



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC  
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU  
GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIALGESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL

Pedro Martins de Oliveira

Proposta de Ferramenta de Gestão de Requisitos e Maturidade  
Tecnológica em Projetos de Inovação

Dissertação de Mestrado

Salvador, 2021



PEDRO MARTINS DE OLIVEIRA

PROPOSTA DE FERRAMENTA DE GESTÃO DE REQUISITOS E MATURIDADE  
TECNOLÓGICA EM PROJETOS DE INOVAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIALGESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL.

Orientador: Prof. Dr. Eng. Mec. Valter Estevão Beal

Salvador, 2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

O48p Oliveira, Pedro Martins de

Proposta de ferramenta de gestão de requisitos e maturidade tecnológica em projetos de inovação / Pedro Martins de Oliveira. – Salvador, 2020.

105 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Valter Estevão Beal.

Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2020.

Inclui referências.

1. Desenvolvimento de produto. 2. Gestão de requisitos. 3. Integração de tecnologia. 4. TRL (Technology Readiness Level). I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Beal, Valter Estevão. III. Título.

CDD 658.575

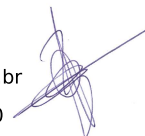
## CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

**Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia Industrial**

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprova a Defesa de Mestrado, intitulada "PROPOSTA DE FERRAMENTA DE GESTÃO DE REQUISITOS E MATURIDADE TECNOLÓGICA EM PROJETOS DE INOVAÇÃO" apresentada no dia 11 de dezembro de 2020, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientador:

Valter Estevão Beal  
valter.beal@fiel.org.br  
SENAI CIMATEC  
17-12-2020 16:25:50  
Salvador, BA, Brasil



**Prof. Dr. Valter Estevão Beal**  
SENAI CIMATEC

Membro Interno:

Assinado digitalmente por: Francisco Uchoa Passos  
O tempo: 18-12-2020 11:40:25

**Prof. Dr. Francisco Uchoa Passos**  
SENAI CIMATEC

Membro Externo:

Armando Sa Ribeiro Junior  
Assinado de forma digital por  
Armando Sa Ribeiro Junior  
Dados: 2020.12.17 16:17:13 -03'00'

**Prof. Dr. Armando Sá Ribeiro Junior**  
UFBA

*Sometimes life is like this dark tunnel. You can't always see the light at the end of the tunnel, but if you just keep moving you will come to a better place.*

## **Agradecimentos**

Agradeço aos meus professores de graduação e mestrado, que sempre me motivaram a seguir o caminho acadêmico.

Ao Professor Valter Beal, meu orientador, que mesmo nas dificuldades não deixou de me guiar, orientando, “desorientando”, lendo e corrigindo, dando suas importantes contribuições neste trabalho.

Aos amigos, por esvaziarem minha mente nos períodos de ansiedade que a pesquisa e os projetos trazem.

Ao meu pai, Jerônimo, que foi de grande inspiração para a escolha do meu curso, em quem me espelho para seguir com os meus estudos e me capacitando.

À minha irmã Catherine, por sempre se mostrar amiga e lembrar-me que sempre terei alguém à noite que me fará uma boa companhia, me fazendo esquecer dos meus problemas.

À minha Mãe, Ruth, que sempre me apoiou, me corrigiu e teve um papel fundamental nesta dissertação, me ajudando sempre no possível em uma área em que ela domina que é a língua portuguesa.

Por fim, agradeço a fé humana que norteia meus propósitos, a tolerância nas crenças de cada um e as boas energias dos que acreditam num Deus e praticam o amor que é pregado em seus ditos.

## Resumo

A gestão de requisitos é um fator importante para o processo de desenvolvimento de produto, pois o atendimento das necessidades dos clientes é de grande relevância para o sucesso do projeto e, portanto, uma gestão estruturada aumenta a probabilidade de êxito no cumprimento dos requisitos. Vale ressaltar que há espaço para estudo nesta área, onde projetos inovadores, com integração de tecnologia, necessitam de metodologias para o gerenciamento desses requisitos. Diante do exposto, tem-se o objetivo deste trabalho que é propor uma ferramenta de gestão de requisitos para produtos inovadores, com integração de tecnologia, que permita executar de forma estruturada a gestão, mostrando a dependência dos componentes com os requisitos, dos requisitos com a maturidade tecnológica e a interação entre elas. Desta forma, é proposto um diagrama que melhora a visualização dos resultados. Realizou-se um questionário para a coleta de atributos da ferramenta em um escritório de projeto, localizado em uma instituição de ciência e tecnologia utilizando o método de Kano. Nesta mesma instituição, a ferramenta proposta neste trabalho foi aplicada a um projeto na área de óleo e gás. Os resultados indicaram que, dos atributos avaliados da ferramenta proposta, um atributo foi avaliado como indiferente e os outros atributos foram avaliados como obrigatórios, unidimensionais e atrativos. Através de uma entrevista semiestruturada aplicada após a utilização da ferramenta proposta, verificou-se que esta cumpre a sua função e auxilia na gestão de requisitos e análise de maturidade tecnológica.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento de produto; Gestão de requisitos; Integração de tecnologia; TRL (*Technology Readiness Level*); Inovação.





## **Tool Proposition for Requirements Management and Technology Maturity Assessment in Innovation Projects**

Requirements management is an important factor in the product development process, as meeting the needs of customers is of great relevance to the success of the project and structured management increases the likelihood of success in meeting the requirements. However, there is room for study in this area, where innovative projects, with technology integration, need methodologies to manage these requirements. The objective of this work is to propose a requirements management tool for innovative products with technology integration which allows management to be carried out in a structured way, showing the dependence of components on requirements, requirements with technological maturity and the interaction between them. In this way, a diagram is proposed that improves the visualization of the results. A questionnaire was conducted to collect the attributes of the tool in a project office, located in a science and technology institution using the Kano method. In this same institution, the tool proposed in this work was applied to a project in the area of oil and gas. The results indicated that, of the evaluated attributes of the proposed tool, one attribute was evaluated as indifferent and the other attributes were evaluated as mandatory, one-dimensional and attractive. Through a semi-structured interview applied after using the proposed tool, it was found that it fulfills its function and assists in requirements management and analysis of technological maturity.

**Keywords:** Product development; Requirements management; Technology integration; TRL (*Technology Readiness Level*); *Innovation*.



## Lista de Tabelas

<i>Tabela 1: métodos de identificação de componentes críticos</i>	30
<i>Tabela 2: Escala TRL</i>	33
<i>Tabela 3: Requisitos da ferramenta avaliados.</i>	51
<i>Tabela 4: Tabela de avaliação do Kano.</i>	53
<i>Tabela 5: Resultado do questionário Kano.</i>	58
<i>Tabela 6: Avaliação dos cinco atributos usando a metodologia Kano.</i>	59
<i>Tabela 7: Grau de satisfação e insatisfação dos atributos.</i>	60
<i>Tabela 8: Maturidade tecnológica dos requisitos</i>	63
<i>Tabela 9: Necessidades e requisitos do produto</i>	70
<i>Tabela 10: Requisitos priorizados pelo QFD.</i>	72
<i>Tabela 11: Componentes críticos selecionados</i>	74
<i>Tabela 12: Requisitos desdobrados, agrupados e alocados a componentes para a unidade de intervenção.</i>	74



## Lista de Figuras

Figura 1: Modelo de referência de Rozenfeld	26
Figura 2: Função global desdobrada em funções mais simples	28
Figura 3: Exemplo de Matriz Morfológica.	29
Figura 4: Relação entre riscos, requisitos do produto e TRL	34
Figura 5: Processo de qualificação tecnológica	35
Figura 6: Etapas para a gestão de requisitos.	38
Figura 7: Fluxo de informação no informacional segundo Rozenfeld	39
Figura 8: Framework para gestão de requisitos para produtos com serviço	40
Figura 9: Estrutura de desenvolvimento de produto e os dados para reuso	43
Figura 10: Diagrama do QFD.	44
Figura 11: Modelo de Kano para satisfação do cliente.	44
Figura 12: Etapas da gestão de requisitos em projetos sustentáveis	47
Figura 13: Procedimento metodológico	50
Figura 14: Perfil do projeto dos entrevistados	54
Figura 15: Principal área dos projetos analisados.	54
Figura 16: Número de pessoas participando no projeto	55
Figura 17: Grau de inovação dos projetos dos participantes	55
Figura 18: Etapa em que o projeto analisado se encontrava.	56
Figura 19: Distribuição do campo de conhecimento de cada participante.	56
Figura 20: Percentual de pessoas que tiveram com projetos que mudaram de requisitos.	57
Figura 21: Principais motivos para a mudança dos requisitos dos projetos;	57
Figura 22: Principais dificuldades encontradas durante a gestão de requisitos.	58
Figura 23: Gráfico Grau de satisfação por grau de insatisfação.	60
Figura 24: Método proposto.	61
Figura 25: Fluxograma agrupamento e desdobramento dos requisitos.	62
Figura 26: Gráfico de gestão, componentes críticos.	65
Figura 27: Etapa alocação dos requisitos aos componentes críticos.	65
Figura 28: Avaliação da maturidade tecnológica.	66
Figura 29: Etapas da manutenção de um poço	67
Figura 30: Unidade de intervenção do ROBIN	68
Figura 31: Casulo do ROBIN	69
Figura 32: Diagrama de gestão aplicado ao projeto ROBIN.	77
Figura 33: Avaliação do requisito de exatidão da ferramenta.	79
Figura 34: Requisito de completude da ferramenta.	80
Figura 35: Requisito de consistência da ferramenta.	80
Figura 36: Requisito de compreensibilidade da ferramenta.	81
Figura 37: Requisito de alterabilidade da ferramenta	81
Figura 38: Requisitos de fidelidade da ferramenta.	82
Figura 39: Respostas da pergunta A da segunda seção da entrevista.	82
Figura 40: Respostas da pergunta C da segunda seção da entrevista.	85
Figura 41: Respostas da pergunta A da segunda seção da entrevista.	88
Figura 42: Respostas da pergunta H da segunda seção da entrevista.	91
Figura 43: Telhado QFD do projeto ROBIN	99
Figura 44: QFD projeto ROBIN	100



## Lista de Siglas e Abreviaturas

AN – Árvore de Natal

API – *American Petroleum Institute*

CEA – *Cause Effect Analysis*

DNV – *Det Norske Veritas*

DOE – *Design of Experiments*

EF – *Expert Feedback*

EMBRAPII – Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial

ETA – *Event Tree Analysis*

FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis*

FMECA – *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*

FTA – *Failure Tree Analysis*

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IRL – *Integration Readiness Level*

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

PHA – *Process Hazard Analysis*

PMI – *Project Management Institute*

QFD – *Quality Function Deployment*

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SRL – *System Readiness Level*

SSC – *System, Subsystem and Components*

UI – Unidade de Intervenção

TRL – *Technology Readiness Level*

VOC – *Voice of Customers*





# Sumário

1	Introdução	21
1.1	OBJETIVO	23
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
1.3	ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	24
2	Revisão da Literatura	25
2.1	METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	25
2.1.1	DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	25
2.2	DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA	31
2.2.1	O ESTADO DA ARTE DE QUALIFICAÇÃO TECNOLÓGICA	36
2.3	GESTÃO DE REQUISITOS EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	37
2.4	OUTROS MÉTODOS DE GESTÃO DE REQUISITOS DE PRODUTO	45
3	Métodos e Técnicas da Pesquisa	49
3.1	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	50
3.1.1	DEFINIÇÃO DOS ATRIBUTOS PARA UMA ESTRUTURA DE GESTÃO DE REQUISITOS	51
3.1.2	ELABORAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO QUESTIONÁRIO KANO	53
3.2	QUESTIONÁRIO KANO – SEGUNDA ETAPA	58
3.2.1	COMPOR O MÉTODO PROPOSTO	61
3.2.2	ESTUDO DE CASO: TESTE DA FERRAMENTA EM PROJETO	66
3.2.2.1	O processo de gestão de requisito do estudo de caso	69
3.2.3	AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA	78
4	Resultados	79
4.1	ENTREVISTAS E QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO	79
4.1.1	AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS DAS FERRAMENTAS	79
4.1.2	PERGUNTA A E B	82
4.1.3	PERGUNTA C, D E E	84
4.1.4	PERGUNTA F E G	88
4.1.5	PERGUNTA H E I	90
5	Conclusões	93
5.1	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	94
6	Referências	95
7	Anexo A – QFD	99
8	Anexo B – Questionário – Google Forms	101
9	Anexo C – Entrevista Semiestruturada	107
	Produção Técnica e Científica	111



## 1 Introdução

O processo de desenvolvimento integrado de produto consiste na utilização de métodos estruturados para entender as necessidades dos clientes e elaborar um conceito que traga resultados inovadores (PAHL *et al.*, 2015). Neste processo, a busca por atender as necessidades dos clientes é uma etapa importante para o sucesso do produto no mercado. Desta forma, o planejamento e a etapa informacional de um projeto são críticos para o sucesso de qualquer tipo de projeto. No tocante a tarefa de definição e elicitação das necessidades e requisitos, esta é uma das atividades que demandam mais tempo e análise do time de desenvolvimento. O sucesso durante as fases seguintes de um projeto depende muito do nível de esforço despendido durante estas fases (WITELL; LÖFGREN; DAHLGAARD, 2013).

O processo de gerenciamento de requisitos em um projeto de desenvolvimento de produto, de maneira geral, pode ser dividido em algumas etapas, quais sejam: a captura, a análise e entendimento dos requisitos do cliente, que são muitas vezes chamados de voz do cliente (*Voice of Customers*), e a transformação deles em especificações de produto, que são os requisitos de engenharia.

