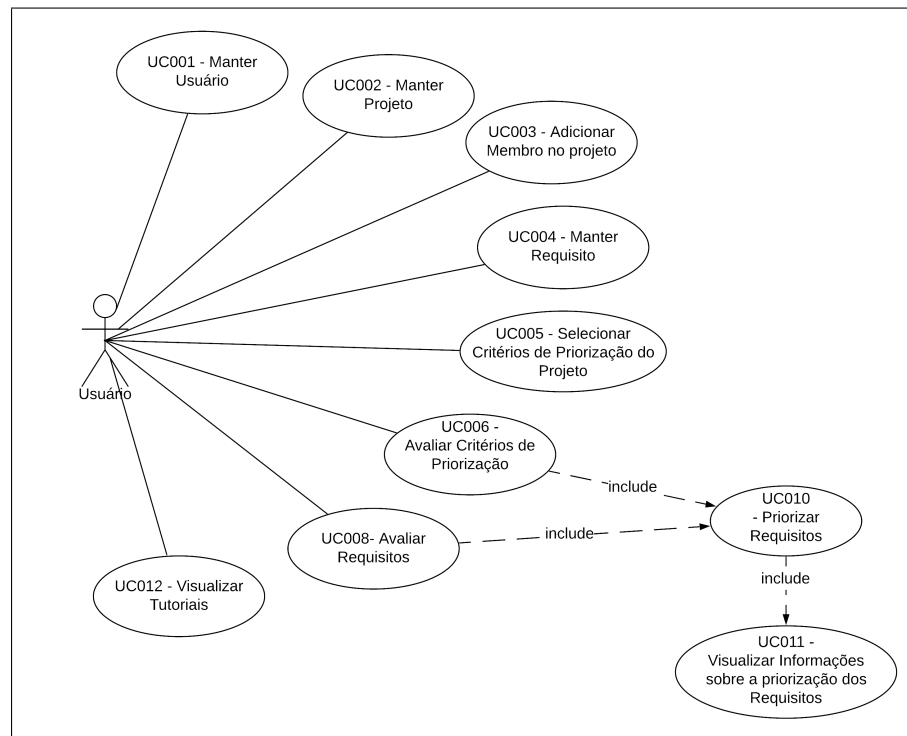
Identificador	Nome	Descrição
[RF001]	Manter usuário	Fazer cadastro, alteração e exclusão do usuário.
[RF002]	Manter projeto	Fazer o cadastro, a edição, a exclusão e consulta de um projeto.
[RF003]	Manter membro no projeto	Adicionar um usuário ao projeto, excluir e consultar um usuário do projeto.
[RF004]	Manter requisito	Fazer o cadastro, a edição, a exclusão e consulta de um requisito em um projeto.
[RF005]	Selecionar os critérios de priorização do projeto	Selecionar os critérios de priorização disponíveis na lista de critérios.
[RF006]	Avaliar critérios de priorização	Avaliar os critérios de priorização selecionados seguindo a tabela de Saaty(1988).
[RF007]	Avaliar requisito	Avaliar os requisitos seguindo a tabela da escala fundamental de Saaty(1988).
[RF008]	Priorizar requisito	Fazer a priorização dos requisitos cadastrados no sistema utilizando a técnica AHP com base nos critérios pré-estabelecidos.
[RF009]	Visualizar informações sobre os requisitos	Mostrar a lista de prioridade dos requisitos, os requisitos agrupados pelos usuários que criaram o requisito e os requisitos agrupados pela estimativa.
[RF010]	Visualizar tutoriais	O sistema deve mostrar a lista de tutoriais disponíveis para consulta do usuário.

Fonte: Autor (2020)

Na figura 8 está o diagrama de casos de uso que exemplifica as ações que o ator pode realizar no sistema. Neste diagrama vale ressaltar o comportamento do UC007 que representa a avaliação dos requisitos, como iremos ter uma matriz de comparação dos requisitos para cada critério selecionado, sendo então n avaliações, elas não necessariamente precisam ser elaboradas de uma única vez, dando a oportunidade do usuário salvar

seu progresso durante a avaliação. A mesma premissa é equivalente ao UC009, onde ao finalizar todas as avaliações o usuário pode priorizar os requisitos ou visualizar outras informações sobre eles.

Figura 8 – Diagrama de Casos de Uso

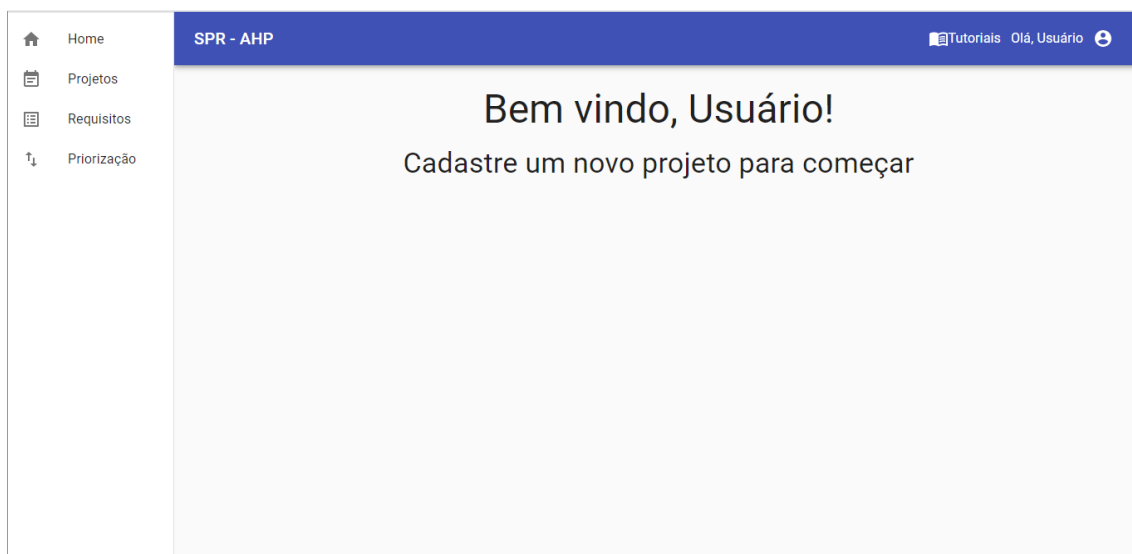


Fonte: Autor (2020)

A seguir serão apresentadas as telas principais do sistema de priorização de requisitos.

Na figura 9 podemos ver a tela inicial do sistema, nela o usuário tem acesso a um menu lateral, onde pode acessar os projetos, requisitos e as priorização. Na barra superior o usuário pode acessar os tutoriais disponíveis no sistema através do botão Tutoriais e o seu perfil ou pode sair do sistema através do menu presente ao clicar no avatar.

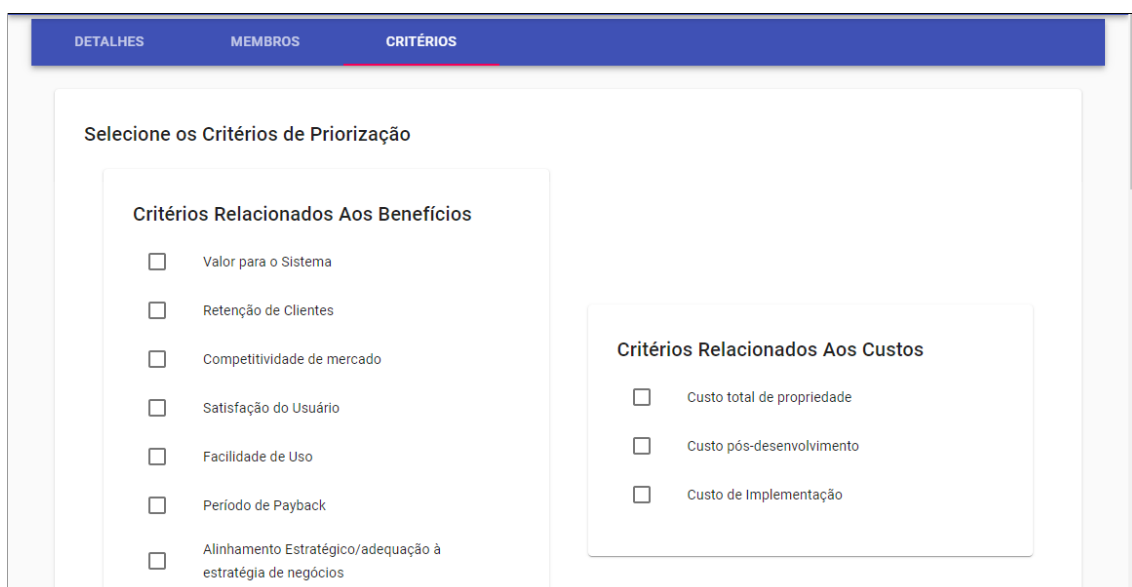
Figura 9 – Tela Inicial do Sistema



Fonte: Autor (2020)

Na figura 10 temos a tela de seleção de critérios. Essa tela pode ser acessada através do menu lateral na opção de projetos, ao selecionar visualizar os detalhes de um projeto, é possível selecionar a seção de critérios conforme a figura abaixo e assim conseguimos visualizar a lista de critérios que foram apresentados neste trabalho. Devido a restrição do cálculo da taxa de consistência, como mencionado na seção AHP, só é possível selecionar 15 critérios de priorização por projeto.

Figura 10 – Tela de Seleção dos Critérios



Fonte: Autor (2020)

Para consultar ou manter os requisitos podemos acessar a opção de requisitos no menu,

como mostrar a figura 11. Nessa tela é possível listar os requisitos de um determinado projeto, visualizar os seus detalhes, editar ou remover um requisito.

Figura 11 – Tela de Manutenção dos Requisitos

Selecione um projeto para visualizar os Requisitos

Selecione o Projeto
Projeto Exemplo

Lista de Requisitos

Q Search

Código de Referência	Título	Estimativa	Actions
RF001	Requisito de Exemplo 1	1	
RF002	Requisito de Exemplo 2	1	
RF003	Requisito de Exemplo 3	1	

Requisito adicionado com Sucesso!

Fonte: Autor (2020)

Já para realizar as priorizações devemos acessar a opção Priorizações no menu lateral, a primeira seção é referente as ponderações dos critérios de priorização, como pode ser visto na figura 12, a segunda seção é referente as ponderações dos requisitos, a terceira e quarta seção são referentes aos resultados das priorizações individual e global respectivamente.

Figura 12 – Tela de Ponderação dos Critérios

CRITÉRIOS REQUISITOS PRIORIZAÇÃO INDIVIDUAL PRIORIZAÇÃO GLOBAL

Ponderação dos Critérios

Selecione o Projeto
Projeto Exemplo

Ponderação dos Critérios	Valor para o Sistema	Custo de Implementação	Dificuldade de Implementação
Valor para o Sistema	1		
Custo de Implementação		1	
Dificuldade de Implementação			1

Fonte: Autor (2020)

Os resultados referentes as priorizações podem ser visualizados em uma tabela, onde a primeira coluna corresponde aos requisitos e a segunda ao valor em porcentagem que o requisito representa no total. Na figura 13 podemos ver um exemplo da visualização dos resultados da seção de priorização individual. Observe que o valor total de todos os requisitos soma 100%, então, para esse caso o Requisito de Exemplo 2 representa 45% do valor total, então ele é o mais importante e deve ser implementado primeiro.

Figura 13 – Tela da Priorização Individual do Usuário



Requisitos	Valor
Requisito de Exemplo 1	32.00%
Requisito de Exemplo 2	45.00%
Requisito de Exemplo 3	23.00%

Fonte: Autor (2020)

4.4 Especificação Técnica da Aplicação

O software para priorização de requisitos foi desenvolvido em duas partes: a primeira é uma Application Programming Interface (API), ou Interface de Programação de Aplicativos (FIELDING; TAYLOR, 2000), desenvolvida utilizando a arquitetura Representational State Transfer (REST), ou Transferência Representacional de Estado (FIELDING; TAYLOR, 2002). Este modelo foi escolhido pois no futuro é pretendido criar uma versão do sistema com uma interface mobile que se comunique com o serviço de priorização.

A outra parte do desenvolvimento é uma Single Page Application (SPA), ou Aplicações de Página Única (SCOTT, 2015), que será baseada em web-components e irá se comunicar e consumir os dados vindos da API. Este modelo foi escolhido pois comumente essas duas tecnologias são empregadas em conjunto, além de que as SPAs trazem uma melhor experiência para o usuário. Já para a armazenagem dos dados será utilizado um Sistema de Gerenciador de Banco de Dados (SGDB).

4.4.1 Banco de Dados

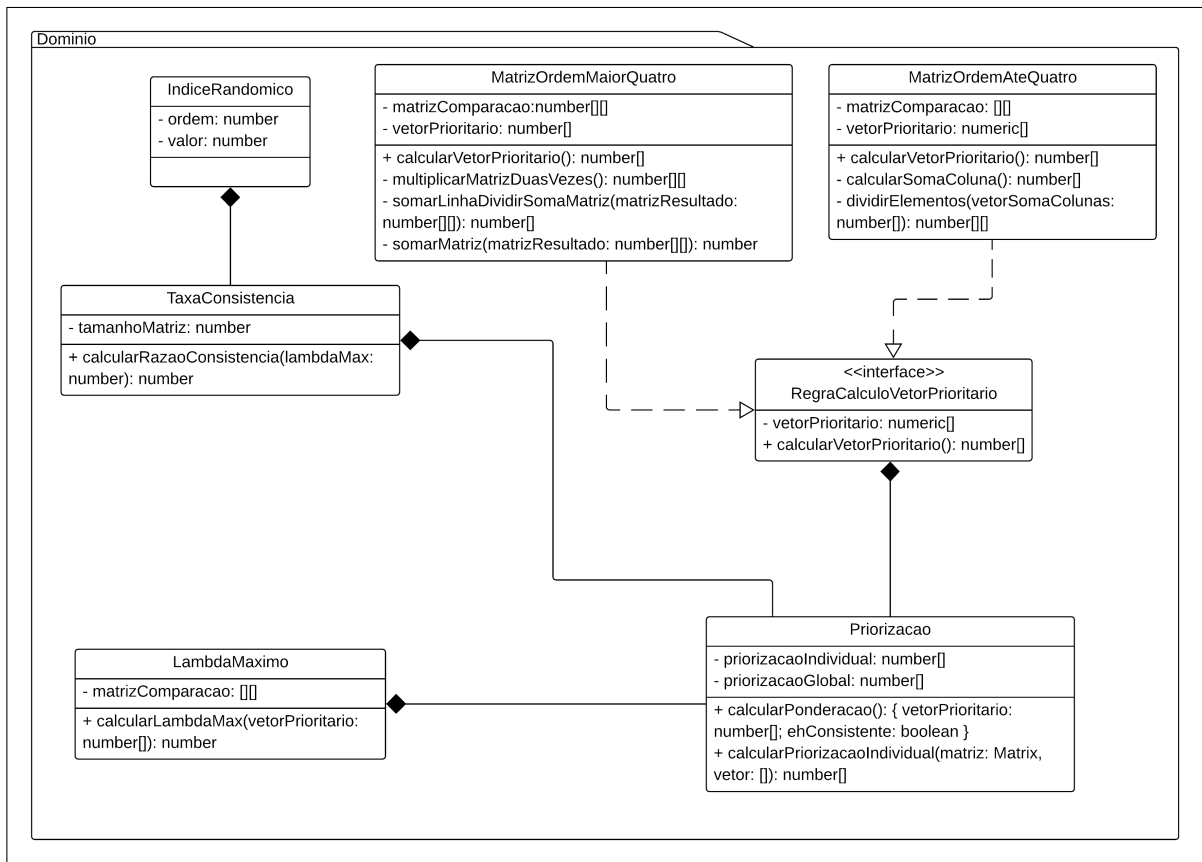
O desenvolvimento do banco de dados foi feito utilizando as seguintes tecnologias: o SGBD PostgreSQL na versão 11.7 para fazer o armazenamento de dados da aplicação. Esse SGBD foi escolhido por ser uma ferramenta gratuita e robusta que atende às demandas desse projeto (GROUP, 2020). Para o mapeamento objeto-relacional foi utilizado o Sequelize na versão 5.21 (ORM, 2020). O Sequelize é um ORM em Node.js baseado em promisses que suporta diversos bancos de dados como o PostgreSQL, MySQL, MariaDB entre outros. O Sequelize foi escolhido por ser um ORM que suportar o banco de dados PostgreSQL e por ter uma documentação abrangente.

4.4.2 API

A API foi desenvolvida em Typescript na versão 3.8 (MICROSOFT, 2020), utilizando Node.js na versão 8.16 (FOUNDATION, 2020b) no server side da aplicação em conjunto com framework Express na versão 4.17 (FOUNDATION, 2020a) para a utilização dos métodos HTTP, o Node.js e o Express foram escolhidos, pois comumente essas tecnologias são utilizadas em conjunto. Já o Typescript foi escolhido por se tratar de uma tecnologia recente e por ser uma linguagem tipada mais flexível e robusta. (MICROSOFT, 2020). O Passport.js é um middleware de segurança que disponibiliza diversas estratégias de implementação de autenticação. Neste projeto para a autenticação das rotas da API foi utilizada a estratégia com JSON Web Token.

Para auxiliar no desenvolvimento das classes do processo de priorização um diagrama de classe foi construído, ele pode ser visto abaixo na figura 14.

Figura 14 – Diagrama de Classes

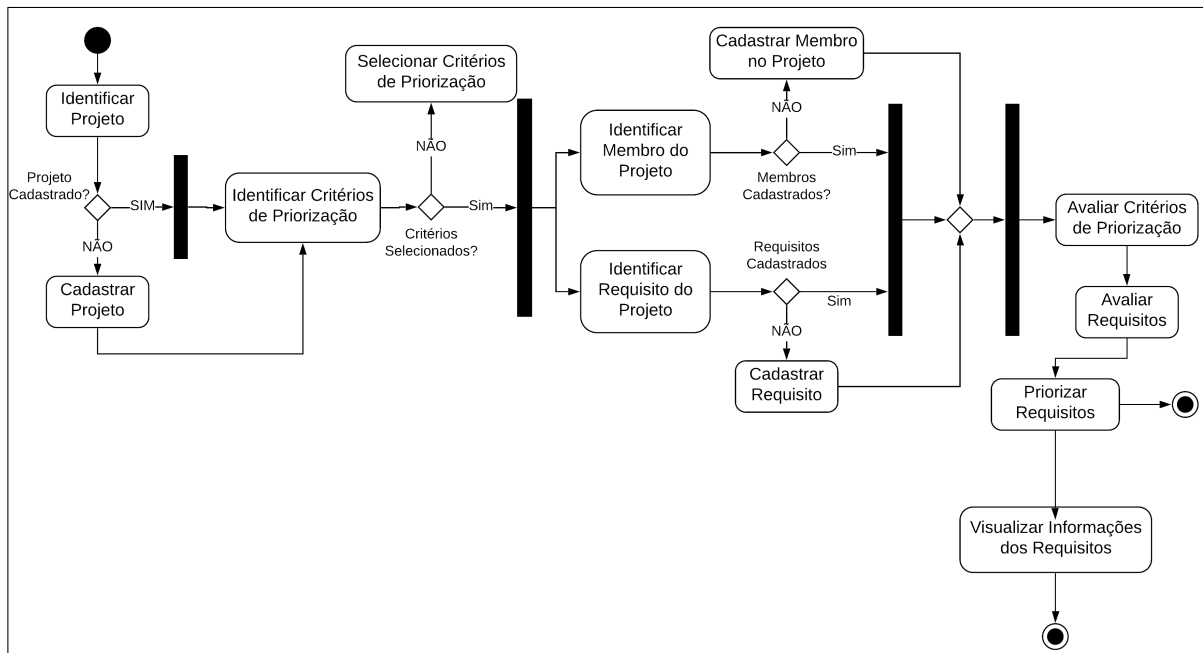


Fonte: Autor (2020)

Para a abstração do processo de priorização foram modeladas seis classes e uma interface, como vemos no diagrama. O diagrama possui uma classe principal Priorização que irá utilizar de outras classes para realizar a priorização de um usuário. Por exemplo, a interface RegraCalculoVetorPrioritario é responsável somente pelo cálculo do vetor prioritário que a depender da situação será implementado pela classe MatrizOrdemAteQuatro ou MatrizOrdemMaiorQuatro, que irão definir como irão implementar o cálculo do vetor prioritário. Já a classe TaxaConsistencia fica responsável somente pela verificação da razão de consistência das ponderações.