Segundo Fiksel e Hayes-Roth (1993), podem ser divididos em duas partes: o gerenciamento dos requisitos do projeto e os requisitos do produto. Nessas etapas envolvem tarefas como criar, disseminar, manter e verificar requisitos e o gerenciamento de requisitos, que em geral se preocupa principalmente com a elicitação, análise e especificação de requisitos.

Existem grandes dificuldades nestes processos, pois os requisitos dos clientes são, muitas vezes, ambíguos e imprecisos, devido a sua origem de forma mais subjetiva. Isso dificulta a transformação dos requisitos dos clientes para os requisitos do projeto, gerando dificuldades também por parte da equipe de projeto para capturar a real voz do cliente, sem focar de forma elevada em especificações tecnológicas (TSENG; JIAO, 1998). Além disso, o gerenciamento de requisitos ainda é realizado de forma muito manual e consome tempo. É necessário formalizar e automatizar o processo para reduzir o tempo de desenvolvimento do produto e reduzir os custos com retrabalhos. Melhorias no processo de gerenciamento de requisitos irão fornecer o suporte necessário aos projetistas de produto durante todo o desenvolvimento do produto, mas de maneira mais impactante no projeto conceitual (ROY *et al.*, 2005).

Muitos estudos mostram que o esforço na etapa inicial do projeto pode contribuir para o seu desempenho em termos de custo, cronograma e qualidade. Sendo assim, o processo de planejamento do projeto é fundamental para o sucesso de qualquer tipo de projeto. Desta forma, a definição dos requisitos do projeto é considerada um dos principais subprocessos. É o processo pelo qual os projetos são definidos e preparados para implementação (YANG; CHEN; WANG, 2015).

Adicionalmente, o processo de desenvolvimento de tecnologias se diferencia do processo de desenvolvimento de produtos, pois é natural ter mais incertezas no desenvolvimento de tecnologias do que no de desenvolvimento de produtos (COOPER, 2006). Entretanto, alguns produtos exigem o desenvolvimento conjunto de tecnologias e, para isso, é importante reconhecer que é necessária a adaptação do sistema, ou componente, requerendo análise da sua maturidade tecnológica. A não realização da análise da maturidade pode, em etapas importantes do processo de desenvolvimento, trazer grandes prejuízos ou, até mesmo, a interrupção do projeto (KAPURCH, 2010). Desta forma, é necessário um processo de qualificação da tecnologia, ou seja, de amadurecimento da tecnologia integrada ao produto, ou sistema, em desenvolvimento.

Para a identificação do nível da maturidade do desenvolvimento da tecnologia são utilizadas escalas denominadas de *Technology Readiness Level*, ou nível de maturidade tecnológica. As mais utilizadas são as escalas API 17N e a ISO 16290. A API 17N é muito utilizada pela indústria de petróleo (STRUTT; WELLS, 2014) e a ISO 16290, que nasceu através da indústria aeroespacial, é difundida para outras indústrias (KNORR VELHO, 2017). Porém, vale ressaltar que diferentes indústrias fazem adaptações na escala TRL para as especificidades das mesmas. Essas escalas também são amplamente utilizadas por instituições no Brasil, como a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII), o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), entre outras, com o objetivo de identificar a aderência às etapas que são apoiadas por essas instituições e como indicador do avanço tecnológico (KNORR VELHO, 2017).

Para o avanço da maturidade tecnológica, alguns estudos e normas mostram ferramentas para remediar essas incertezas que são desenvolvidas no processo de desenvolvimento de produto (DNV, 2013). A escala de maturidade tecnológica e os procedimentos para o avanço dela exigem cumprimentos de requisitos, porém não há de maneira sistematizada uma ferramenta ou metodologia para gerenciá-los em projetos de inovação.

A falta de um gerenciamento de requisitos pode acarretar em diversos problemas, como dificuldade de comunicação com o cliente, dificuldade de comunicação com a equipe projetista e a ambiguidade originada das necessidades dos clientes. Isso pode se prolongar a etapas muito avançadas do projeto e tornar difícil o desenvolvimento do produto. Porém, a gestão de requisitos no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) é um tema esparso e pouco estruturado na literatura (MARX; DE PAULA, 2011). Somente na área de desenvolvimento de sistemas de informação (DSI) há processos específicos para tratar e gerenciar requisitos de software. Além da falta de processos de gerenciamento de requisitos no PDP, há ainda pouca utilização de maneiras que correlacionam os requisitos com as tecnologias que serão utilizadas/empregadas no projeto em desenvolvimento.

Existem algumas ferramentas utilizadas para o gerenciamento de requisitos de mercado que, de alguma forma, conseguem preencher as necessidades de um projeto de média e baixa complexidade com grau de inovação baixo. As ferramentas Helix RM, Jira, IBM

DOORS, muito utilizadas no mercado, possuem funcionalidades que auxiliam em etapas de captura, análise e rastreabilidade necessárias para um projeto de média e baixa complexidade, com grau de inovação baixo. Contudo, em projetos de inovação, há outras dimensões que devem ser consideradas, como as incertezas originadas de novas tecnologias. Adicionalmente, ferramentas de gerenciamento de requisitos, de maneira geral, focam nos requisitos do projeto. No entanto, visto que a avaliação da maturidade tecnológica de um produto depende dos componentes e dos requisitos cumpridos por estes, é necessária uma avaliação mais específica ao nível de componentes que formarão o produto em desenvolvimento.

Sabendo-se que a gestão de requisitos é importante para que o produto atinja o sucesso atendendo às demandas dos *stakeholders*, a não realização desta atividade pode originar em um produto não atraente para o mercado. Para isso, estruturas, software e ferramentas já foram propostos para gerenciar requisitos em diversas áreas.

Esta dissertação, como discutido anteriormente, parte da percepção de que as ferramentas de gestão de requisitos disponíveis no mercado e propostas por trabalhos científicos não cobrem todas as funcionalidades necessárias para o gerenciamento de requisitos em projetos de inovação tecnológica.

Assim, os principais problemas detectados neste tipo de ferramentas para uso em projetos inovadores são:

- Não há em nenhuma mensuração do grau de inovação do produto;
- Não há a mensuração do grau de maturidade tecnológica do produto;
- Por consequência, não há uma melhor maneira de escrever e alocar os requisitos e maturidade tecnológica dos produtos e seus componentes.

Portanto, com o estudo do problema, a questão central desta dissertação é: Como pode ser realizado o processo de gerenciamento de requisitos do produto no desenvolvimento de produtos inovadores que necessitam de uma análise de maturidade tecnológica?

## **1.1 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é propor uma ferramenta estruturada que gerencie os requisitos dos clientes e requisitos do produto em conjunto com a análise da maturidade tecnológica dos componentes que integram este produto.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- I. Avaliar as dificuldades no gerenciamento de requisitos encontradas na literatura e no ambiente de projetos de inovação;
- II. Propor atributos para uma ferramenta que contribua para o gerenciamento de requisitos de produtos;

- III. Propor atributos para a ferramenta que contribua para o gerenciamento de requisitos e, conseqüentemente, contribua para a avaliação da maturidade tecnológica;
- IV. Compor uma ferramenta de gestão de requisitos com os atributos de desenvolvimento de produto e avaliação de maturidade tecnológica;
- V. Testar a ferramenta por intermédio de estudo de caso.

### **1.3 Organização do Documento**

Além deste capítulo introdutório que apresenta o contexto, a problemática e os objetivos desta pesquisa, o trabalho é organizado em mais seis capítulos, descritos a seguir:

Capítulo 2: Referencial teórico sobre o processo de desenvolvimento de produto, as etapas do projeto de desenvolvimento do produto. Referencial teórico de desenvolvimento e qualificação de tecnologia e seus conceitos, como avaliar um produto sobre suas tecnologias, ferramentas e métodos usados na qualificação tecnológica e ferramentas e métodos usados na gestão de requisitos.

Capítulo 3: Apresentação da abordagem metodológica, etapas para a construção da dissertação, métodos utilizados e os instrumentos para as coletas de dados, a estrutura da ferramenta aplicada, as etapas para a construção da ferramenta e aplicação em um estudo de caso.

Capítulo 4: Os resultados obtidos da coleta de atributos através de um questionário KANO, e a avaliação da ferramenta através de uma entrevista semiestruturada.

Capítulo 5: As considerações finais do trabalho de acordo com os resultados, conclusões sobre a qualidade da ferramenta, sobre a literatura já existente e sugestões de trabalhos futuros sobre o tema de gestão de requisitos.

## **2 Revisão da Literatura**

Para demonstrar que existe uma lacuna de conhecimento, o trabalho iniciou com o estudo realizado sobre a temática de processo de desenvolvimento de produto, os processos que este engloba e a sua elevada importância para o sucesso de um projeto.

### **2.1 Metodologias de Desenvolvimento de Produto**

Nesta seção serão abordados a definição de projeto, os princípios de desenvolvimento de produto e as etapas segundo os principais autores nessa área.

Para embasar o trabalho e fundamentar a aplicação de tecnologias na etapa de desenvolvimento de produto, definição de projeto e para entender o processo de desenvolvimento de produtos, é necessário entender o que é projeto.

Existem diversas definições do que é um projeto. De acordo com o PMI (*Project Management Institute*), projeto é “um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”. Para o PMI cada projeto pode conter elementos repetidos, porém os passos e etapas a serem cumpridos são singulares para cada projeto (PMBOK, 2008). Ainda seguindo a definição do PMI, o projeto pode entregar: um produto; uma capacidade de realizar um serviço e/ou um resultado ou como uma pesquisa.

No gerenciamento de projeto, segundo o PMI, é necessário utilizar de aplicação do conhecimento, habilidade, ferramentas e técnicas às atividades de projetos para atender os seus requisitos. Essas etapas são separadas em 5 grupos: Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e Controle e encerramento.

O gerenciamento ainda contempla a identificação das necessidades, definição e objetivos claros, equilíbrio dos conflitos, tempo, qualidade, custo e escopo.

#### **2.1.1 Desenvolvimento de produto**

Diversos autores têm suas definições para o processo de desenvolvimento de produto. Desse modo, destacam-se alguns:

Rozenfeld (2017) define o processo de desenvolvimento de produto como um conjunto de atividades por meio das quais se busca, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção para que a manufatura seja capaz de produzi-lo (ROZENFELD et al., 2017).

Outros autores definem desenvolvimento de produto como um processo de quatro etapas, Pahl et. al. (2015) diz que são: Clarificação da necessidade, Projeto conceitual, Projeto preliminar e Projeto detalhado. Cada uma delas pode ser usada para diversos tipos e finalidades (ERIXON, 1996; PAHL et al., 2015; ROZENFELD et al., 2017).



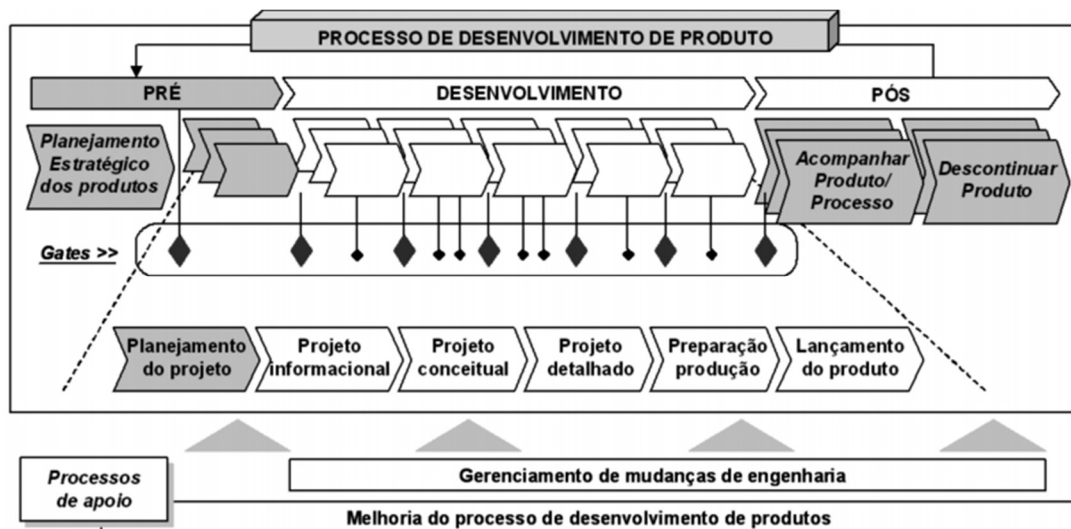
Para produtos modulares, Erixon (1996) define uma sistemática de desenvolvimento de produto para estas plataformas, em que modularidade é descrita pelo teórico como um grupo de produtos que compartilham uma plataforma. Pahl et. al. (2015) e Rozenfeld (2017) abordam o desenvolvimento de produto de forma mais abrangente, trazendo diretrizes e boas práticas para o projeto.

Alguns autores dividem o processo de desenvolvimento de produto do de desenvolvimento de tecnologia (COOPER, 2006; WHEELWRIGHT, 1996), podendo haver, em algum momento do processo de desenvolvimento, a transferência da tecnologia para lançamento de novos produtos no mercado.

Apesar de ter diferentes abordagens no processo de desenvolvimento de produto, as metodologias se interceptam em diversas áreas e possuem etapas similares. O modelo de referência de Rozenfeld (2017) é dividido em seis etapas, quais sejam: Planejamento do projeto; Projeto informacional; Projeto conceitual; Projeto detalhado; Preparação para produção e Lançamento do produto, como mostrado na Figura 1. Para esta dissertação o modelo de referência adotado será o proposto por Rozenfeld (2017).

O objetivo das sistemáticas, em geral, é de organizar as etapas do desenvolvimento de produto, desse modo, Pahl et. al. (2015) reforça que a sistemática não tem objetivo de limitar a criatividade do engenheiro, e sim trazer ferramentas para sistematizar e canalizar o processo criativo e de engenharia.