Para ilustrar melhor o processo de priorização de requisitos que é realizado pelo sistema, na figura 15 abaixo é exibido um diagrama de atividade.

Figura 15 – Diagrama de Atividade



Fonte: Autor (2020)

4.4.3 SPA

Para o desenvolvimento da SPA foi utilizado o React, uma biblioteca javascript para criar interfaces de usuário baseado em componentes. A versão do React utilizada foi a 16.12 (INC., 2020). Esta biblioteca foi escolhida pois possui uma documentação bem detalhada e explicativa, além de ser uma tecnologia recente. Para o design da aplicação foi utilizado o Material-UI na versão 4.9 (MATERIAL-UI, 2020) que é uma biblioteca de componentes do React desenvolvida para facilitar a estilização de aplicações.

5 Estudo de Caso

Para validar a solução proposta foi realizado um estudo de caso. Este estudo teve como objetivo avaliar os critérios apresentados quanto a sua relevância e conformidade com os contextos de projetos. Além disso espera-se provar que a ferramenta proposta consegue automatizar e facilitar a aplicação da técnica AHP no contexto de priorização de requisitos funcionais.

O experimento foi aplicado ao projeto da fábrica de software da Universidade Católica do Salvador (Ucsal) Snake Robot³, um robô cobra que tem como objetivo auxiliar no resgate de vítimas em estruturas colapsadas, ou na inspeção em locais de difícil acesso, captando, transmitindo dados, coordenadas e sendo controlado remotamente via conexão Wifi (MCGYVERTRONICS, 2020). O projeto possui nove requisitos funcionais que foram elaborados e disponibilizados pela equipe McgyverTronics, segue na tabela 21 os requisitos do projeto e suas descrições.

Tabela 21 – Requisitos Funcionais do Projeto Snake Robot

Código de Referência	Título do Requisito	Descrição
RF001	Movimentar Serpente	Para poder movimentar o robô cobra, os métodos de se locomover para trás, frente, direita ou esquerda através de uma equação senóide.
RF002	Captar distância de objetos	O sistema embarcado deverá detectar a distância entre o robô e os objetos à frente do sensor e enviar o sinal via entrada analógica.

³ Projeto de pesquisa da equipe de robótica e desenvolvimento em IOT McgyverTronics. <https://mcgyvertronics.github.io/web/>

RF003	Capturar Imagens Térmicas	Sensor Câmera térmica deverá capturar imagens térmicas referente a objetos em um raio de 15 cm e enviar via sinal analógico para o embarcado para gerar um Json com as informações do array da imagem e transmitir para a central de monitoramento
RF004	Estabelecer Comunicação	O sistema embarcado deverá se comunicar com a central de controle através de protocolo TCP/IP Wifi usando socket onde o ESP8266 transmite o sinal dos sensores e recebe a decisão para movimentar o robô
RF005	Gerar Imagens	O sistema de controle deverá, através do Json recebido do ESP8266 gerar as imagens térmicas.
RF006	Sistema de Navegação	O robô deverá enviar em cada movimentação suas coordenadas em formato (x,y) para compor a trajetória e dispor no sistema de navegação primário da central de controle.
RF007	Classificar Imagens	As imagens térmicas recebidas deverão ser classificadas através de Machine Learning para identificar se é um organismo vivo ou não.
RF008	Gerar e Treinar Modelo	O sistema necessita de um modelo CNN para ser posteriormente treinado, utilizando um dataset de imagens térmicas advindas do sensor, com uso também de data augmentation.

RF009	Controle Manual	A central de controle deve dispor de um sistema de controle manual, para que o operador consiga movimentar o robô a partir das imagens e distâncias advindas dos sensores.
-------	-----------------	--

Fonte: Autor (2020)

O experimento foi dividido em quatro partes: identificação dos participantes, priorização dos requisitos sem a utilização da ferramenta, priorização dos requisitos utilizando a ferramenta e por fim, a coleta das impressões dos participantes após a realização de ambas as priorizações.

A identificação dos participantes e a coleta das impressões se deram através de questionários que foram disponibilizados através da plataforma Google Forms. Os questionários podem ser encontrados na seção A.2 e A.3 respectivamente do apêndice A. A priorização de requisitos sem a utilização da ferramenta foi feita com uma planilha construída pelos participantes. Para isso, previamente, foi realizada uma explicação detalhada do processo de aplicação do AHP e foram disponibilizadas as fórmulas e cálculos envolvidos no processo. Além disso um modelo de planilha também foi disponibilizado. Finalmente também foi realizada uma explanação sobre os critérios apresentados neste trabalho.

Os participantes do experimento foram dois dos desenvolvedores do projeto Snake Robot, ambos no momento da elaboração deste trabalho e experimento estavam cursando o ensino superior em Bacharelado em Engenharia de Software e estavam no último período do curso. Os participantes informaram que já trabalharam/trabalham na área de análise e desenvolvimento de sistemas. Ambos os participantes possuem pelo menos um ano de experiência na área.

Somente um dos participantes alegou já ter participado de um processo de priorização de requisitos antes desse experimento. O participante havia feito a priorização de requisitos utilizando o Scrum. Os participantes também foram questionados sobre o conhecimento sobre a técnica AHP e somente um dos participantes respondeu positivamente, apesar de não a ter aplicado no contexto de priorização de requisitos.

Antes de realizar a priorização de requisitos utilizando a planilha e a ferramenta proposta, os participantes escolheram dentre os critérios apresentados, quatro critérios de priorização de requisitos que eles julgaram serem adequados para o contexto e realidade do projeto Snake Robot. Os critérios escolhidos foram: Valor do Produto/Sistema, Risco de implementação, Duração do projeto e Impacto no sistema (alterações no sistema existente).

Todas as etapas do experimento foram realizadas de forma remota, através de reu-

niões via Google Meet ou do envio do formulário por e-mail. Foram realizadas reuniões separadas com cada participante, para que as decisões de ambos não os influenciassem. A priorização sem a utilização da ferramenta por parte do primeiro participante foi realizada em aproximadamente 01h:30min. O participante relatou que entendeu todo o processo envolvido na aplicação da técnica AHP, porém houve dificuldades quanto a manipulação dos dados na planilha e quanto a visualização dos mesmos. Em relação a priorização utilizando a ferramenta, ela durou algo entorno de 25min e não houve relatos de dificuldade de utilização por parte do participante.

Já para o segundo participante, a priorização dos requisitos sem utilizar a ferramenta durou em torno de 01h:50min. O participante relatou que houve o entendimento do processo de aplicação do AHP, mas a compreensão dos critérios e da comparação destes com os requisitos do projeto foi um pouco comprometida. As mesmas dificuldades do primeiro participante foram observadas no segundo participante. Acerca da priorização dos requisitos utilizando a ferramenta, ela levou cerca de 20min e não houve relatos de dificuldades ao utilizar a ferramenta.

6 Resultados e Discussão

Após a finalização do experimento as informações foram coletadas e analisadas, para que pudéssemos comprovar que a técnica AHP foi automatizada pela ferramenta. Abaixo é realizado um comparativo entre os resultados obtidos a partir da planilha e da ferramenta, sendo esperado que os resultados dos métodos sejam iguais.

Seguindo o processo que já foi explicitado em seções anteriores, os participantes primeiro realizaram as ponderações dos critérios abaixo. Na tabela 22 podemos ver a ponderação realizada pelos participantes. Vale salientar que todas as ponderações realizadas foram iguais para a planilha e para a ferramenta.

Nas tabelas que serão apresentadas os critérios podem ser identificados pelos seguintes códigos: VS – Valor do Produto/Sistema, RI – Risco de Implementação, DP – Duração do Projeto e IS – Impacto no Sistema (alterações no sistema existente). Os requisitos serão identificados pelos códigos da tabela 21.

Tabela 22 – Ponderação dos critérios dos participantes

1º Participante					2º Participante				
Critérios	VS	RI	DP	IS	Critérios	VS	RI	DP	IS
VS	1	5	3	9	VS	1	4	3	7
RI	1/5	1	3	7	RI	1/4	1	1/7	6
DP	1/3	1/3	1	1/3	DP	1/3	7	1	5
IS	1/9	1/7	3	1	IS	1/7	1/6	1/5	1

Fonte: Autor (2020)

Como podemos ver na tabela, a opinião dos participantes em relação a importância relativa dos critérios escolhidos é divergente, como por exemplo, duração do projeto (DP) e risco de implementação (RI). Enquanto o primeiro participante considerou que o risco de implementação é de importância moderada em relação a duração do projeto, o segundo participante considerou que a duração do projeto possui uma importância muito forte em relação ao risco de implementação. A ferramenta surge justamente para diminuir os conflitos quando esse tipo de divergência ocorre, fazendo o auxílio nas tomadas de decisão por meio da ponderação individual. Dessa forma, os participantes têm liberdade de expressar seus pontos de vista sem influência um do outro, facilitando a tomada de decisão.