Figura 1: Modelo de referência de Rozenfeld



Fonte: Rozenfeld et al.(2017)

As etapas do processo de desenvolvimento do produto, segundo Rozenfeld, são:

1. Planejamento estratégico

Planejamento estratégico, ou o pré desenvolvimento, é um processo gerencial, ou seja, não agrega valor diretamente ao produto para o cliente. É o processo de obtenção de informações que orienta os demais processos de negócio da organização, sendo um processo

macro que tem como objetivo gerar um portfólio de projetos e produtos de acordo com a estratégia adotada pela empresa.

## 2. Planejamento do projeto

Nesta fase, realiza-se o planejamento macro de um dos projetos de um novo produto delineado no portfólio e, esta etapa, envolve a definição dos principais resultados esperados por cada fase, bem como as atividades a serem realizadas para atingir estes resultados. Também esta etapa compreende a determinação do escopo do projeto e do produto, duração de cada atividade, da análise de risco e outras atividades de planejamento. O resultado desta etapa é o plano de projeto do produto que, se demonstrado viável, será utilizado como guia para a próxima fase do desenvolvimento de produto. O plano de projeto é um documento que contém informações relevantes para a execução do mesmo, essas informações são descritas como: escopo do produto, escopo do projeto, previsão das atividades e suas durações, prazos, orçamento e recursos necessários para a realização do projeto.

As atividades do planejamento do projeto, de forma genérica, devem empreender esforços no sentido de identificar todas as atividades, recursos e a melhor forma de integrá-los para que o projeto siga em frente com o mínimo de erros.

Nesta etapa ocorre uma primeira geração das necessidades do produto, mesmo que de forma preliminar, com a proposição do escopo do projeto e do produto.

## 3. Projeto informacional

O objetivo dessa fase é, a partir das informações levantadas no planejamento e de outras fontes, desenvolver um conjunto de informações, o mais completo possível, chamado de especificações-meta do produto.

As atividades desta fase constituem-se de: Definição do problema de projeto do produto, na qual busca-se entendimento claro e completo do problema a ser enfrentado. Além de aprofundar-se nas informações obtidas na fase de planejamento, realiza-se uma análise de anterioridade aprofundada, mapeando o ciclo de vida do produto e definindo, para cada fase do ciclo, os clientes envolvidos. Com o conhecimento do problema e dos clientes envolvidos, parte-se para identificação da “voz dos clientes”, ou seja, a busca das necessidades dos clientes que, após de interpretadas e traduzidas em requisitos, são formados os requisitos dos clientes.

A análise de anterioridade pode ser (não se limitando exclusivamente) a análise das tecnologias disponíveis e necessárias, e a pesquisa sobre normas e patentes. Esta busca de anterioridade pode ser separada em: procura de tecnologias e métodos de fabricação disponíveis, procura de patentes sobre o produto que vai ser projetado e a procura de produtos similares no mercado.

Os requisitos dos clientes geralmente são subjetivos e, por não serem precisos, não estão ainda na forma adequada para serem utilizados nas decisões necessárias nas demais fases do projeto do produto. Portanto, faz-se necessário que esses requisitos dos clientes, ainda que na forma de necessidades, sejam descritos por meio de características técnicas possíveis de serem mensuradas, para tal são definidos os chamados requisitos do produto. Ressaltam-se que as especificações-meta do produto compreendem: os requisitos de produto associados com valores e metas, reunindo, assim, os parâmetros quantitativos e mensuráveis que o produto projetado deverá ter.

Nesta fase começam as principais etapas de um processo de gerenciamento de requisitos, que são as coletas da necessidade, transformação das necessidades em requisitos e elicitação dos requisitos.

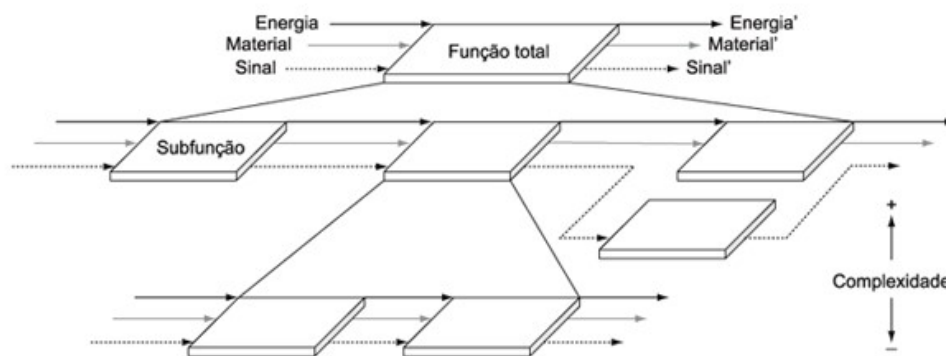
#### 4. Projeto conceitual

Na fase de Projeto Conceitual, as atividades da equipe de projeto relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto.

O processo de criação de soluções é livre de restrições, porém direcionado pelas necessidades, requisitos e especificações do produto e auxiliado por métodos de criatividade que trazem maiores benefício no processo de desenvolvimento de produto.

No início da fase de Projeto Conceitual o produto é modelado funcionalmente e descrito de forma abstrata, para evitar que experiências ou preconceitos formem uma barreira contra novas soluções, ou, em outras palavras, que o foco seja mantido na essência do problema e não na solução imediata. Essa abstração é feita a partir da definição do produto em termos de suas funções. Para isso, inicialmente, define-se a sua função global que, em seguida, é desdobrada em várias estruturas de funções do produto.

Figura 2: Função global desdobrada em funções mais simples



Fonte: Adaptado de Phal et al. (2015)

Depois de definida a estrutura de funções do produto, vários princípios de solução são propostos para satisfazer cada uma das funções. Como mostrado na Figura 3 a matriz morfológica é um exemplo de método sistemático para geração de alternativas de solução.

Combinando os vários princípios, é possível criar várias alternativas de solução, dentre as quais uma ou mais possam ser selecionadas. Para cada uma dessas alternativas geradas, define-se uma arquitetura que contém a estrutura do produto em termos dos componentes e suas conexões.

Tais arquiteturas são mais bem desenvolvidas dando origem às concepções, que já agregam informações de estilo e dos possíveis fornecedores. Essas concepções são, então, alvo de um processo de seleção, que vai apontar aquela concepção que melhor atende às especificações-meta e a outros critérios de escolha.

Figura 3: Exemplo de Matriz Morfológica.

Variáveis	Classes		
	1	2	3
Mecanismo e levantamento	Mecânico	A gás	
Espuma	Laminada	Injetada	
Revestimento	Tecido	Napa	
Altura do encosto	Baixa	Média	Alta
Braços	Sem braços	Com braços	

Fonte: Adaptado de Baxter et al. (2011)

A concepção obtida é uma descrição aproximada das tecnologias, princípios de funcionamento e formas de um produto, geralmente expressa por meio de um esquema ou modelo tridimensional, que, frequentemente, pode ser acompanhado por uma explicação textual. É uma descrição concisa de como o produto satisfará as necessidades dos clientes. Alguns autores dividem esta etapa em conceitual e pré-projeto ou projeto preliminar, onde o resultado do pré-projeto é um layout preliminar do produto (ERIXON, 1996, 1998; PAHL et al., 2015).

Uma parte importante na etapa conceitual, segundo Rozenfeld (2017), é a análise dos Sistemas, Subsistemas e Componentes (SSC). Esta atividade compreende uma espécie de refinamento da atividade anterior, no qual são identificados e analisados aspectos críticos dos produtos observados no ciclo de vida, como: questões de funcionamento, fabricação, montagem, desempenho, qualidade, custos, uso, descarte e outros.

Alguns métodos para identificação de componentes críticos são muito utilizados na área de manutenção e projetos. E podem ser utilizadas na etapa conceitual ou detalhada para análise de riscos. Neste caso, estes métodos podem ser utilizados como mostrado na Tabela 1.

*Failure Modes Effect and Criticality Analysis (FMECA):* FMECA é uma extensão da análise de modo e efeitos de falha (FMEA) para integrar a criticidade da falha de um componente no funcionamento de um sistema. Os resultados de uma análise FMECA são uma tabela que pode ser considerada uma informação do sistema, a partir da qual se pode obter as informações necessárias para gerenciar um sistema.

*Failure Tree Analysis (FTA):* O FTA é uma análise dedutiva de cima para baixo, na qual um evento indesejado de um sistema é analisado usando uma lógica booleana para combinar uma série de eventos de nível inferior. Os resultados de um FTA consistem em resultados estruturais qualitativos e indicadores quantitativos, como a probabilidade de ocorrência de eventos principais.

*Event Tree Analysis (ETA):* ao contrário do FTA, o ETA é uma abordagem de modelagem lógica de baixo para cima, para analisar a falha ou o sucesso da função de um sistema.

*Cause effect analysis (CEA):* O CEA é uma combinação de FTA e ETA para passar de alguns eventos elementares para um evento principal que constitui um evento inicial para alguns efeitos. São de um único evento inicial.

*Process Hazard Analysis (PHA):* O PHA é um conjunto de avaliações sistemáticas dos riscos potenciais enfrentados ou associados a um sistema industrial, um processo industrial, uma missão, etc. O objetivo deste método é auxiliar os gerentes na tomada de decisões relacionados a processos industriais

*Expert feedback (EF):* O EF é uma abordagem estruturada para capitalização, processamento e exploração de conhecimentos derivados da análise de eventos positivos e / ou negativos.

*Tabela 1: métodos de identificação de componentes críticos*

Método	Tipo de análise	Principal ideia
Feedback de especialistas	Dedutiva/quantitativa	Coletar informações sobre o passado do sistema
PHA	Indutiva/qualitativa	Identificar anteriormente o risco a ser estudado
FMECA	dedutiva/qualitativa	Avaliar as consequências das falhas
CEA	Indutiva/quantitativa	Organizar os que contribuíram para as falhas
ETA	Indutiva/quantitativa	Avaliar a possível consequência de um evento
FTA	Dedutiva/quantitativa	Avaliar os cenários potenciais de falha

*Fonte: Traduzido de Sarih (2018)*

## 5. Projeto detalhado:

As atividades desta fase contemplam decisão da compra, criar, detalhar, dimensionar, especificar tolerâncias, finalizar desenhos e documentar os entregáveis dos SSCs.

Para Rozenfeld (2017) a etapa detalhada pode se sobrepor com a etapa conceitual dependendo de alguns fatores, como o grau de inovação, complexidade do produto ou um “pré-detalhamento” na etapa conceitual, que só é finalizado na etapa do projeto detalhado.

A atividade central dessa fase é a criação e detalhamento dos SSCs e é a partir dela que são acionadas as atividades do ciclo de aquisição (decidir fazer ou comprar SSCs e desenvolver fornecedores) e do ciclo de otimização (avaliar SSCs, configurar e documentar o produto e o processo, otimizando-os quando necessário), a atividade de análise dos SSCs marca um momento importante na atividade de projeto, pois permite que a equipe de projeto possa prever os impactos do ciclo de vida no projeto do produto. A não consideração ou estimativa inadequada desses fatores levam a decisões “pobres” e problemas imprevistos no projeto do produto, os quais resultarão em atividades de reprojeto. Nesta dissertação a análise do SSCs é feita para avaliar a criticidade destes componentes.

Após cada final de etapa, segundo Rozenfeld (2017), têm-se gates revisionais, que consistem na revisão dos resultados obtidos na etapa anterior. Estes gates possuem a finalidade de garantir que os objetivos das etapas anteriores foram cumpridos, para não comprometer o andamento da próxima etapa. Em projetos mais inovadores, estes gates podem também trazer tomadas de decisões mais drásticas como o encerramento do projeto, onde o desenvolvimento da tecnologia encontra barreiras que não podem atualmente ser vencidas, por não ser viável economicamente ou tecnicamente (COOPER; MILLS, 2006).

## **2.2 Desenvolvimento de Tecnologia**

Nesta seção serão abordados conceitos de tecnologia, como aferir a sua maturidade, como qualificar esta tecnologia e objetivos de usá-la, com a finalidade de criar hipóteses para basear a investigação proposta por este trabalho.

Diversos trabalhos propõem definições de tecnologias, Kushchu (2011) define tecnologia como: A aplicação de conhecimento científico para o uso prático, sendo a ciência como o processo de investigação de fenômenos naturais que produz conhecimento sobre o mundo (KUSHCHU; ARAT; BORUCKI, 2011).

Segundo Silva (2003) o termo “tecnologia” vem sendo ampliada para muitas áreas do conhecimento, alterando muitas vezes seu significado. (SILVA, 2003).

Na definição de Dodgson (2002) a tecnologia é um artefato replicável com uma aplicação prática e conhecimento que permite que possa ser desenvolvida e usada. Ela pode se manifestar em novos produtos, processos e sistemas, incluindo conhecimento e as capacidades necessárias para entregar uma funcionalidade que pode ser reproduzida (MARK DODGSON, DAVID M. GANN, 2002).

A princípio, fica claro o que é tecnologia, porém essa definição é muito abrangente, porque inovação tecnológica envolve mais do que a aplicação com sucesso de novas ideias em produtos e serviços; normalmente requer mudanças na organização e estratégias que apoiem isso (MARK DODGSON, DAVID M. GANN, 2002).

Devido a alta abrangência do termo tecnologia, neste trabalho, a definição de tecnologia é de um artefato que possua funcionalidade e finalidade para uso em serviço ou produto.