Dadas as ponderações foram obtidos os seguintes resultados que serão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 23 – Resultados das ponderações dos participantes

Resultados do 1º participante			Resultados do 2º participante		
Critérios	Vetor Prioritário		Critérios	Vetor Prioritário	
	Planilha	Ferramenta		Planilha	Ferramenta
VS	0,55	55%	VS	0,49	49%
RI	0,24	24%	RI	0,14	14%
DP	0,09	9%	DP	0,32	32%
IS	0,11	11%	IS	0,05	5%

Fonte: Autor (2020)

Como podemos perceber na tabela 23 as ponderações dos participantes foram divergentes, o que demonstra a necessidade de ter a ferramenta para auxiliar nas tomadas de decisão. Com base nesses resultados e nos próximos resultados relacionados aos requisitos, a ferramenta será capaz de avaliar individualmente cada posição e ao final fazer uma média geométrica para encontrar a melhor solução entre as ponderações.

Após as ponderações dos critérios foram realizadas as ponderações dos requisitos em relação aos critérios. Abaixo serão mostradas as ponderações dos participantes para cada critério em relação aos requisitos e seus resultados na planilha e na ferramenta proposta. Começando pelo critério de Valor para o Produto/Sistema.

Tabela 24 – Ponderações dos participantes para o critério de Valor para o Produto/Sistema

Ponderação do 1º Participante para o critério de Valor para o Produto/Sistema									
VS	RF001	RF002	RF003	RF004	RF005	RF006	RF007	RF008	RF009
RF001	1	9	5	9	5	1	7	5	3
RF002	1/9	1	9	7	5	1	5	5	1
RF003	1/5	1/9	1	5	9	1	7	9	1
RF004	1/9	1/7	1/5	1	1	3	3	1	3
RF005	1/5	1/5	1/9	1	1	1	7	5	1
RF006	1	1	1	1/3	1	1	1	1	1
RF007	1/7	1/5	1/7	1/3	1/7	1	1	9	1
RF008	1/5	1/5	1/9	1	1/5	1	1/9	1	1
RF009	1/3	1	1	1/3	1	1	1	1	1
Ponderação do 2º Participante para o critério de Valor para o Produto/Sistema									
VS	RF001	RF002	RF003	RF004	RF005	RF006	RF007	RF008	RF009
RF001	1	5	9	9	1	3	9	6	5
RF002	1/5	1	1	1	1	1	1	1	1
RF003	1/9	1	1	1	1/5	1	9	9	1
RF004	1/9	1	1	1	1	1	1	1	1
RF005	1	1	5	1	1	1	9	9	1
RF006	1/3	1	1	1	1	1	4	1	9
RF007	1/9	1	1/9	1	1/9	1/4	1	9	1
RF008	1/6	1	1/9	1	1/9	1	1/9	1	1
RF009	1/5	1	1	1	1	1/9	1	1	1

Fonte: Autor (2020)

Já na tabela 24, percebemos que os participantes possuem visões diferentes em relação aos requisitos do projeto quanto ao valor que este pode acrescentar ao produto/sistema, como é visto com o requisito captar distância de objetos (RF002). O primeiro participante ponderou que ele é mais importante que outros requisitos em ao menos algum grau, porém o segundo participante ponderou que o requisito de captar distância de objetos é equivalente a todos os outros requisitos, o que mostra que os participantes têm visões diferentes sobre o mesmo requisito, o que poderia ser problemático caso uma ponderação mais subjetiva fosse feita.

Os resultados referentes as priorizações feitas pelos participantes para os requisitos em relação ao critério de Valor para o Produto/Sistema podem ser vistas na tabela abaixo.

Tabela 25 – Resultados dos participantes para o critério de valor para o produto/sistema

Resultados do 1º participante			Resultados do 2º participante		
Requisitos	Vetor Prioritário		Requisitos	Vetor Prioritário	
	Planilha	Ferramenta		Planilha	Ferramenta
RF001	0,34	34%	RF001	0,31	31%
RF002	0,20	20%	RF002	0,06	6%
RF003	0,13	13%	RF003	0,11	11%
RF004	0,06	6%	RF004	0,06	6%
RF005	0,06	6%	RF005	0,18	18%
RF006	0,08	8%	RF006	0,12	12%
RF007	0,04	4%	RF007	0,06	6%
RF008	0,03	3%	RF008	0,04	4%
RF009	0,06	6%	RF009	0,06	6%

Fonte: Autor (2020)

Como foi apontado, podemos ver a diferença entre os valores obtidos para o requisito de captar distância de objetos (RF002) nos resultados dos participantes. Ao observar a comparação dos resultados também conseguimos notar que o requisito de gerar imagens (RF005) também possui divergência, ambos os requisitos provavelmente levariam a algum tipo de impasse nas discussões quanto a ordem de implementação dos requisitos. Apesar de algumas diferenças nas ponderações, neste caso o requisito que tem mais valor para o sistema seria o de movimentar serpente (RF001) para ambos os participantes.

Em relação ao critério de risco de implementação as ponderações dos participantes podem ser vistas abaixo, logo em seguida são apresentados os seus resultados.

Tabela 26 – Ponderações dos participantes para o critério de risco de implementação

Ponderação do 1º Participante para o critério de risco de implementação									
DI	RF001	RF002	RF003	RF004	RF005	RF006	RF007	RF008	RF009
RF001	1	1	9	3	9	1	9	9	1
RF002	1	1	9	3	9	1	9	7	1
RF003	1/9	1/9	1	1	1	1	3	5	1
RF004	1/3	1/3	1	1	3	1	9	9	1
RF005	1/9	1/9	1	1/3	1	1	5	7	1
RF006	1	1	1	1	1	1	7	9	1
RF007	1/9	1/9	1/3	1/9	1/5	1/7	1	7	1
RF008	1/9	1/7	1/5	1/9	1/7	1/9	1/7	1	1
RF009	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ponderação do 2º Participante para o critério de risco de implementação									
DI	RF001	RF002	RF003	RF004	RF005	RF006	RF007	RF008	RF009
RF001	1	3	9	5	9	3	9	9	1
RF002	1/3	1	1	5	5	3	9	9	1/3
RF003	1/9	1	1	1/6	1/3	1/7	1	3	1/9
RF004	1/5	1/5	6	1	7	1/5	6	7	1/3
RF005	1/9	1/5	3	1/7	1	1/5	5	7	1/5
RF006	1/3	1/3	7	5	5	1	8	8	1/5
RF007	1/9	1/9	1	1/6	1/5	1/8	1	6	1/9
RF008	1/9	1/9	1/3	1/7	1/7	1/8	1/6	1	1/9
RF009	1	3	9	3	5	5	9	9	1

Fonte: Autor (2020)

Nas ponderações para os requisitos em relação ao critério de risco de implementação também identificamos uma diferença mais perceptiva nas ponderações dos participantes para os requisitos de Sistema de Navegação (RF006) e Controle Manual (RF009), isso indica que os participantes, apesar de possuírem aproximadamente o mesmo tempo de experiência na área, eles possuem habilidades técnicas distintas, outro indicativo de problemas que podem vir a acontecer no momento das tomadas de decisão referentes a ordem das implementações dos requisitos.

Os resultados atingidos com essas ponderações para a priorização dos participantes para o critério de Risco de Implementação podem ser encontrados abaixo na tabela 27.

Tabela 27 – Resultados da priorização dos participantes para o critério de risco de implementação

Resultados do 1º participante			Resultados do 2º participante		
Requisitos	Vetor Prioritário		Requisitos	Vetor Prioritário	
	Planilha	Ferramenta		Planilha	Ferramenta
RF001	0,24	24%	RF001	0,26	26%
RF002	0,24	24%	RF002	0,16	16%
RF003	0,06	6%	RF003	0,03	3%
RF004	0,11	11%	RF004	0,09	9%
RF005	0,07	7%	RF005	0,04	4%
RF006	0,12	12%	RF006	0,13	13%
RF007	0,04	4%	RF007	0,02	2%
RF008	0,02	2%	RF008	0,01	1%
RF009	0,09	9%	RF009	0,25	25%

Fonte: Autor (2020)

Os resultados demonstram o que foi discutido anteriormente para o requisito de Controle Manual (RF009). Para o segundo participante esse requisito possui um risco de implementação consideravelmente maior do que para o primeiro participante. Já em relação ao requisito Sistema de Navegação (RF006), apesar das ponderações terem sido divergentes os resultados foram bem próximos, isso acontece por conta das comparações par a par para todos os requisitos, fazendo com que outras ponderações influenciem na ponderação em questão, resultando nas verdadeiras intenções dos participantes e reduzindo a subjetividade da priorização.

Já o critério de duração do projeto obteve essas ponderações dos participantes:

Tabela 28 – Ponderações dos participantes para o critério de duração do projeto

Ponderação do 1º Participante para o critério de duração do projeto									
TE	RF001	RF002	RF003	RF004	RF005	RF006	RF007	RF008	RF009
RF001	1	1	7	3	7	1	9	9	1
RF002	1	1	9	5	5	1	7	9	1
RF003	1/7	1/9	1	1	3	1	3	5	1
RF004	1/3	1/5	1	1	5	1	5	7	1
RF005	1/7	1/5	1/3	1/5	1	1	3	3	1
RF006	1	1	1	1	1	1	7	9	1
RF007	1/9	1/7	1/3	1/5	1/3	1/7	1	1	1
RF008	1/9	1/9	1/5	1/7	1/3	1/9	1	1	1
RF009	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ponderação do 2º Participante para o critério de duração do projeto									
TE	RF001	RF002	RF003	RF004	RF005	RF006	RF007	RF008	RF009
RF001	1	1/5	9	5	9	1/5	7	5	1
RF002	5	1	9	5	5	5	9	3	2
RF003	1/9	1/9	1	1/3	1/7	1/3	1/2	1/5	1/7
RF004	1/5	1/5	3	1	1/3	1/3	1/2	1/5	1/5
RF005	1/9	1/5	7	3	1	1/3	1/7	1	1/2
RF006	5	1/5	3	3	3	1	1/6	5	1/2
RF007	1/7	1/9	2	2	7	6	1	2	1/5
RF008	1/5	1/3	5	5	1	1/5	1/2	1	1/3
RF009	1	1/2	7	5	2	2	5	3	1

Fonte: Autor (2020)

Em relação as ponderações dos requisitos com referência ao critério de Duração do Projeto foram detectadas que as ponderações para os requisitos de Estabelecer Comunicação (RF004) e Classificar Imagens (RF007) foram distintas. Essa distinção em relação ao impacto do requisito na duração do projeto pode acarretar problemas a depender do contexto do projeto, por isso essas ponderações e esse critério foram propostos para minimizar questões como essa.