A tecnologia, desde o momento em que é criada, ou conceitualizada, necessita passar por diversas etapas de evolução até a sua plena operação, de modo que esteja pronta para o uso ou a comercialização. Para isso é necessário a avaliação da sua maturidade, e uma métrica muito utilizada é o TRL (*technology readiness level*), que foi desenvolvida pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) em 1974, que permite ordenar as novas tecnologias em nove estágios de maturidade como mostrado na Tabela 2 (DRD, 2009; KNORR VELHO, 2017; SADIN; POVINELLI; ROSEN, 1989) .

Existem outros métodos para avaliação da maturidade, os quais são utilizados em projetos que são os de maturidade de integração (IRL, *Integration readiness level*) e o de sistema (SRL, *System readiness level*) (HOBSON, 2006), porém o mais difundido dentre estes é o TRL, sendo utilizado pela EMPRAPII, SENAI e o INPE com o objetivo de identificar se o projeto é aderente às etapas que são apoiadas por estas instituições (KNORR VELHO, 2017).

Para definir qual o nível de maturidade da tecnologia se faz necessário retornar uma etapa anterior, chamada de avaliação da maturidade tecnológica. Esta etapa não possui uma metodologia difundida. Existe hoje boas práticas para a qualificação propostas pelo escritório de contabilidade do governo dos Estados Unidos (GAO, 1999; MANKINS, 2009)

Tabela 2: Escala TRL

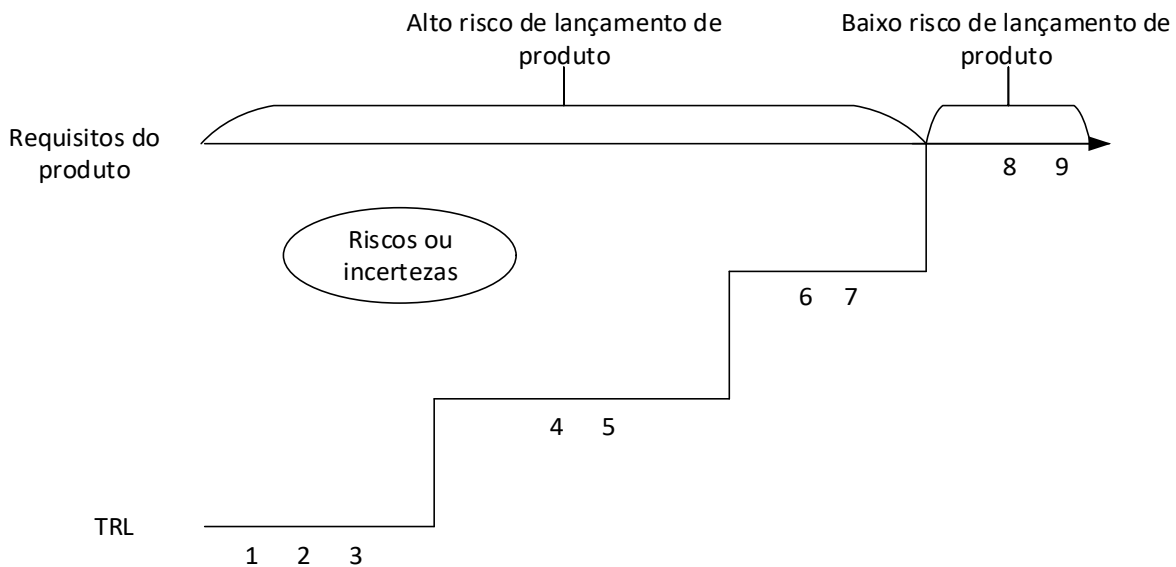
Nível da escala	Definição	Evidência Objetiva
<b>1</b>	Princípios básicos observados e relatados.	Nível mais baixo de prontidão tecnológica. A investigação científica começa a traduzir-se em Pesquisa e Desenvolvimento aplicados (P&D).
<b>2</b>	Conceito de tecnologia e / ou aplicação formulada Princípios	Invenção começa. Uma vez que os princípios básicos são observados, as aplicações práticas podem ser inventadas. As aplicações são especulativas e não pode haver nenhuma prova ou análise detalhada para suportar as suposições. Os exemplos ainda estão limitados a estudos analíticos.
<b>3</b>	Função crítica analítica e experimental e / ou prova característica de conceito.	Inicia-se a pesquisa e o desenvolvimento ativo. Isto inclui estudos analíticos e estudos em laboratório / escala de bancada para validar fisicamente as previsões analíticas de elementos separados da tecnologia. Exemplos incluem componentes que ainda não estão integrados ou representativos.
<b>4</b>	Validação de componentes e/ou sistemas em ambiente laboratorial	Componentes tecnológicos básicos são integrados para estabelecer que as peças vão trabalhar em conjunto. Isto é relativamente "baixa fidelidade" em comparação com o sistema eventual.
<b>5</b>	Escala de engenharia, validação de um sistema similar (protótipo) em ambiente relevante	Os componentes tecnológicos básicos são integrados de modo que a configuração do sistema é semelhante à aplicação final em quase todos os aspectos.
<b>6</b>	Escala de engenharia, validação de um sistema similar (protótipo) num ambiente relevante.	O sistema de escala de engenharia representativo, que está bem além da escala testada para TRL 5, é testado em um ambiente relevante. Representa um passo importante na prontidão demonstrada e na integração de sistemas da tecnologia.
<b>7</b>	Um sistema similar de grande escala (protótipo), demonstrado num ambiente relevante	Protótipo do sistema de escala completa. Representa um grande passo acima do TRL 6, exigindo a demonstração de um protótipo do sistema em um ambiente relevante.
<b>8</b>	Sistema real completo e qualificado através de teste e demonstração.	A tecnologia tem sido comprovada para trabalhar na sua forma final e nas condições esperadas. Em quase todos os casos, este TRL representa o fim do verdadeiro desenvolvimento do sistema.
<b>9</b>	Sistema real operado em toda a gama de condições esperadas.	Operação real da tecnologia em sua forma final, em toda a gama de condições de operação.

Fonte: (AMADEU et al., 2017)

Definido o nível da maturidade tecnológica, pode-se ter um TRL alvo a ser obtido, de acordo com o escopo acordado com o cliente. Os riscos esperados com a aplicação de uma tecnologia com nível de maturidade tecnológica baixo e a diferença entre o alvo do TRL e o TRL alcançado no projeto, acarretam riscos como mostrado na Figura 4: Relação entre riscos, requisitos do produto e TRL.



Figura 4: Relação entre riscos, requisitos do produto e TRL



Fonte: Traduzido de Mankins (2009)

Vale ressaltar que, desenvolver uma tecnologia desde o início tem altos custos e riscos e muitas empresas não estão dispostas a este tipo de investimento, (GAO, 1999; KIM *et al.*, 2019), então entra em negociação se é de interesse do responsável pelo projeto desenvolver e qualificar a tecnologia, criando um planejamento de desenvolvimento e qualificação tecnológica, ou criar um plano de aquisição das tecnologias e parcerias com terceiros (GAO, 1999).

Com o TRL alvo estabelecido e o TRL atual da tecnologia definido e se optado por qualificar a tecnologia, começa-se um processo de desenvolvimento e qualificação tecnológica.

O processo de qualificação tecnológica possui o objetivo de dar evidências que a tecnologia irá funcionar dentro dos limites operacionais especificados dentro de um nível aceitável de confiança (DNV, 2013). O processo de qualificação tecnológica é muito ligado a conceitos de confiabilidade e gestão de riscos.

O processo normalmente acontece em etapas após a etapa conceitual, onde os princípios essenciais de solução e os métodos de avaliação deles são definidos (DNV, 2013), sendo dividido nas seguintes etapas como mostrado na

Figura 5:

Bases da qualificação: que consiste em definir o uso pretendido da tecnologia, as expectativas da tecnologia, e o alvo da qualificação.

Avaliação da tecnologia: avaliação das tecnologias de acordo com seu grau de novidade, para priorizar esforços onde incertezas são mais significativas, e identificar os desafios-chaves.

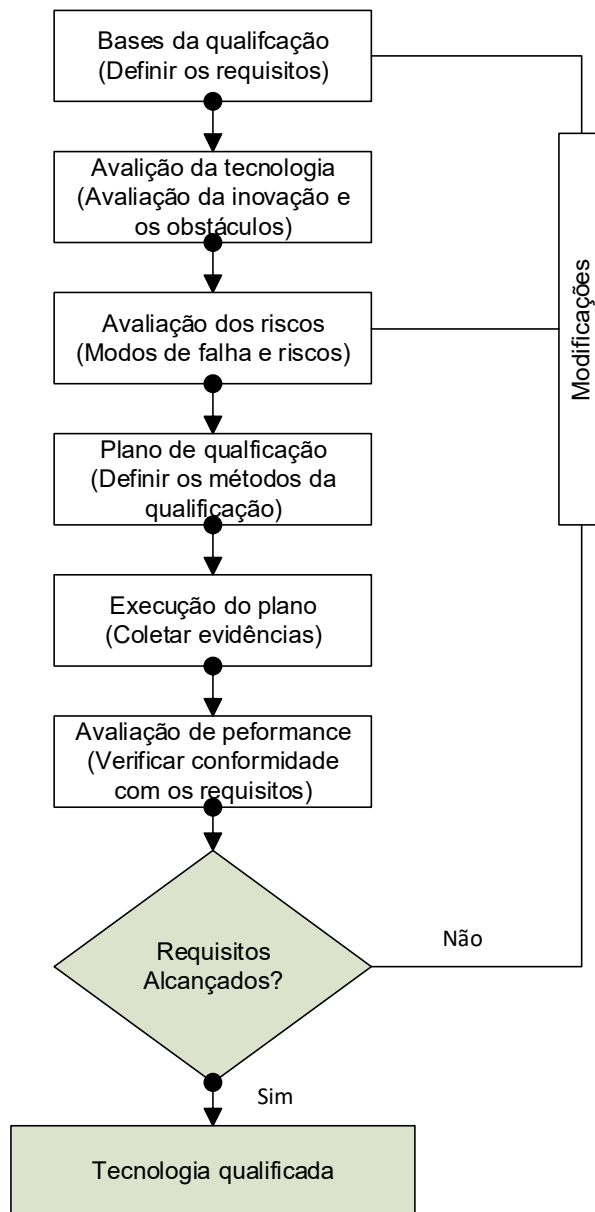
Avaliação dos riscos: Avaliar as ameaças, modos de falhas e seus riscos.

Plano de qualificação tecnológica: Desenvolvimento de um plano que contém as atividades necessárias para lidar com os riscos.

Execução do plano: Coletar evidência da qualificação tecnológica. As evidências são coletadas através de consulta com especialistas, análise numérica e testes.

Avaliação de performance: Avaliar se as evidências produzidas atendem aos requisitos das bases da qualificação tecnológica.

Figura 5: Processo de qualificação tecnológica



Fonte: Adaptado e traduzido de DNV (2013)

Apesar de o processo de qualificação tecnológica abordar requisitos, não há um processo difundido nesta etapa de gestão de requisitos, e isto pode resultar em que um requisito criado na base da qualificação seja diferente de um requisito especificado para o

produto e a tecnologia desenvolvida ou qualificada não seja aplicada ao produto que pode estar sendo desenvolvido em paralelo.

### **2.2.1 O estado da arte de qualificação tecnológica**

Na área de desenvolvimento de tecnologia, o processo de gestão de requisitos é muito incipiente, tendo poucos estudos voltados para o assunto. Para isso, foi feita uma revisão sistemática da literatura com intuito de observar e verificar o quanto se tem publicado destes assuntos relacionados. As palavras-chaves utilizadas foram “requirements” AND “technology”.

Hessen et al, (2013) utilizou-se das recomendações da norma *Det Norske Veritas* (DNV) para a qualificação de um absorvedor de dióxido de carbono em larga escala. Foi um processo baseado em risco, utilizando de modelagem do processo de absorção como modo de prever a criticidade dos modelos preliminares desenvolvidos. O artigo traz ênfase na validação destes submodelos que confrontam os valores disponíveis em dados experimentais da literatura e dados obtidos através dos submodelos (HESSEN; BAKHTIARY-DAVIJANY; MYHRVOLD, 2013).

R. Proskovics et al, (2016) propôs uma metodologia para avaliar os riscos de subestruturas de turbinas eólicas flutuantes. É separa em etapas, como avaliação dos riscos tecnológicos, análise da composição tecnológica, categorização da tecnologia, riscos à saúde, segurança e meio ambiente, riscos na manufatura e comercialização. (PROSKOVICS *et al.*, 2016).

M. Sabet (2013) propôs uma metodologia baseada em objetivo para a qualificação tecnológica, utilizando-se de opiniões de especialistas e satisfação do comprimento desses objetivos. O pesquisador participou em dois estudos de casos na área industrial de óleo e gás; foi efetuada a coleta de dados construindo o modelo de objetivo através de coleta das informações técnicas do portfólio da indústria, refinando as informações através de entrevistas com especialistas (SABETZADEH *et al.*, 2013).

H. Barkhtiary-Dvijany e T.Myhrvold (2013) fizeram uma comparação dos métodos disponíveis de avaliação da maturidade tecnológicas. No qual é criticado a necessidade de analisar a maturidade tecnológica trazendo poucos benefícios em melhorar a tecnologia e propõem um método combinado com uma abordagem baseado em riscos (BAKHTIARY-DAVIJANY; MYHRVOLD, 2013).

Storstenvik (2016) propõe um método modular para qualificação tecnológica e utiliza esse método para um Sistema de compressão subsea, separando o produto a ser qualificado em módulos e utilizando a seguinte sistemática: teste da qualificação tecnológica, teste de aceitação pela fábrica, teste funcional e teste de integração (STORSTENVIK, 2016).

M. Downes e L. Nguyen (2013) se utilizam de ferramentas de confiabilidade para o avanço da maturidade do projeto e separam quais atividades devem ser feitas nas respectivas maturidades tecnológicas. Em uma etapa inicial o processo é análise das funções críticas e testes analíticos e experimentais para a diminuição de incertezas. Em uma etapa em que o

sistema é mais maduro utiliza-se de DOE (*Design of Experiments*) e física da falha para a otimização do projeto. Este estudo utilizou como experimento um fuso aplicado à indústria armamentista. Algumas ferramentas comuns ao desenvolvimento de produto são utilizadas como o QFD (*Quality Function Deployment*), que é usado para traduzir as necessidades dos combatentes em requisitos de projetos (DOWNES; NGUYEN, 2013).

P. Vella et al,(2018), propõem um método para avaliar a maturidade tecnológica de processos micros e nanos de manufatura e parte da seguinte metodologia: definir a escala de maturidade, identificação de indicadores de maturidade, desenvolvimento de questionários para identificação de projetos de pesquisa e desenvolvimento, coleta dos questionários em pesquisadores trabalhando em diferentes projetos no portfólio das empresas, análise dos resultados para obter os esforços necessários da área de pesquisa e desenvolvimento ao longo da escala de maturidade (VELLA *et al.*, 2018).

Como conclusão desta revisão, observam-se que os requisitos, na maioria das aplicações dos artigos, são utilizados na sua forma final de especificações e metas para justificar um processo de qualificação tecnológica ou abordam o processo de requisitos na base da qualificação, que se difere de um requisito de produto, pois estes requisitos são objetivos a serem alcançados naquela etapa do processo de qualificação e não do produto final.

A revisão ainda mostra a falta de consenso entre os autores no uso dos requisitos e a falta de métodos para a gestão de requisitos. Somente um autor utiliza de ferramentas para gestão de requisitos, utilizando do QFD para elicitar requisitos originados dos combatentes para a fabricação de um fuso para indústria militar(DOWNES; NGUYEN, 2013), mostrando que, segundo a literatura, os requisitos utilizados para o processo de qualificação tecnológica não correspondem necessariamente aos requisitos gerados no processo de desenvolvimento de produto.

### **2.3 Gestão de requisitos em desenvolvimento de produto**

Nesta seção serão abordados os fundamentos de gestão de requisitos no processo de desenvolvimento de produto, o estado da arte em gestão de requisitos de produtos e tecnologias, que servirá de informação para os atributos necessários para um framework de gestão de requisitos em um processo de desenvolvimento de produto com integração tecnológica na metodologia proposta.

Quando se define um produto, geralmente é representado por uma lista de requisitos, também conhecida por especificações do produto ou valores-alvo. A informação é um mix de valores quantitativos e descrições qualitativas do produto, na maioria das vezes obtidos diretamente do cliente final, o que no PDP é conhecido como a voz do cliente (BAXTER *et al.*, 2008; FACCIO, 2010; PAHL *et al.*, 2015; ROZENFELD *et al.*, 2017).

O objetivo das atividades do gerenciamento de requisitos é obter e especificar os requisitos. O fato de requisitos inexistentes ou incorretos terem efeitos negativos no sucesso

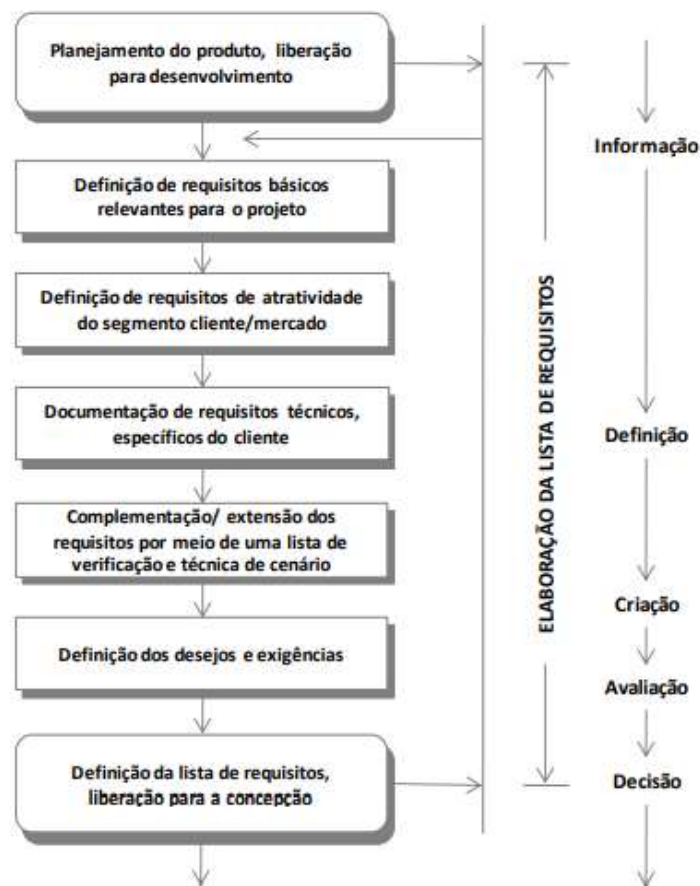
do produto é amplamente reconhecido (FACCIO, 2010; MARX; DE PAULA, 2011; SAKAO; SONG; MATSCHEWSKY, 2017; SONG, 2017).

O gerenciamento de requisitos é um processo que acompanha o planejamento e o desenvolvimento de um sistema. Começando com uma elicitação dos requisitos do cliente, os requisitos no nível do sistema devem ser derivados e divididos em requisitos no nível da função e do componente (PAHL et al., 2015; ROZENFELD et al., 2017; SONG, 2017).

Diversos autores concordam que os requisitos, independente da denominação adotada, devem ser escritos de forma objetiva e de maneira padronizada para que sejam compreendidos por todos os envolvidos no projeto, incluindo parceiros de desenvolvimento e fornecedores (MARX; DE PAULA, 2011; PAHL et al., 2015; ROZENFELD et al., 2017), no entanto, é necessário redigir adequadamente os requisitos, para evitar interpretações errôneas das necessidades dos clientes ou expressar ideias redundantes, inconsistentes, inexequíveis ou mesmo dificuldade nas soluções do projeto. (MARX; DE PAULA, 2011; ROZENFELD et al., 2017).

Na área de desenvolvimento de produto, Pahl et al. (2015) define o processo de gestão de requisitos em duas etapas: na primeira etapa os requisitos óbvios são documentados, enquanto que na segunda etapa os requisitos são detalhados ou desdobrados com as técnicas adequadas. Para Pahl et al. (2015) as principais atividades são as mostradas na Figura 6.

Figura 6: Etapas para a gestão de requisitos.



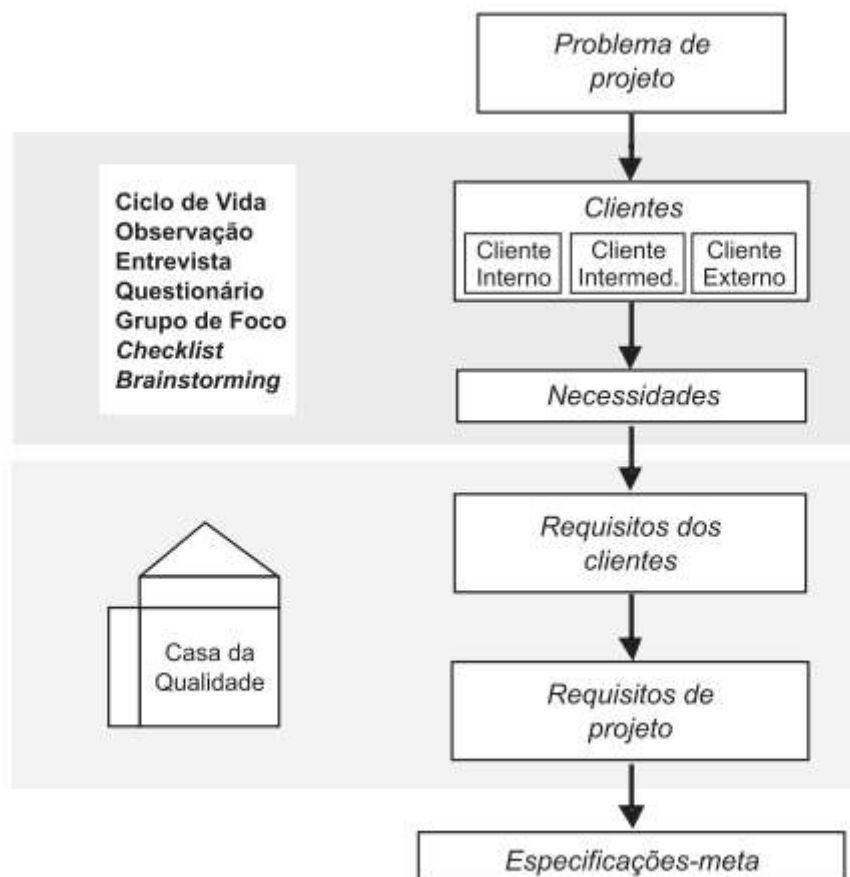
Fonte: Pahl et al. (2015)

Para Pahl et al. (2015), os requisitos iniciais devem ser somente os essenciais, mesmo sendo possível formular todos os requisitos. Este esforço pode causar atrasos desnecessários, portanto, recomenda-se que, ao decorrer do PDP, esses requisitos evoluam.

Para Rozenfeld et al. (2017), as atividades relacionadas a gestão de requisitos são o desenho do ciclo de vida do produto e definição dos stakeholders, que podem ser classificados de clientes externos, ou seja, os que usam ou consomem o produto; cliente intermediário, que são os responsáveis pelo marketing, divulgação e transporte, e, por fim, cliente interno, que são os projetistas, fornecedores e fabricantes do produto.

Após essa etapa, é necessário captar a voz do cliente, transformá-las em requisitos dos clientes e priorizá-los. Na etapa seguinte converte-se os requisitos dos clientes em requisitos do produto e prioriza-os na casa da qualidade QFD, para então transformar estes requisitos do projeto em especificação e meta. Na Figura 7 apresenta-se o fluxo de informação na etapa informacional.

Figura 7: Fluxo de informação no informacional segundo Rozenfeld



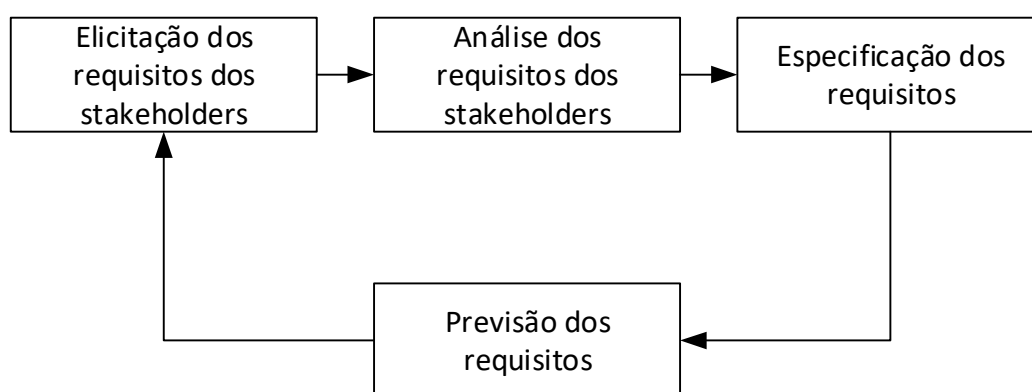
Fonte: Rozenfeld et al.(2017)

Existem algumas lacunas na gestão de requisitos na área de desenvolvimento de produto. Segundo Wiesner (2017), para o desenvolvimento de produtos, as abordagens de engenharia de requisitos já estão implementadas com alto grau de formalização. Existem modelos estruturados que fornecem um procedimento de desenvolvimento geral, no entanto, eles se concentram quase exclusivamente no desenvolvimento de requisitos como um processo, que é conduzido apenas no início da abordagem de desenvolvimento, por exemplo, especificando a lista final de requisitos.

Tseng (1998) e Jiao (2006), dizem que a definição do produto envolve um processo de elaboração entediante executado entre clientes, comerciantes e projetistas e que os principais problemas encontrados são: i) Incompatibilidade contextual: frequentemente, clientes, profissionais de marketing e projetistas empregam diferentes conjuntos de contextos para expressar os requisitos. As diferenças na semântica e terminologia prejudicam a capacidade de transmitir os requisitos do produto dos clientes aos projetistas, devido a diferentes perspectivas; ii) Falta de estruturas definidas nos requisitos: as capacidades de transmitir os requisitos do produto dos clientes aos projetistas são muitas vezes mal compreendidas e são geralmente expressas em termos abstratos, vagos ou conceituais, o que leva a trabalhar com base em suposições vagas, resultando em gargalos na tomada de decisões do projeto.

A revisão sistemática, realizada por Song (2017), descobriu que os processos de gerenciamentos de requisitos seguem um framework de produtos parecido, como mostrado na Figura 8: Framework para gestão de requisitos para produtos com serviço, e possui três estágios que são: elicitación de requisitos, análise de requisitos e especificação de requisitos. Em casos especiais, que são produtos com serviço integrado, possui um estágio a mais, que é a previsão de requisitos (SONG, 2017). Nessas etapas compreendem também a documentação, controle e mudança dos requisitos.

Figura 8: Framework para gestão de requisitos para produtos com serviço



Fonte: Adaptado de Song (2017)

Passa-se a destacar as atividades do processo de gestão de requisitos em um processo de desenvolvimento de produto:

Elicitação dos requisitos: É para extrair e fazer um inventário sistemático dos requisitos dos clientes e partes interessadas, incluindo o ambiente, estudos de viabilidade, análises de mercado, planos de negócios, benchmarks de produtos concorrentes, etc.