Os resultados para o critério de Duração do Projeto dos participantes serão mostrados na tabela 29.

Tabela 29 – Resultado da priorização dos participantes para o critério de Duração do Projeto

Resultados do 1º participante			Resultados do 2º participante		
Requisitos	Vetor Prioritário		Requisitos	Vetor Prioritário	
	Planilha	Ferramenta		Planilha	Ferramenta
RF001	0,23	23%	RF001	0,17	17%
RF002	0,25	25%	RF002	0,31	31%
RF003	0,08	8%	RF003	0,02	2%
RF004	0,11	11%	RF004	0,03	3%
RF005	0,05	5%	RF005	0,04	4%
RF006	0,13	13%	RF006	0,13	13%
RF007	0,03	3%	RF007	0,12	12%
RF008	0,03	3%	RF008	0,05	5%
RF009	0,10	10%	RF009	0,15	15%

Fonte: Autor (2020)

O que foi apontado acima é mostrado no resultado da tabela 29, mostrando os diferentes pontos de vista dos participantes, assim como as similaridades, como é o caso do requisito Captar distância de objetos (RF002) indicando que este é o requisito que irá impactar significativamente no tempo de entrega do requisito ou do projeto.

Por último serão apresentadas as ponderações dos requisitos dos participantes em relação ao critério de Impacto no Sistema.

Tabela 30 – Ponderações dos participantes para o critério de Impacto no Sistema

Ponderação do 1º Participante para o critério de Impacto no Sistema									
PT	RF001	RF002	RF003	RF004	RF005	RF006	RF007	RF008	RF009
RF001	1	1	1	3	3	1	1	1	1
RF002	1	1	3	3	1	1	3	5	1
RF003	1	1/3	1	1	3	1	3	5	1
RF004	1/3	1/3	1	1	5	1	5	7	1
RF005	1/3	1	1/3	1/5	1	1	3	5	1
RF006	1	1	1	1	1	1	5	7	1
RF007	1	1/3	1/3	1/5	1/3	1/5	1	3	1
RF008	1	1/5	1/5	1/7	1/5	1/7	1/3	1	1
RF009	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ponderação do 2º Participante para o critério de Impacto no Sistema									
PT	RF001	RF002	RF003	RF004	RF005	RF006	RF007	RF008	RF009
RF001	1	1/7	7	7	1/5	1/3	1/2	1/3	1/5
RF002	7	1	1/9	7	3	2	5	5	1/2
RF003	1/7	9	1	7	1/7	1/7	1/3	3	1/2
RF004	1/7	1/7	1/7	1	1/7	1/7	1/5	1/3	1/9
RF005	5	1/3	7	7	1	2	3	3	1/2
RF006	3	1/2	7	7	1/2	1	1/3	1/3	1/5
RF007	2	1/5	3	5	1/3	3	1	1	1/2
RF008	3	1/5	1/3	3	1/3	3	1	1	1/3
RF009	5	2	2	9	2	5	2	3	1

Fonte: Autor (2020)

Quanto ao impacto na arquitetura ou na infraestrutura do sistema, as ponderações foram bem equiparadas. Somente o requisito de Estabelecer Comunicação (RF004) que houve uma diferença significativa, onde o primeiro participante considerou que o RF004 tem um impacto no sistema maior que os outros requisitos em pelo menos algum grau, porém o segundo participante considerou que o requisito é equivalente aos outros, o que pode levar a impasses durante a construção e planejamento da arquitetura do sistema. A técnica AHP e a ferramenta auxiliam nessa situação.

Abaixo veremos os resultados para essas ponderações em relação ao critério de Impacto no Sistema.

Tabela 31 – Resultada da priorização dos participantes para o critério de Impacto no Sistema

Resultados do 1º participante			Resultados do 2º participante		
Requisitos	Vetor Prioritário		Requisitos	Vetor Prioritário	
	Planilha	Ferramenta		Planilha	Ferramenta
RF001	0,14	14%	RF001	0,09	9%
RF002	0,17	17%	RF002	0,16	16%
RF003	0,12	12%	RF003	0,13	13%
RF004	0,15	15%	RF004	0,01	1%
RF005	0,09	9%	RF005	0,17	17%
RF006	0,14	14%	RF006	0,11	11%
RF007	0,06	6%	RF007	0,09	9%
RF008	0,04	4%	RF008	0,07	7%
RF009	0,09	9%	RF009	0,17	17%

Fonte: Autor (2020)

Como podemos observar na tabela 31 para cada participantes tivemos requisitos diferentes que irão impactar na arquitetura do sistema, isso reforça o argumento que foi dado acima de que essas diferenças existem durante o processo de tomada de decisão e podem acarretar em obstáculos durante um processo de priorização de requisitos que não fizeram uso da técnica em questão ou da ferramenta proposta.

Após uma visão mais detalhada das posições dos participantes em relação aos critérios e aos requisitos, serão apresentados os resultados individuais da priorização dos requisitos funcionais do projeto e o resultado da média geométrica desses resultados individuais culminando na lista de requisitos priorizados.

Tabela 32 – Resultado da priorização individual de cada participante e média geométrica dos resultados

Resultados individuais do 1º participante			Resultados individuais do 2º participante			Média Geométrica do Resultado	
Requisitos	Vetor Prioritário		Requisitos	Vetor Prioritário		Planilha	Ferramenta
	Planilha	Ferramenta		Planilha	Ferramenta		
RF001	0,29	29%	RF001	0,25	25%	0,27	27%
RF002	0,21	21%	RF002	0,16	16%	0,18	18%
RF003	0,11	11%	RF003	0,07	7%	0,09	9%
RF004	0,09	9%	RF004	0,05	5%	0,07	7%
RF005	0,07	7%	RF005	0,12	12%	0,09	9%
RF006	0,10	10%	RF006	0,12	12%	0,11	11%
RF007	0,04	4%	RF007	0,07	7%	0,05	5%
RF008	0,03	3%	RF008	0,04	4%	0,03	3%
RF009	0,07	7%	RF009	0,12	12%	0,09	9%

Fonte: Autor (2020)

Como último passo do processo de priorização de requisitos apresentado temos a lista de requisitos priorizados na tabela 32, onde podemos notar que o requisito que deverá ser implementado primeiro é o requisito de Movimentar Serpente (RF001) com 27% da

importância entre os requisitos. Ao questionar os participantes em relação ao resultado apresentado pela técnica AHP, foi relatado que os resultados foram satisfatórios. Tendo em vista que os resultados apresentados foram iguais tanto para a planilha quanto para a ferramenta, pode ser constatado que o objetivo deste trabalho foi atingido mostrando que a técnica AHP foi automatizada a partir da ferramenta de priorização de requisitos apresentada.

Quanto a comprovação de que a ferramenta facilita ou não a aplicação da técnica AHP foram colhidos relatos dos participantes através do questionário de impressões que foi aplicado após as priorizações. Os participantes constataram que a ferramenta de fato facilita a aplicação do processo, pois na perspectiva deles o tempo para realizar a priorização na ferramenta foi consideravelmente menor, pois não houve necessidade de construção das estruturas e das fórmulas, também foi destacada a praticidade em adicionar ou alterar os dados, além da visualização dos mesmos ser mais intuitiva e organizada, já a que a ferramenta possui seções para a apresentação dos dados como pode ser visto na figura 16.

Figura 16 – Seções das Apresentação dos Dados



Requisitos	Valor
Movimentar Serpente	34.00%
Sistema de Navegação	8.00%

Fonte: Autor (2020)

Por último ao questionar os participantes em relação a relevância dos critérios, foram obtidas respostas positivas, onde eles concordaram em relação aos critérios serem satisfatórios e suficientes dentro do contexto do Snake Robot. Nenhum dos participantes considerou adicionar outros critérios a lista, segundos eles, ponderar os requisitos com base nos critérios que foram apresentados facilitou a tomada de decisão.

Com base no que foi apresentado e relatado pelos participantes concluiu-se que a ferramenta de priorização de requisitos proposta atingiu seus objetivos em automatizar a técnica de priorização de requisitos e de facilitar a aplicação da mesma. Também pode-se dizer que os critérios foram satisfatórios e suficientes no contexto do projeto Snake Robot.

Um ponto importante a ser considerado é que há um aprendizado entre a primeira parte do experimento e a segunda parte do experimento, o que também pode influenciar na diminuição do tempo de aplicação da técnica.

7 Conclusão

A priorização de requisitos é uma maneira de estabelecermos a ordem de implementação dos requisitos de software. Realizar essa tarefa é de suma importância pois através dela conseguimos compreender a importância dos requisitos e seus custos, definindo assim uma ordem de implementação dos mesmos. Para isso, contamos com diversas técnicas de priorização que são definidas na literatura. Ao obter uma priorização adequada conseguimos alterar o cronograma de um projeto sem muitos impactos, melhorar a satisfação do cliente ou até diminuir o risco de cancelamento de um projeto.

Neste estudo, apresentamos uma nova ferramenta de priorização de requisitos funcionais multicritério baseada na técnica AHP, com o objetivo de automatizar e facilitar a aplicação da técnica de priorização em questão. Para realizar a sua construção primeiramente levantamos os requisitos do sistema, elaboramos a documentação, por fim implementamos a ferramenta e aplicamos um estudo de caso em um projeto da fábrica de software da Ucsal para validação.

Os resultados obtidos no estudo de caso se mostraram consistentes e iguais aos da planilha alternativa, que também foi aplicada no estudo de caso, mostrando que a ferramenta alcançou o primeiro objetivo proposto. Analisando o processo de priorização realizado pelos participantes chegamos à conclusão de que o processo de priorização utilizado pela técnica AHP foi facilitado pela ferramenta, por favorecer a manipulação dos dados e a disposição dos mesmos em seções, o que promove uma melhor visualização das informações no geral, mostrando que a ferramenta atingiu o seu segundo objetivo.

Quanto aos critérios de priorização que foram selecionados juntamente com as três especialistas e com o auxílio da literatura, eles se mostram adequados e suficientes para o contexto do projeto em que foi aplicado ao estudo de caso, dado que os critérios que foram apresentados são de diferentes grupos e atuam nas mais diversas áreas dentro dos cenários dos projetos de software.

Por fim, as realizações alcançadas nos permitiram criar um novo sistema web que poderá auxiliar tomadores de decisão na priorização dos requisitos funcionais de seus projetos, utilizando uma técnica confiável e menos subjetiva que as demais, com o advento da simplificação do processo e com o apoio de critérios de priorização de requisitos que podem ser utilizados nos mais variados contextos.

7.1 Trabalhos Futuros

Em trabalhos futuros, planeja-se aprimorar a ferramenta incluindo novas funcionalidades, como o gerenciamento de requisitos, a fim de torná-la uma ferramenta completa e

comercial, também pretendemos criar uma versão mobile da ferramenta, além de realizar experimentações e estudos de casos em mais projetos de software com populações maiores e em diferentes contextos, acrescentando novas métricas para a avaliação da ferramenta e dos critérios de priorização, a fim validar de forma mais abrangente a solução proposta.

Referências Bibliográficas

- AASEM, M.; RAMZAN, M.; JAFFAR, A. Analysis and optimization of software requirements prioritization techniques. In: IEEE. *2010 International Conference on Information and Emerging Technologies*. [S.l.], 2010. p. 1–6. 30, 64
- ACHIMUGU, P.; SELAMAT, A.; IBRAHIM, R. Reprotizer: A fully implemented software requirements prioritization tool. In: *Transactions on Computational Collective Intelligence XXII*. [S.l.]: Springer, 2016. p. 80–105. 29
- AL-TA'ANI, R. H.; RAZALI, R. Prioritizing requirements in agile development: a conceptual framework. *Procedia Technology*, Elsevier, v. 11, p. 733–739, 2013. 12, 77, 78
- ALWIS, D.; HLUPIC, V.; FITZGERALD, G. Intellectual capital factors that impact of value creation. In: IEEE. *Proceedings of the 25th International Conference on Information Technology Interfaces, 2003. ITI 2003*. [S.l.], 2003. p. 411–416. 31
- ASGHAR, A. R. et al. The impact of analytical assessment of requirements prioritization models: an empirical study. Bahria University Islamabad Campus, 2017. 17
- AZAR, J.; SMITH, R. K.; CORDES, D. Value-oriented requirements prioritization in a small development organization. *IEEE software*, IEEE, v. 24, n. 1, p. 32–37, 2007. 12, 74, 75, 76
- BABAR, M. I.; RAMZAN, M.; GHAYYUR, S. A. Challenges and future trends in software requirements prioritization. In: IEEE. *International conference on computer networks and information technology*. [S.l.], 2011. p. 319–324. 18
- BARBOSA, L. C. d. S. Ferramenta web para priorização de requisitos funcionais com foco nas necessidades dos usuários. 2013. 28, 29
- BARNEY, S.; AURUM, A.; WOHLIN, C. Quest for a silver bullet: creating software product value through requirements selection. In: IEEE. *32nd EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications (EUROMICRO'06)*. [S.l.], 2006. p. 274–281. 47
- BARNEY, S.; AURUM, A.; WOHLIN, C. A product management challenge: Creating software product value through requirements selection. *Journal of Systems Architecture*, Elsevier, v. 54, n. 6, p. 576–593, 2008. 12, 47, 50
- CORDEIRO, A. G.; FREITAS, A. L. P. Priorização de requisitos e avaliação da qualidade de software segundo a percepção dos usuários. *Ciência da Informação*, v. 40, n. 2, 2011. 28, 112
- FAULK, S.; HARMON, R.; RAFFO, D. Value-base software engineering: A value-driven approach to product-line engineering. In: *1st International Conference on Software Product-Line Engineering, Colorado*. [S.l.: s.n.], 2000. p. 15–17. 31
- FIELDING, R. T.; TAYLOR, R. N. *Architectural styles and the design of network-based software architectures*. [S.l.]: University of California, Irvine Irvine, 2000. v. 7. 87

- FIELDING, R. T.; TAYLOR, R. N. Principled design of the modern web architecture. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, ACM New York, NY, USA, v. 2, n. 2, p. 115–150, 2002. 87
- FIRESMITH, D. Prioritizing requirements. *Journal of Object Technology*, Citeseer, v. 3, n. 8, p. 35–48, 2004. 17, 18, 20, 30, 41, 43
- FOUNDATION, O. *Framework de Aplicativo da Web Node.js*. 2020. Acessado em: 2020-03-08. Disponível em: <<https://expressjs.com/pt-br/>>. 88
- FOUNDATION, O. *Node.js*. 2020. Acessado em: 2020-03-08. Disponível em: <<https://nodejs.org/pt-br/about/>>. 88
- GILB, K. Evolutionary project management & product development. *Self-published online*, v. 25, 2007. 67
- GROUP, T. P. G. D. *The World's Most Advanced Open Source Relational Database*. 2020. Acessado em: 2020-03-08. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/>>. 88
- HERRMANN, A.; DANEVA, M. Requirements prioritization based on benefit and cost prediction: an agenda for future research. In: IEEE. *2008 16th IEEE International Requirements Engineering Conference*. [S.l.], 2008. p. 125–134. 12, 80, 81
- HUDAIB, A. et al. Requirements prioritization techniques comparison. *Modern Applied Science*, v. 12, n. 2, p. 62, 2018. 20
- INC., F. *React – Uma biblioteca JavaScript para criar interfaces de usuário*. 2020. Acessado em: 2020-03-08. Disponível em: <<https://pt-br.reactjs.org/>>. 90
- KARLSSON, J.; RYAN, K. A cost-value approach for prioritizing requirements. *IEEE software*, IEEE, v. 14, n. 5, p. 67–74, 1997. 24, 25, 26, 64, 65, 66
- KHAN, J. A. et al. Comparison of requirement prioritization techniques to find best prioritization technique. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, Modern Education and Computer Science Press, v. 7, n. 11, p. 53, 2015. 17
- KUKREJA, N.; BOEHM, B. Integrating collaborative requirements negotiation and prioritization processes: a match made in heaven. In: *Proceedings of the 2013 International Conference on Software and System Process*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 141–145. 12, 71
- LEHTOLA, L. Providing value by prioritizing requirements throughout software product development. *Licentiate thesis, Helsinki University of Technology*, 2006. 30
- MARJAIE, S. A.; KULKARNI, V. Recognition of hidden factors in requirements prioritization using factor analysis. In: IEEE. *2010 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering*. [S.l.], 2010. p. 1–5. 41, 64, 67
- MATERIAL-UI. *UI: Um framework popular de React UI*. 2020. Acessado em: 2020-03-08. Disponível em: <<https://material-ui.com/pt/>>. 90
- MCGYVERTRONICS. *SNAKE ROBOT*. 2020. Acessado em: 2020-05-29. Disponível em: <<https://mcgyvertronics.github.io/web/snakerobot>>. 91

MICROSOFT. *Get TypeScript*. 2020. Acessado em: 2020-03-08. Disponível em: <<https://www.typescriptlang.org/>>. 88

ORM, S. *Sequelize*. 2020. Acessado em: 2020-03-08. Disponível em: <<https://sequelize.org/>>. 88

RIEGEL, N.; DOERR, J. A systematic literature review of requirements prioritization criteria. In: SPRINGER. *International Working Conference on Requirements Engineering: Foundation for Software Quality*. [S.l.], 2015. p. 300–317. 32, 35, 39, 40, 41

SAATY, T. L. What is the analytic hierarchy process? In: *Mathematical models for decision support*. [S.l.]: Springer, 1988. p. 109–121. 22, 23, 24, 27

SAATY, T. L. Analytic heirarchy process. *Wiley statsRef: Statistics reference online*, Wiley Online Library, 2014. 23, 24

SCOTT, E. *SPA design and architecture: understanding single page web applications*. [S.l.]: Manning Publications Co., 2015. 87

SILVA, L. A. dos S.; REIS, B. Priorização de requisitos ágeis com pdm. *Interfaces Científicas-Exatas e Tecnológicas*, v. 3, n. 2, p. 17–24, 2018. 12, 72, 73

SVAHNBERG, M. et al. A systematic review on strategic release planning models. *Information and software technology*, Elsevier, v. 52, n. 3, p. 237–248, 2010. 12, 53, 54, 55

WIEGERS, K. First things first: prioritizing requirements. *Software Development*, v. 7, n. 9, p. 48–53, 1999. 12, 20, 67, 68

WOHLIN, C.; AURUM, A. What is important when deciding to include a software requirement in a project or release? In: IEEE. *2005 International Symposium on Empirical Software Engineering, 2005a*. [S.l.], 2005a. p. 10–pp. 12, 30, 47, 50

WOHLIN, C.; AURUM, A. Criteria for selecting software requirements to create product value: An industrial empirical study. In: *Value-based software engineering*. [S.l.]: Springer, 2006. p. 179–200. 12, 31, 47, 50

WOHLIN, C. et al. *Engineering and managing software requirements*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2005b. 58

A Apêndice

A.1 Exemplo da aplicação da abordagem proposta

Exemplo fictício da aplicação da abordagem proposta, a contextualização e os requisitos presentes neste exemplo foram retirados do trabalho de Cordeiro e Freitas (2011).

O método AHP será utilizado para a priorização de requisitos em um projeto de desenvolvimento de software de uma Fundação situada no município de Campos dos Goytacazes, localizado no Estado do Rio de Janeiro. Esta Fundação é mantenedora de algumas unidades de saúde vinculadas ao Sistema Único de Saúde (SUS). O objetivo do referido projeto é desenvolver um software que apoie as atividades relativas à gestão de Recursos Humanos (RH) da referida Fundação (CORDEIRO; FREITAS, 2011).