A elicitación dos requisitos do cliente enfatiza o processo de transformação que converte as construções verbais dos clientes, que são muitas vezes tácitas e subjetivas em uma declaração explícita e objetiva das necessidades dos clientes. Os requisitos do cliente podem se originar de diversos grupos de clientes em vários setores do mercado por meio de diferentes canais, como entrevistas, perguntas, feedback de agentes de vendas e varejistas, ou até relatório de manutenção.

A primeira etapa desta fase é a coleta das necessidades dos clientes, a fim de lidar com a intensa competição e também a diversidade nas opiniões dos clientes, os fabricantes precisam tomar feedback de seus clientes sobre o produtos e serviços (BAXTER *et al.*, 2008). Existem alguns métodos e fontes de dados para a coleta das necessidades dos clientes, Rozenfeld (2017) explicita algumas fontes de informações, que são, Requisitos Internos que é formada pelos dados que a empresa produz durante as operações rotineiras, dados Publicados e de Uso Comum, trata-se de informações dirigidas ao grande público sobre o setor ou o mercado consumidor, dados padronizados de marketing, nesta categoria incluem-se dados produzidos por empresas da área de informação e de marketing.

Além dessas fontes, Rozenfeld (2017) propõe alguns métodos de coleta de necessidades. Observação Direta, Entrevistas Individuais, Pesquisa Quantitativa (Enquetes) e experimentos controlados.

Existem algumas abordagens para o processo de elicitación de requisitos, os principais são: abordagem baseada em psicologia, nesta abordagem vários comportamentos complexos do cliente, como como percepções, motivações, atitudes e personalidade podem ser agrupadas sob fatores psicológicos para tomar decisões racionais (INKERMANN *et al.*, 2019).

Uma abordagem baseada em psicologia é a Engenharia kansei. No total há seis tipos de Kansei (SCHÜTTE *et al.*, 2004). O motivo da criação do Kansei é que o interesse em criar links de quantificação entre propriedades do produto e impressões dos usuários. Já existe há muito tempo, no entanto, uma análise mais profunda que revela que a percepção do usuário é muito complexa e que deveria ser levado em conta no processo de elicitación como os clientes se sentem. Isso depende de diversos campos científicos, como Engenharia, Qualidade, Matemática, Psicologia e Ergonomia, etc. O papel da engenharia kansei nesse contexto é atravessar as fronteiras entre os diferentes campos científicos, identificando ferramentas e remontando-os em novos métodos para a engenharia kansei e, para tal, é avaliado como palavras-chaves dentro destas disciplinas que influenciam nos sentimentos do cliente.

Chuan (2013) usou do kansei para relacionar apelo emocional na forma de palavras Kansei às características do design físico usando a classificação de item / categoria em óculos escuros vendidos via internet. Alguns exemplos das palavras usadas para a coleta foram: esportivo, glamoroso, clássico e etc., apresentando 20 modelos de óculos escuros. Os

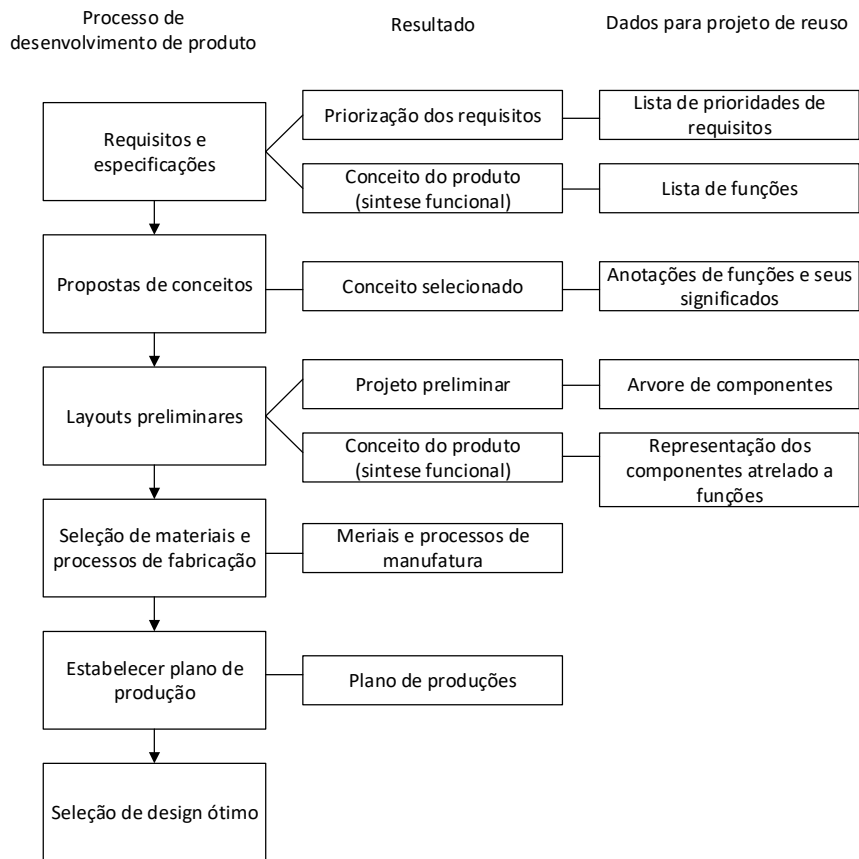


entrevistados avaliaram a performance dos óculos em respeito a estas palavras. Depois da avaliação que os clientes fizeram dos requisitos e comparado com as características de cada óculos foi possível prever quais características influenciam em maior ou menor grau os requisitos. Na pesquisa foi obtido o resultado que óculos com lentes azuis, laranjas e amarelas são, de forma geral, mais atrativos para o público da pesquisa.

Outra abordagem é por recuperação de conhecimento, que devido às dificuldades inerentes ao processo de obtenção de requisitos, a reutilização do conhecimento de dados históricos é um meio natural para facilitar o tratamento de informações e trocas de requisitos entre muitas preocupações de clientes, marketing e engenharia, como mostrado na Figura 9. Estas informações podem ser usadas por famílias similares de produtos. Dependendo da similaridade a etapas posteriores como a conceitual e preliminar (SHAHIN; SIVALOGANATHAN, 2005), para a gestão de requisitos os dados utilizados dos históricos é a lista priorizada de requisitos.

Outras maneiras de elicitación são utilizadas no processo de gerenciamento de requisitos, como utilização de inteligência artificial ou opiniões de especialistas para transformar de forma satisfatória as necessidades dos clientes em requisitos, porém na maioria dos casos reais raramente existe uma estrutura definitiva dos requisitos. As variáveis usadas para descrever requisitos geralmente são mal compreendidas e expressas em termos abstratos, difusos ou conceituais, levando ao trabalho com base em suposições vagas e inferência implícita. (STECHELT; FRANKE, 2009).

Figura 9: Estrutura de desenvolvimento de produto e os dados para reuso



Fonte: Traduzido e adaptado de Shahin & Sivaloganathan (2005).

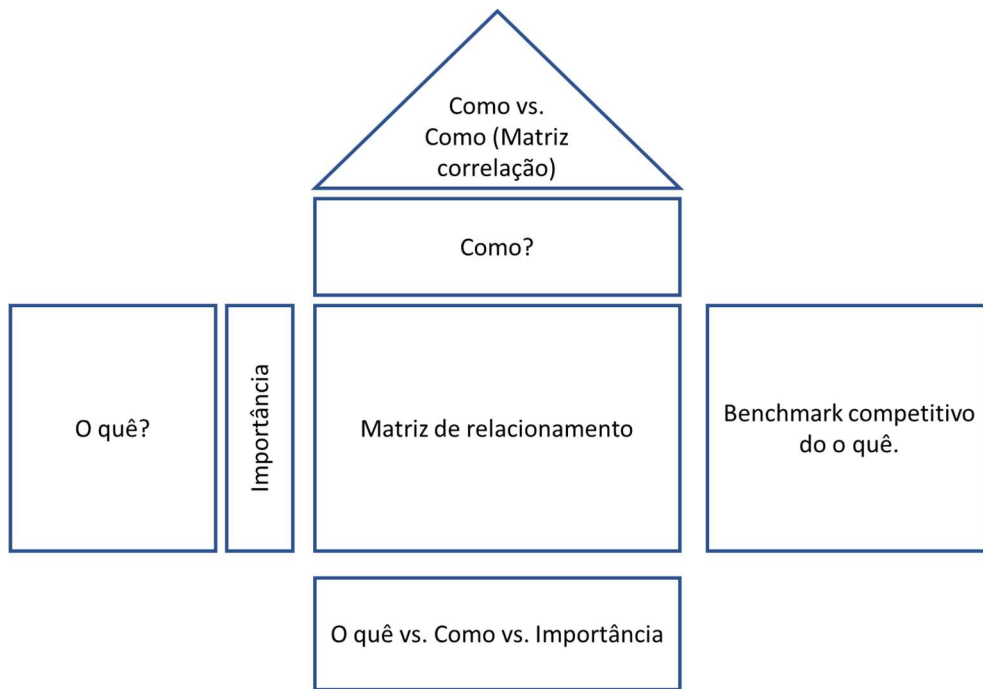
Transformação dos requisitos: Preocupa-se principalmente com a criação de uma especificação estruturalmente concreta e precisa dos requisitos do produto, com base no conhecimento funcional que foi extraído dos clientes e de outras partes interessadas (JIAO; CHEN, 2006).

Análise dos requisitos: A análise dos requisitos do cliente envolve o entendimento da preferência do cliente e dos mercados-alvo relevantes, juntamente com a priorização e classificação dos requisitos.

Priorizar a preferência do cliente em relação a um conjunto de requisitos é essencial. Isso sempre é conseguido através da atribuição de diferentes pesos de importância para os requisitos do cliente. Essa indicação da importância relativa aos requisitos afeta significativamente os valores desejados a serem definidos para as características de engenharia (JIAO; CHEN, 2006).

Algumas ferramentas podem ser usadas nesta etapa de priorização e uma delas é o QFD chamado também de casa da qualidade, uma matriz que fornece um mapa conceitual para o processo de design, com o objetivo de entender as necessidades dos clientes e estabelecer prioridades de especificações de produtos para satisfazê-las (PRASAD, 1998) como mostra a Figura 10.

Figura 10: Diagrama do QFD.

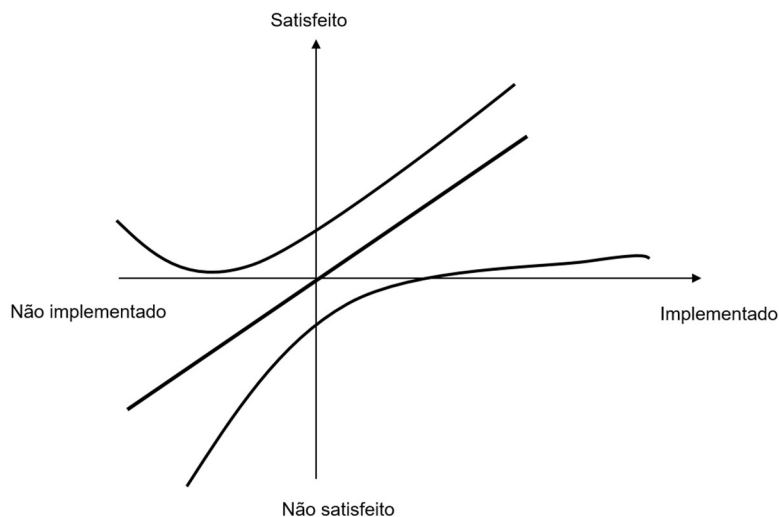


Fonte: Traduzido e adaptado de Prasad (1998).

Outro método para a priorização dos requisitos é o método Kano. O modelo Kano é uma teoria para o desenvolvimento de produtos para coletar a satisfação do cliente, desenvolvida na década de 1980 pelo professor Noriaki Kano, que classifica as preferências do cliente em cinco categorias (WITELL; LÖFGREN; DAHLGAARD, 2013).

O processo de construção do questionário Kano consiste em construir um conjunto de perguntas sobre os atributos ou requisitos que se deseja estudar, um primeiro conjunto são perguntas funcionais e o segundo perguntas disfuncionais, as perguntas elaboradas seguiram o formato de: “Se a ferramenta proposta tiver (atributo a ser estudado) como você se sentiria?”.

Figura 11: Modelo de Kano para satisfação do cliente.



Fonte: Adaptado de Violante (2014).

Para cada pergunta o respondente tem cinco possíveis respostas: (1) eu gosto disso desta maneira, (2) eu espero que seja desta maneira, (3) eu fico neutro, (4) eu posso aceitar que seja desta maneira, (5) eu não gosto disto desta maneira.

Combinando as duas respostas na avaliação do Kano os itens do produto ou serviço podem ser classificados como seis categorias de qualidade:

**Atrativo:** São atributos que tem maior influência de quão satisfeito o usuário vai estar com determinado produto ou serviço. Atributos atrativos são explicitados ou esperados pelo cliente, porém se não for cumprido não há insatisfação por parte dele.

**Unidimensional:** São atributos que são linearmente proporcionais com a satisfação do usuário, quanto maior o nível de cumprimento destes atributos maior a satisfação do usuário e vice e versa. Estes atributos normalmente são explicitamente demandados pelos clientes.

**Obrigatórios:** São critérios básicos para o produto ou serviço; se esses critérios não forem obedecidos os usuários estarão extremamente insatisfeitos, porém o cumprimento dos requisitos não aumentará a satisfação.

**Indiferente:** Os atributos em que a presença e a ausência não causam nenhuma satisfação ou insatisfação ao usuário.

**Reverso:** Os atributos causam insatisfação ou, a ausência destes, causa satisfação.

Quando não tem como tirar conclusão quanto ao atributo, pode ser um atributo mal elaborado, ou má resposta do questionário, então este atributo é questionável.