O projeto está separado em módulos e seus requisitos podem ser vistos na tabela 33. A aplicação do AHP se dará apenas no módulo A do projeto que é constituído de 5 grupos de requisitos que serão avaliados pelos seguintes critérios: Risco, Valor e Esforço (CORDEIRO; FREITAS, 2011).

Tabela 33 – Requisitos Agrupados

Divisão dos Requisitos
Grupo 1 Controle de Frequência dos Funcionários
Requisito 1.1 Registro de frequência Requisito 1.2 Registro de informações de escalas e horários de trabalho Requisito 1.3 Emissão de relatório de frequência
Grupo 2 Manutenção dos dados pessoais
Requisito 2.1 Controle das informações pessoais dos funcionários. Requisito 2.2 Registro de deficiências apresentadas pelos funcionários
Grupo 3 Manutenção dos dados funcionais
Requisito 3.1 Emissão de crachás Requisito 3.2 Manutenção de informações relativas à convocação Requisito 3.3 Controle de Alocação de funcionários em unidade e setores

Fonte: Cordeiro e Freitas (2011)

1ª Etapa: Nesta etapa devemos fazer a ponderação dos critérios escolhidos de acordo com a escala fundamental desenvolvida por Saaty. A ponderação feita na matriz abaixo descreve que o critério de risco tem uma importância moderada em relação ao valor e uma importância essencial ou forte em relação ao esforço. Já o valor tem uma importância moderada em relação ao esforço.

Tabela 34 – Matriz de comparação em pares dos critérios

Critérios	Risco	Valor	Esforço
Risco	1	3	5
Valor	1/3	1	3
Esforço	1/5	1/3	1

Fonte: Autor (2020)

2ª Etapa: Nesta etapa é feita a soma das 3 colunas na matriz de comparação. Em seguida, divide cada elemento na matriz pela soma da coluna da qual o elemento é membro. Em seguida, normaliza a soma das linhas (divide cada soma de linhas com o número de critérios), como mostrado na tabela 35. O resultado da normalização é o vetor prioritário dos critérios. Neste caso temos que o critério de risco tem 63% da importância dos critérios.

OBS: Como esta é uma matriz 3x3 podemos usar o método simplificado de Saaty.

Tabela 35 – Cálculo do vetor prioritário dos critérios

Soma	1,53	4,33	9,00	
Critérios	Risco	Valor	Esforço	Vetor Prioritário
Risco	0,65	0,69	0,56	63%
Valor	0,22	0,23	0,33	26%
Esforço	0,13	0,08	0,11	11%

Fonte: Autor (2020)

3ª Etapa: Para verificar a coerência da ponderação dos critérios, primeiro iremos calcular o λ_{max} fazendo a multiplicação da matriz de comparação dos critérios pelo vetor prioritário dos critérios, assim como na tabela abaixo.

Tabela 36 – Multiplicação da matriz de comparação pelo vetor prioritário

Critérios	Risco	Valor	Esforço		Vetor Prioritário		Resultado
Risco	1	3	5	X	0,63	=	1,95
Valor	1/3	1	3		0,26		0,79
Esforço	1/5	1/3	1		0,11		0,32

Fonte: Autor (2020)

Em seguida iremos dividir o primeiro elemento do vetor resultante pelo primeiro elemento no vetor prioritário, o segundo elemento do vetor resultante pelo segundo elemento no vetor prioritário e assim por diante. (Tabela 42)

Tabela 37 – Divisão dos elementos do vetor resultante pelos elementos do vetor prioritário

$$\begin{array}{|c|} \hline 1,95 / 0,63 \\ 0,79 / 0,26 \\ 0,32 / 0,11 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline 3,07 \\ 3,03 \\ 3,01 \\ \hline \end{array}$$

Fonte: Autor (2020)

Calculando o λ_{max} :

$$\lambda_{max} = \frac{3,07 + 3,03 + 3,01}{3} = 3,04 \quad (\text{A.1})$$

Calculando o índice de consistência:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3,04 - 3}{3 - 1} = 0,02 \quad (\text{A.2})$$

Assim, a taxa de consistência para o exemplo é:

$$RC = \frac{0,02}{0,58} = 0,03 \quad (\text{A.3})$$

Confirmando a consistência das ponderações.

4ª Etapa: Nesta etapa devemos montar uma matriz de comparação para cada critério. Nas tabelas abaixo são encontradas as matrizes de comparação dos critérios de risco, valor e esforço.

Tabela 38 – Matriz de comparação por pares do critério de risco

Risco	Req. 1.1	Req. 1.2	Req. 1.3	Req. 2.1	Req. 2.2	Req. 3.1	Req. 3.2	Req. 3.3
Req. 1.1	1	2	3	1/3	1/3	2	1/5	1/5
Req. 1.2	1/2	1	3	1/3	1/3	2	1/5	1/5
Req. 1.3	1/3	1/3	1	1/5	1/5	1	1/7	1/7
Req. 2.1	3	3	5	1	2	7	2	3
Req. 2.2	3	3	5	1/2	1	5	1/2	1/2
Req. 3.1	1/2	1/2	1	1/7	1/5	1	1/7	1/7
Req. 3.2	5	5	7	1/2	2	7	1	1
Req. 3.3	5	5	7	1/3	2	7	1	1

Fonte: Autor (2020)

Tabela 39 – Matriz de comparação por pares do critério de valor

Valor	Req. 1.1	Req. 1.2	Req. 1.3	Req. 2.1	Req. 2.2	Req. 3.1	Req. 3.2	Req. 3.3
Req. 1.1	1	1	1/3	2	2	1/3	1/5	1/5
Req. 1.2	1	1	1/3	2	3	2	1/5	1/5
Req. 1.3	3	1/3	1	1/2	1/3	3	1/3	1/3
Req. 2.1	1/2	1/2	2	1	1/3	3	1/3	1/3
Req. 2.2	1/2	1/3	3	3	1	3	2	2
Req. 3.1	3	1/2	1/3	1/3	1/3	1	1/7	1/7
Req. 3.2	5	5	3	3	1/2	7	1	1
Req. 3.3	5	5	3	3	1/2	7	1	1

Fonte: Autor (2020)

Tabela 40 – Matriz de comparação por pares do critério de esforço

Esforço	Req. 1.1	Req. 1.2	Req. 1.3	Req. 2.1	Req. 2.2	Req. 3.1	Req. 3.2	Req. 3.3
Req. 1.1	1	3	5	5	3	7	3	1
Req. 1.2	1/3	1	2	3	1/3	7	1/2	1
Req. 1.3	1/5	1/2	1	5	7	3	1/7	1/7
Req. 2.1	1/5	1/3	1/5	1	1/3	7	1/3	1/2
Req. 2.2	1/3	3	1/7	3	1	9	1	2
Req. 3.1	1/7	1/7	1/3	1/7	1/9	1	1/9	1/7
Req. 3.2	1/3	2	7	3	1	9	1	3
Req. 3.3	1/3	1	7	2	1/2	7	1/3	1

Fonte: Autor (2020)

5ª Etapa: Agora devemos calcular os vetores prioritário de cada matriz de comparação. Observando que essas matrizes são 8x8 devemos calcular o vetor prioritário com a multiplicação da matriz por ela mesma. Seguido do cálculo do vetor prioritário, onde cada elemento do vetor é resultado da soma da respectiva linha pela soma dos elementos da matriz.

Será ilustrado somente o cálculo da matriz de comparação de risco. Abaixo estão os cálculos com os resultados das multiplicações.

Resultado da primeira multiplicação da matriz de comparação de risco

$$A = \begin{bmatrix} 1,00 & 2,00 & 3,00 & 0,33 & 0,033 & 2,00 & 0,20 & 0,20 \\ 0,50 & 1,00 & 3,00 & 0,33 & 0,33 & 2,00 & 0,20 & 0,20 \\ 0,33 & 0,33 & 1,00 & 0,20 & 0,20 & 1,00 & 0,14 & 0,14 \\ 3,00 & 3,00 & 5,00 & 1,00 & 2,00 & 7,00 & 2,00 & 3,00 \\ 3,00 & 3,00 & 5,00 & 0,50 & 1,00 & 5,00 & 0,50 & 0,50 \\ 0,50 & 0,50 & 1,00 & 0,14 & 0,20 & 1,00 & 0,14 & 0,14 \\ 5,00 & 5,00 & 7,00 & 0,50 & 2,00 & 7,00 & 1,00 & 1,00 \\ 5,00 & 5,00 & 7,00 & 0,33 & 2,00 & 7,00 & 1,00 & 1,00 \end{bmatrix} \quad (\text{A.4})$$

$$A \times A = \begin{bmatrix} 8,00 & 10,00 & 20,13 & 2,55 & 3,80 & 17,80 & 2,55 & 2,88 \\ 7,00 & 8,00 & 15,63 & 2,05 & 3,30 & 14,80 & 2,25 & 2,58 \\ 3,96 & 4,46 & 8,00 & 0,98 & 1,79 & 7,73 & 1,20 & 1,40 \\ 43,67 & 48,17 & 80,00 & 8,00 & 18,40 & 76,00 & 10,91 & 11,91 \\ 18,17 & 22,67 & 42,50 & 5,13 & 8,00 & 37,50 & 5,13 & 5,63 \\ 4,04 & 4,79 & 8,71 & 1,04 & 1,79 & 8,00 & 1,16 & 1,30 \\ 30,83 & 38,33 & 70,50 & 8,07 & 13,13 & 61,50 & 8,00 & 8,50 \\ 30,33 & 37,83 & 69,67 & 7,90 & 12,80 & 60,33 & 7,67 & 8, \end{bmatrix} \quad (\text{A.5})$$