## **2.4 Outros métodos de gestão de requisitos de produto**

Nesta seção serão abordados os trabalhos mais recentes com os temas de gestão de requisitos na área de desenvolvimento de produto, para então mostrar a lacuna presente, a qual a dissertação pretende sanar.

Faccio (2010) aborda a gestão de requisitos ou Requirement Management (RM) e a gestão de parâmetros críticos CPM (*Critical Parameters Management*) relacionadas com o processo de desenvolvimento de produtos (PDP). O objetivo geral de Faccio (2010) é analisar os parâmetros críticos através da revisão e inserção das atividades da CPM e da RM ao longo do PDP. As etapas propostas por estes autores foram:

Identificação dos requisitos por meio de pesquisa de mercado, onde as demandas dos clientes foram levantadas e transformadas em requisitos do cliente, para posteriormente em requisito do novo produto, que no caso do estudo foi uma balança dinâmica de carcaça. A priorização da balança dinâmica de carcaças foi feita através da matriz da qualidade do produto QFD. Foi prosseguido por etapas comuns de desenvolvimento de produto, como desdobramento de funções, criação e seleção de um conceito. Ao final da criação do conceito

realizou-se o desdobramento em seus respectivos SSC's e a classificação de seu grau de complexidade

Identificação das variáveis que medem a qualidade dos SSC's, utilizando do QFD de matriz das características das partes, onde em vez de confrontar os requisitos dos clientes e os novos requisitos dos produtos, o que é confrontado são os SSC's e os requisitos dos produtos para, então, mapear o relacionamento entre as variáveis de qualidade dos componentes com os SSC's, as mesmas são tratadas como variáveis  $X_{ci}$  e as repostas de variável  $Y_i$ , criando, portanto, uma função de transferência como mostrado na equação 1.

$$Y = X_{ci} + X_{ci+1} \dots X_{ci+n} \quad \text{Eq. 1}$$

A relação entre as variáveis de qualidade e  $Y$  são extraídas via entrevistas com especialistas. O sistema de estudo foi o carro longitudinal de pesagem, que possuía a função principal de pesar carga; então a variável de resposta era a precisão de pesagem, sendo que algumas variáveis de qualidade são: Grau de proteção IPXY, dureza e precisão dimensional do carro longitudinal de passagem.

A metodologia de gestão de requisitos, proposta por Marx (2011), tem como objetivo apresentar a construção de uma sistemática de gestão de requisitos adequada ao PDP sustentável, de forma a facilitar a consideração de requisitos ambientais, sociais e econômicos no desenvolvimento de soluções efetivamente sustentáveis. A sistemática é separada em três etapas: definição dos objetivos de sustentabilidade do negócio, definição dos requisitos do negócio e definição dos requisitos do sistema-produto sustentável que pode ser observada na Figura 12.

Na etapa 0, os objetivos do negócio (dos níveis estratégico e tático-operacional) devem ser desdobrados em objetivos econômicos, ambientais e sociais, assegurando um ambiente viável para o desenvolvimento do sistema-produto sustentável. Em outras palavras, permite desenvolver sistemas-produto sustentáveis alinhados às estratégias da empresa. As principais atividades desta etapa são: mapeamento do cenário do negócio sustentável, levantamento das oportunidades de sustentabilidade, conversão das oportunidades em macro objetivos e subjetivos estratégicos de sustentabilidade, priorização dos objetivos estratégicos de sustentabilidade do negócio e desdobramento dos objetivos e subjetivos estratégicos em subjetivos dos níveis tático-operacionais.

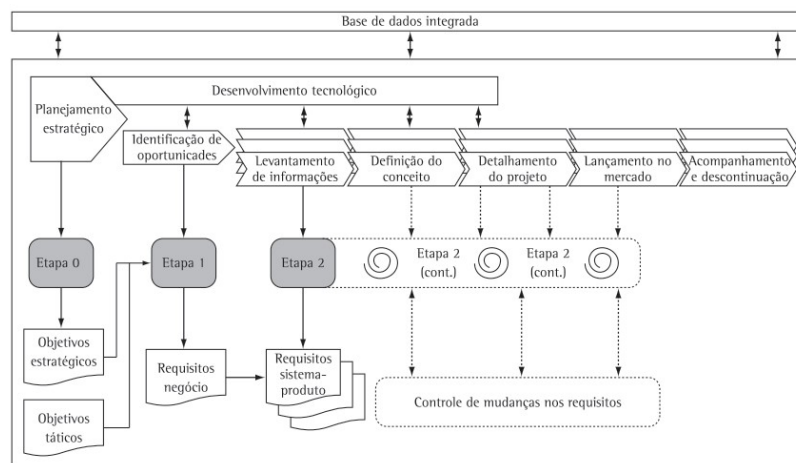
A etapa 1, consiste no desdobramento dos objetivos do negócio em requisitos do negócio sustentável para o PDP, que deve ser realizada em uma fase de planejamento estratégico do desenvolvimento de produtos ou gestão de portfólio na empresa. Seu objetivo é alinhar o PDP aos objetivos estratégicos da organização por meio de um documento de requisitos inicial, que deve ser utilizado como ponto de partida para o projeto de todos os produtos do portfólio da empresa.

Por fim, a etapa 2, que é a definição dos requisitos do sistema-produto sustentável e que consiste em quatro blocos de tarefas: elicitação; análise e negociação; documentação e

validação e controle das mudanças dos requisitos. Esta etapa é similar a uma gestão de requisitos de produtos tradicionais. Marx (2011) define que, além destas etapas, há uma atualização dos requisitos durante todo o processo de desenvolvimento de produto.

Analisando o processo de Marx (2011), pode-se resumir da seguinte maneira: a análise do objetivo da empresa a lançar um produto sustentável, o desdobramento destes objetivos em requisitos do negócio e, por fim, a gestão de requisitos do produto, seguindo as etapas de gestão de requisitos de elicitação, análise dos requisitos, documentação, validação e controle de mudanças.

Figura 12: Etapas da gestão de requisitos em projetos sustentáveis



Fonte: Marx (2011).

Outra área em ascensão é o desenvolvimento de produto com serviços integrados (PSS), Peruzzini, Marilungo e Germani (2015) propõem um método para elicitação dos requisitos em projetos com serviços integrado, assim, o método é baseado no QFD, utilizando de três etapas:

Definição das promessas ao consumidor (primeiro QFD). Parte-se da análise do mercado-alvo em relação a ideia conceitual do PSS para elicitar as necessidades do cliente. Então, as necessidades do consumidor estão relacionadas às promessas ao consumidor provenientes dos workshops de ideias dos PSS, durante os quais as ideias são discutidas por equipes de marketing e gerenciamento de toda a empresa (geralmente um representante para cada empresa e área).

Identificação das funcionalidades do PSS (segunda QFD): De acordo com as necessidades do consumidor resultantes da análise inicial de mercado, o pessoal técnico e de marketing define um conjunto de ideias; cada promessa ao consumidor pode ser facilmente transferida para às principais questões que a ideia do PSS deseja resolver. Posteriormente, os especialistas consideram um conjunto específico de funcionalidades que podem ser utilizadas para realizar a ideia, derivado da análise funcional realizada durante os workshops de ideação.

Elicitação de requisitos PSS (terceiro QFD): Neste contexto, tanto os requisitos funcionais quanto os do ecossistema são identificados considerando as relações entre as funcionalidades selecionadas conforme identificadas e ponderadas na etapa anterior, e os requisitos do ecossistema que consideram vários motivos: sustentabilidade, restrições tecnológicas, viabilidade e muito mais. Também neste caso, os pesos são normalizados para levar em consideração o valor de importância das funcionalidades selecionadas de acordo com uma escala homogênea considerando a amplitude de todas as funcionalidades.

Lyutov (2019) propõe um método para gerenciar o uso de informação de requisitos do cliente usando aprendizado de máquina, seguindo as seguintes etapas: retirada de informação, preparação dos dados, classificação por algoritmos e treinamento e testes desta qualificação.

Na literatura, o desenvolvimento de produto é tratado de maneira separada de desenvolvimento de tecnologia, por possuírem grandes diferenças. Portanto, a gestão de requisitos é afetada por esta visão. Produtos que possuem graus de inovação, ou necessitem de inovação tecnológica, não possuem uma metodologia que dê o necessário suporte. Por isso, é proposto, nesta dissertação, uma metodologia que integre as necessidades dos clientes que são originados, transformados em requisitos do produto e priorizados, nas etapas iniciais do desenvolvimento de produto, com o processo de avaliação de maturidade tecnológica através das métricas TRL, com o objetivo de auxiliar na gestão da tecnologia integrada com o produto.

### 3 Métodos e Técnicas da Pesquisa

Este capítulo tem como objetivo ilustrar a metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa ora apresentada, que foi realizada entre os anos de 2019 e 2020. No que tange a abordagem metodológica, a pesquisa apresenta uma abordagem mista. Vale ressaltar que o trabalho em destaque teve como objetivo identificar os atributos necessários que uma estrutura de gestão de requisitos com integração tecnológica deve possuir, e avaliar suas qualidades referentes a esses atributos e requisitos. Esta pesquisa é de base qualitativa, haja vista propor coletar os atributos desta estrutura de gestão de requisitos, de acordo com a literatura nas áreas de desenvolvimento de produto, tecnologia e gerenciamento de requisitos (THIOLLENT, 1984), os quais são validados conforme seis requisitos, quais sejam: de Completude, Exatidão, Consistência, Compreensibilidade, Alterabilidade e Fidelidade (HINCKEL, 2016), e quantitativa por validar esses atributos através do questionário Kano.

A seguir, destacam-se os instrumentos de pesquisa:

Questionários – Segundo (GIL, 2002), questionário pode ser definido “como a técnica de investigação composta por um número de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas, etc.” Nesta pesquisa, foi utilizado um questionário na fase de coleta de atributos antes da aplicação da ferramenta, essa técnica foi fundamental para coleta de dados após a implantação da mesma para a análise da qualidade.

Análise documental – A análise de fontes documentais relacionadas com a temática é uma estratégia básica em um estudo de caso. Estas fontes podem ser diversas, como relatórios, propostas, planos, registros institucionais internos, comunicados, dossiês, etc. A informação recolhida pode servir para contextualizar o caso, acrescentar informação ou para validar evidências de outras fontes. Esse tipo de evidência normalmente é utilizado com o objetivo de consolidar as informações obtidas por meio de outras fontes de evidências, sendo muitas vezes considerada como fonte secundária (YIN, 2005). No intuito desta pesquisa, a análise documental foi utilizada para coletar os dados da etapa informacional do projeto, como, por exemplo, as necessidades inicialmente coletadas, a síntese funcional, o conceito selecionado e a lista de materiais.

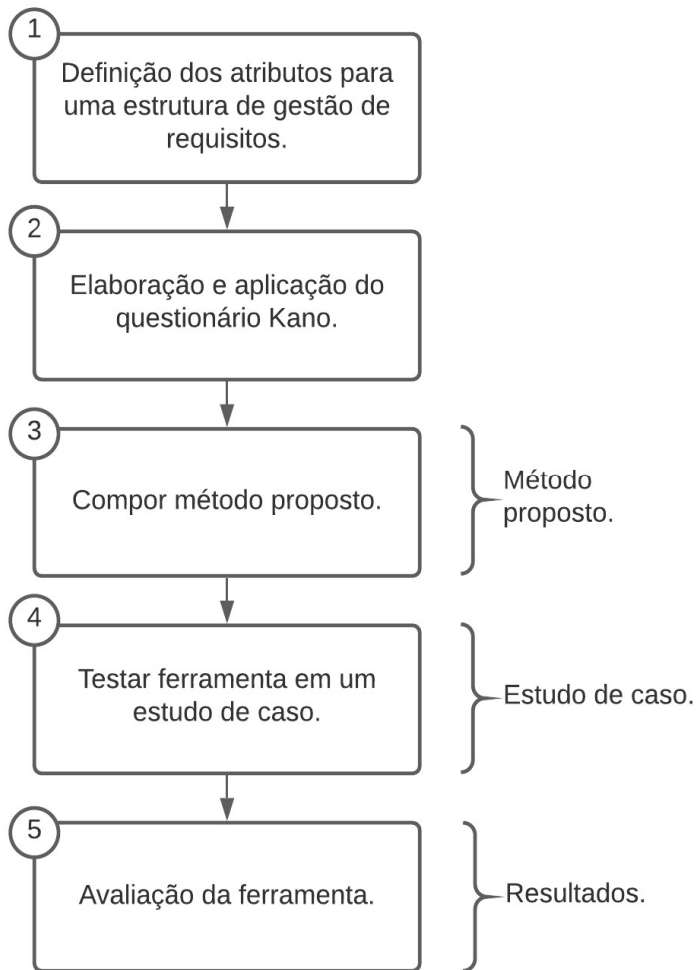
Entrevistas – Yin (2005) salienta que entrevistas são fontes de evidências essenciais no desenvolvimento de estudos de caso, sendo uma das suas vantagens principais a possibilidade de realizar inferências sobre dados registrados segundo a percepção dos entrevistados. Desse modo, utilizou-se desta ferramenta nesta pesquisa como meio para levantamento de dados, para avaliar a ferramenta, visto que, a percepção da mesma pode possuir um grau de subjetividade maior, assim, optou-se por entrevistas para a coleta de dados nesta etapa.



### 3.1 Procedimento Metodológico

A fim de responder às questões de pesquisa e satisfazer os objetivos do trabalho, foram definidas cinco tarefas que compõem o procedimento metodológico deste trabalho, como mostrado na Figura 13: Procedimento metodológico

Figura 13: Procedimento metodológico



Fonte: Autoria própria.