Multiplicação do resultado da primeira multiplicação por ele mesmo

$$B = \begin{bmatrix} 8,00 & 10,00 & 20,13 & 2,55 & 3,80 & 17,80 & 2,55 & 2,88 \\ 7,00 & 8,00 & 15,63 & 2,05 & 3,30 & 14,80 & 2,25 & 2,58 \\ 3,96 & 4,46 & 8,00 & 0,98 & 1,79 & 7,73 & 1,20 & 1,40 \\ 43,67 & 48,17 & 80,00 & 8,00 & 18,40 & 76,00 & 10,91 & 11,91 \\ 18,17 & 22,67 & 42,50 & 5,13 & 8,00 & 37,50 & 5,13 & 5,63 \\ 4,04 & 4,79 & 8,71 & 1,04 & 1,79 & 8,00 & 1,16 & 1,30 \\ 30,83 & 38,33 & 70,50 & 8,07 & 13,13 & 61,50 & 8,00 & 8,50 \\ 30,33 & 37,83 & 69,67 & 7,90 & 12,80 & 60,33 & 7,67 & 8,00 \end{bmatrix} \quad (\text{A.6})$$

$$B \times B = \begin{bmatrix} 632,11 & 750,83 & 1379,58 & 162,46 & 279,08 & 1255,47 & 177,52 & 196,78 \\ 530,90 & 632,11 & 1162,74 & 136,91 & 234,26 & 1055,97 & 148,87 & 164,79 \\ 281,19 & 335,44 & 618,67 & 73,06 & 124,24 & 561,19 & 79,06 & 87,52 \\ 2692,05 & 3214,57 & 5955,93 & 708,51 & 1194,70 & 5404,86 & 764,17 & 848,26 \\ 1322,15 & 1570,29 & 2891,06 & 341,57 & 585,02 & 2632,45 & 373,03 & 414,07 \\ 285,68 & 340,06 & 626,96 & 74,12 & 126,38 & 569,85 & 80,55 & 89,33 \\ 2138,14 & 2538,66 & 4679,65 & 554,20 & 947,59 & 4263,77 & 605,37 & 672,78 \\ 2083,84 & 2473,08 & 4559,10 & 540,18 & 923,95 & 4155,86 & 590,59 & 656,67 \end{bmatrix} \quad (\text{A.7})$$

Cálculo do 1^a elemento do vetor prioritário do critério de risco:

$$\frac{632,11 + 750,83 + 1379,58 + 162,46 + 279,08 + 1255,47 + 177,52 + 196,78}{76549,83} = 0,06 \quad (\text{A.8})$$

Na tabela abaixo temos os resultados de todos os elementos do vetor prioritário do critério de risco.

Tabela 41 – Vetor prioritário da matriz de comparação por pares do critério de risco

Vetor Prioritário
0,06
0,05
0,03
0,27
0,13
0,03
0,21
0,21

Fonte: Autor (2020)

Em seguida devemos dividir o primeiro elemento do vetor resultante pelo primeiro elemento no vetor prioritário, o segundo elemento do vetor resultante pelo segundo elemento no vetor prioritário e assim por diante. (Tabela 42)

Tabela 42 – Divisão dos elementos do vetor resultante pelos elementos do vetor prioritário

0,06 / 0,53	=	8,40
0,05 / 0,45		8,39
0,03 / 0,24		8,39
0,27 / 2,28		8,40
0,13 / 1,11		8,41
0,03 / 0,24		8,40
0,21 / 1,80		8,42
0,21 / 1,76		8,42

Fonte: Autor (2020)

Calculando o λ_{max} :

$$\lambda_{max} = \frac{8,40 + 8,39 + 8,39 + 8,40 + 8,41 + 8,40 + 8,42 + 8,42}{8} = 8,40 \quad (A.9)$$

Calculando o índice de consistência:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{8,40 - 8}{8 - 1} = 0,06 \quad (A.10)$$

Assim, a taxa de consistência para o exemplo é:

$$RC = \frac{0,06}{1,41} = 0,04 \quad (A.11)$$

Confirmando a consistência das ponderações.

O mesmo processo deve ser repetido para as matrizes de comparações dos critérios de valor e de esforço.

6ª Etapa: A última etapa desta abordagem é montarmos uma matriz com os vetores prioritários de cada matriz de comparação por pares dos critérios e os respectivos requisitos. Depois multiplicamos a matriz dos vetores prioritários pelo vetor prioritário dos critérios, assim como na tabela 43

Tabela 43 – Multiplicação da matriz com os vetores prioritários pelo vetor prioritário dos critérios

	Risco	Valor	Esforço	X	Critérios	=	Prioridades
Req. 1.1	0,06	0,08	0,25		0,63		0,09
Req. 1.2	0,05	0,11	0,09		0,26		0,07
Req. 1.3	0,03	0,07	0,13		0,11		0,05
Req. 2.1	0,27	0,07	0,04				0,19
Req. 2.2	0,13	0,17	0,12				0,14
Req. 3.1	0,03	0,05	0,02				0,03
Req. 3.2	0,21	0,23	0,21				0,22
Req. 3.3	0,21	0,23	0,15				0,21

Fonte: Autor (2020)

Por fim a lista de prioridades é o resultado da multiplicação acima, como é possível ver na tabela 44 o Req. 3.2 é o requisito que deve ser implementado primeiro seguindo os julgamentos que foram feitos.

Tabela 44 – Requisitos Priorizados

	Prioridades
Req. 3.2	21,67%
Req. 3.3	20,65%
Req. 2.1	19,37%
Req. 2.2	14,09%
Req. 1.1	8,72%
Req. 1.2	7,10%
Req. 1.3	5,06%
Req. 3.1	3,34%

Fonte: Autor (2020)

A.2 Formulário de Identificação dos Participantes

Este formulário tem o objetivo de traçar o perfil dos participantes do estudo de caso.

1. Endereço de e-mail
2. Nome e Sobrenome
3. Idade
4. Qual o seu grau de escolaridade?
 - a) Ensino Médio Completo
 - b) Ensino Superior Cursando
 - c) Ensino Superior Completo
5. Qual curso está fazendo?
6. Em qual semestre você se encontra?
7. Já completou outras graduações? Se sim, quais?
8. Em qual ou quais cursos é formado?
9. Já trabalhou ou trabalha na área de Análise e Desenvolvimento de Sistemas?
 - a) Sim
 - b) Não

10. Em caso de resposta afirmativa, quanto tempo de experiência na área você possui?
11. Já realizou algum processo de priorização de requisitos?
 - a) Sim
 - b) Não
12. Com base na resposta anterior responda. Ao realizar a priorização de requisito foi utilizada alguma técnica, se sim, qual/quais? A priorização dos requisitos foi feita no contexto acadêmico ou profissional?
13. Você tem algum conhecimento sobre a técnica Analytics Hierarchy Process?
 - a) Sim
 - b) Não
14. Você já fez uso da técnica Analytics Hierarchy Process no contexto de priorizações de requisitos?
 - a) Sim
 - b) Não
15. Com base na pergunta anterior responda. Caso tenha feito uso da técnica previamente, faça um relato da sua utilização. Foram utilizadas ferramentas para o emprego da técnica? Houve dificuldades no entendimento do processo? Houve dificuldades quanto a aplicação da técnica?

A.3 Formulário de Participação no Estudo de Caso

Formulário destinado a colher as impressões dos participantes do estudo de caso do uso da ferramenta de priorização de requisitos utilizando critérios selecionados e a técnica Analytics Hierarchy Process.

1. Endereço de e-mail
2. Em quanto tempo foi realizada a priorização sem a utilização da ferramenta? Exemplo: 4:03:32 (4 horas, 3 minutos, 32 segundos)
3. Na sua opinião, com base no que foi explanado sobre a técnica Analytics Hierarchy Process, não fazer uso da ferramenta proposta impacta na priorização de requisitos? Justifique a sua resposta.

4. Relate quais foram as suas impressões ao fazer a priorização de requisitos sem fazer o uso da ferramenta. Do ponto de vista do seu projeto e da avaliação do processo de priorização.
5. Em quanto tempo foi realizada a priorização utilizando a ferramenta proposta? Exemplo: 4:03:32 (4 horas, 3 minutos, 32 segundos)
6. Houve entendimento do processo de aplicação da técnica Analytics Hierarchy Process?
 - a) Sim
 - b) Não
7. Com base na resposta anterior responda. Caso houver dificuldades no entendimento do processo, explique quais foram as dificuldades encontradas.
8. Na sua opinião, com base no que foi explanado sobre a técnica Analytics Hierarchy Process, a utilização da ferramenta proposta facilita a aplicação da técnica?
 - a) Sim
 - b) Não
9. Relate quais foram as suas impressões ao utilizar a ferramenta de priorização de requisitos. Do ponto de vista do seu projeto e da avaliação do processo de priorização.
10. Na sua opinião, os resultados obtidos através da priorização sem a utilização da ferramenta foram satisfatórios?
 - a) Sim
 - b) Não
11. Com base na resposta anterior responda. Caso a resposta seja negativa, explique quais foram os problemas encontrados no resultado da priorização.
12. Na sua opinião, os resultados gerados pela ferramenta de priorização de requisitos proposta foram satisfatórios, no contexto do seu projeto e dos critérios que foram escolhidos?
 - a) Sim
 - b) Não
13. Com base na resposta anterior responda. Caso a resposta seja negativa, explique quais foram os problemas encontrados no resultado da priorização gerada pela ferramenta.

14. Com base nas respostas das questões anteriores responda. Relate quais foram as divergências e as semelhanças apresentadas pelos resultados das priorizações feitas.
15. Na sua opinião o resultado da priorização gerada pela ferramenta foi mais completo e satisfatório que priorização feita sem a utilização da ferramenta? Justifique.
16. Os critérios para a priorização de requisitos apresentados foram satisfatórios e suficientes dentro do contexto do seu projeto?
 - a) Sim
 - b) Não
17. Com base na resposta anterior responda. Caso os critérios de priorizações de requisitos apresentados não tenham sido satisfatórios ou suficientes, explique quais foram os problemas encontrados.
18. Além dos critérios de priorização apresentados você adicionaria outros critérios que melhor se encaixariam no contexto do seu projeto? Se sim, qual/quais?
19. Na sua opinião, ponderar os requisitos com base nos critérios apresentados pela ferramenta proposta facilitou a tomada de decisão?
 - a) Sim
 - b) Não
20. Com base na resposta anterior responda. Em caso de resposta negativa indique em quais pontos a ferramenta apresentou falhas.