As tarefas são detalhadas como:

- 1) Definição dos atributos para uma estrutura para gestão de requisitos: Nesta etapa os atributos são coletados de acordo com a revisão bibliográfica, como por exemplo no processo de desenvolvimento de produto é uma etapa importante a definição dos sistemas, subsistema e componentes críticos (SSC).
- 2) Elaboração e aplicação do questionário Kano: O objetivo do questionário Kano é de avaliar se os atributos coletados na revisão bibliográfica são unidimensionais,

atrativos, obrigatórios, indiferentes, reversos e questionáveis (VIOLANTE; VEZZETTI, 2014).

- 3) Compor a ferramenta em dois eixos: Através dos atributos coletados através do questionário, elaborar uma ferramenta contendo atributos de desenvolvimento de produto e de avaliação de maturidade tecnológica.
- 4) Testar ferramenta no estudo de caso: Através da análise documental coletar os requisitos iniciais do projeto gerado na etapa informacional. E aplicar na etapa conceitual, após a seleção do conceito e geração da arquitetura preliminar, a ferramenta de gestão de requisitos e avaliação de maturidade tecnológica.
- 5) Avaliação da ferramenta: Foi feita via entrevistas estruturadas segundo ANEXO B, usando como base os atributos coletados pelo diagrama de Kano e seis requisitos utilizados para análise de softwares de gestão de requisitos, retirado do trabalho de Hincker (2016) de acordo com a Tabela 3.

*Tabela 3: Requisitos da ferramenta avaliados.*

<b><i>Critérios</i></b>	<b><i>O que é avaliado</i></b>
Exatidão	O modelo proposto representa corretamente os elementos e relacionamentos presentes no produto?
Compleitude	O modelo representa o produto de forma completa?
Consistência	Existem inconsistências no modelo?
Compreensibilidade	O modelo proposto é facilmente compreendido pelos stakeholders, os quais devem utilizar o modelo?
Alterabilidade	O modelo pode ser facilmente alterado durante o PDP?
Fidelidade	O resultado do modelo representa a realidade do produto?

*Fonte: Adaptado de Hincker (2016).*

Neste capítulo do trabalho será explicado com mais detalhe o procedimento metodológico da pesquisa, perpassando a etapa 3 (compor a ferramenta em dois eixos), a etapa 4, é contemplada na seção de estudo de caso e a etapa 5, é a avaliação da ferramenta que está nos resultados.

### **3.1.1 Definição dos atributos para uma estrutura de gestão de requisitos.**

Nesta etapa as coletas dos atributos que compõem a ferramenta foram feitas através de revisão bibliográfica e da análise de um questionário Kano.

No que diz respeito aos projetos focados no desenvolvimento de produto com a utilização de tecnologias maduras, os seguintes atributos foram coletados: Nesta etapa os atributos do processo de gestão de requisitos são aqueles definidos pelos autores de desenvolvimento de produto como PAHL *et al.*, (2015), Rozenfeld (2017), Baxter (2007) e Erixon (1996).

- A. Capacidade de realizar coleta de necessidades dos clientes: A etapa de coleta de necessidades pode ser feita por questionários, entrevistas, normas e padrões. Este atributo é comum em todo processo de gestão de requisito e é feito normalmente na etapa informacional;
- B. Capacidade de realizar a transformação das necessidades dos clientes em requisitos: Ainda na etapa informacional do projeto, as necessidades coletadas na etapa informacional são transformadas em requisitos de produto. Para tornar necessidades dos clientes que, usualmente são ambíguas e subjetivas, em requisitos que possam ser melhor entendidos, testados e comprovados pela equipe projetista;
- C. Capacidade de elicitar os requisitos do produto: Após a transformação das necessidades dos clientes em requisitos, há a priorização dos requisitos, com o objetivo de coletar os requisitos e prioriza-los para melhor negociar os recursos que serão utilizados para cumprir com os requisitos que são conflitantes. Muitas vezes essa priorização é feita através do QFD;
- D. Capacidade de avaliar os SSCs: Esta etapa é realizada após a etapa conceitual, utilizando dos requisitos para a avaliação do SSCs. Não foi encontrado, na literatura, uma maneira difundida utilizada nesta atividade, porém, para uma avaliação da maturidade tecnológica do produto, os SSCs se tornam uma parte importante.

Para a o processo de desenvolvimento de tecnologia, ou seja, tecnologias que ainda não são maduras o suficiente para a sua comercialização, os seguintes atributos foram coletados, para a avaliação com o questionário Kano e entrevista semiestruturada:

- A. Capacidade de selecionar os componentes críticos: Para a avaliação da maturidade tecnológica do produto é necessário selecionar os componentes críticos que serão avaliados e, desta forma, uma etapa de seleção destes componentes é realizada. Este atributo se intersecta com a capacidade de avaliar os SSCs. Nessa etapa, para a ferramenta, é utilizado uma metodologia de seleção de componentes críticos, onde busca-se uma maneira de avaliar os riscos que aquele componente pode trazer para o produto. Os métodos mais utilizados para isso estão na Tabela 1. No estudo de caso realizado neste trabalho, o método utilizado foi FMEA.
- B. Capacidade de aferir maturidade tecnológica atual do produto do projeto: Aferição da maturidade tecnológica do produto, com intuito de atribuir componentes valores de TRL. O objetivo da aferição é de dar ao gestor do projeto ideia de obstáculos a serem vencidos para o avanço da maturidade, ou riscos a serem negociados caso o produto seja lançado/prototipado fora do TRL adequado.

Para as disciplinas de gestão de requisitos e engenharia de sistemas, o atributo coletado foi em relação a capacidade de representar o produto em sua forma conceitual em uma forma de diagrama. A engenharia de sistemas se utiliza de linguagens padronizadas, como a UML e SYSML, para criação de diagramas que representem de forma diagramática o produto do projeto, onde, na arquitetura do produto, é alocado

requisitos nos elementos do mesmo. Para esta dissertação, um modelo é proposto utilizando dos requisitos, maturidade tecnológica e criticidade para gerar este modelo.

### 3.1.2 Elaboração e distribuição do questionário Kano

O objetivo da elaboração do questionário Kano foi validar se os atributos definidos na fundamentação teórica são atrativos, unidimensionais ou obrigatórios segundo os usuários.

Para medir o grau de satisfação e insatisfação, usa-se as equações 1 e 2, onde A, O, M e I são respectivamente os requisitos de qualidade, Atrativos (*Attractives*), Unidimensional (*One-dimensional*), Obrigatórios (*Must-be*) e Indiferentes (*Indiferent*):

$$Satisfação = \frac{A + O}{A + O + M + I} \quad \text{Eq. 2}$$

$$Insatisfação = \frac{O + M}{(A + O + M + I)(-1)} \quad \text{Eq. 3}$$

A Tabela 4 mostra a combinação em que se forma as seis categorias de qualidade.

Tabela 4: Tabela de avaliação do Kano.

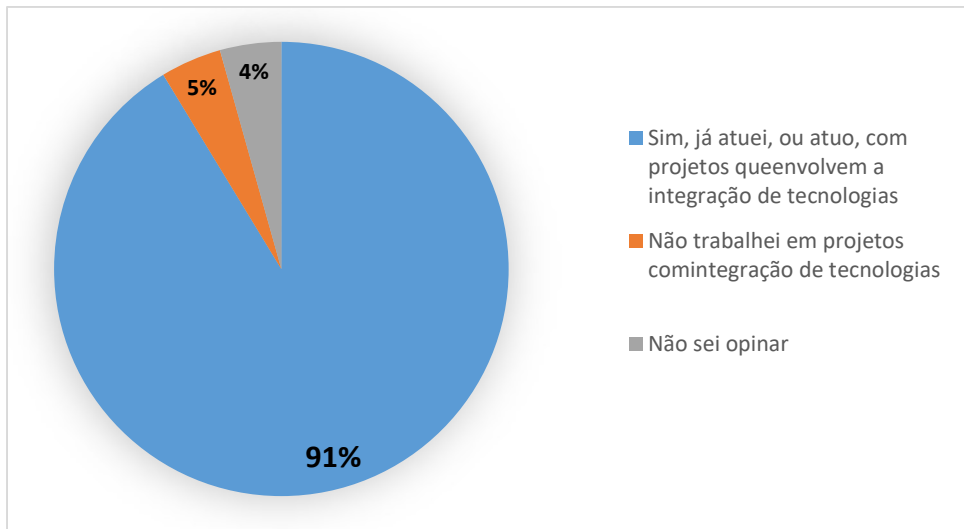
		Disfuncional				
		Eu gosto dessa maneira	Eu espero que seja dessa maneira	Eu fico neutro	Eu posso aceitar que seja dessa maneira	Eu não gosto disto desta maneira
Funcional	Eu gosto dessa maneira	Questionável	Atrativo			Unidimensional
	Eu espero que seja dessa maneira	Qualidade reversa	Indiferente			Obrigatórios
	Eu fico neutro					
	Eu posso aceitar que seja dessa maneira					
	Eu não gosto disto desta maneira					

Fonte: Adaptado de Violante (2014)

O questionário Kano foi realizado em uma ICT (Instituição de Ciência e Tecnologia) localizada na Bahia, com projetistas atuantes na área de design industrial. Para a caracterização da amostra, um conjunto de perguntas foi incluído junto ao questionário Kano, com objetivo de identificar as disciplinas atuantes dos respondentes, a característica do projeto e as principais dificuldades encontradas durante a gestão de requisitos. Foi distribuído para um grupo de 23 pessoas, como mostrado na Figura 14, sendo que somente uma delas

não sabia opinar se o projeto possuía ou não integração de tecnologia, e uma nunca trabalhou com projeto visa integração tecnológica.

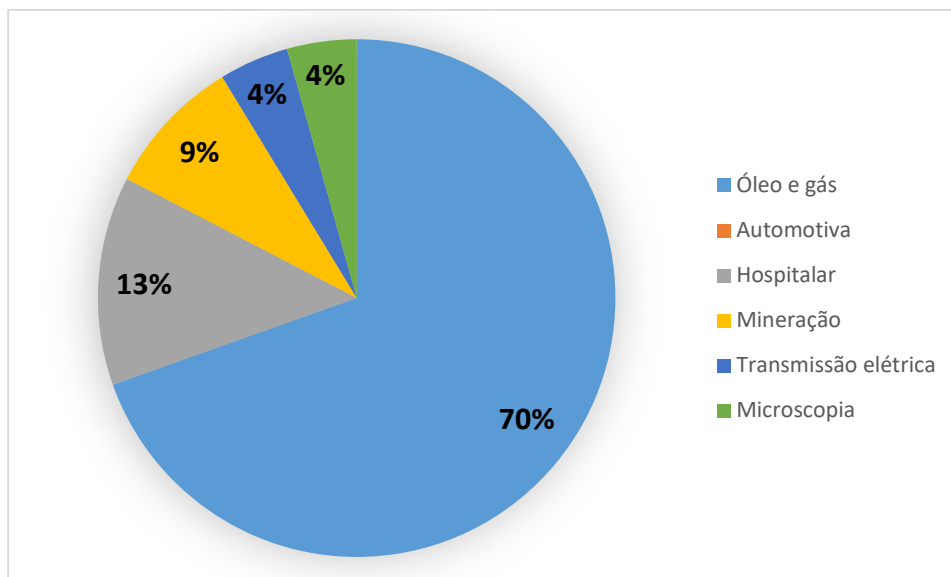
Figura 14: Perfil do projeto dos entrevistados



Fonte: Autoria própria

A amostra possui maioria dos seus projetos na área de óleo e gás, como pode ser visto na Figura 15. Salienta-se que isso, para a pesquisa, se caracteriza como satisfatório, pois no campo de óleo e gás se espera a necessidade de aplicação de novas tecnologias.

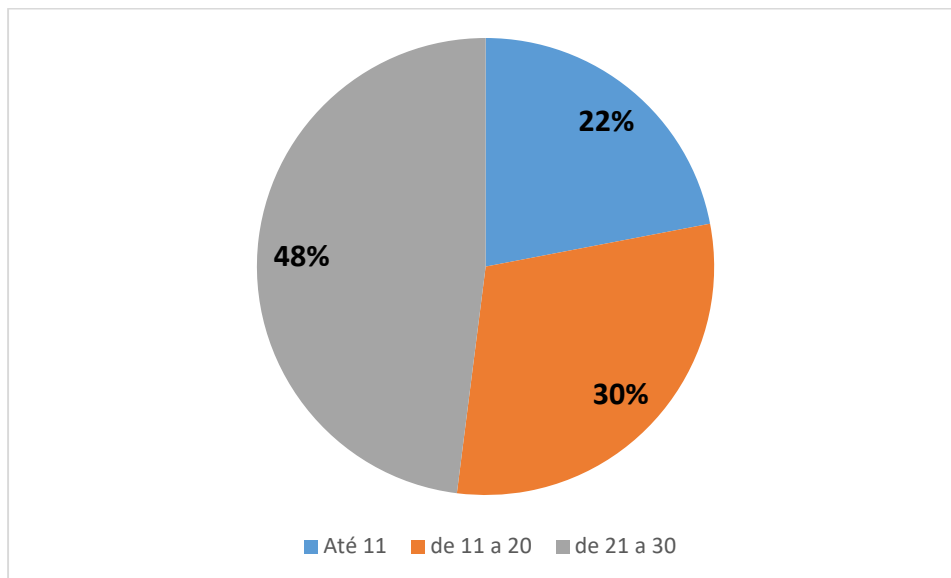
Figura 15: Principal área dos projetos analisados.



Fonte: Autoria própria.

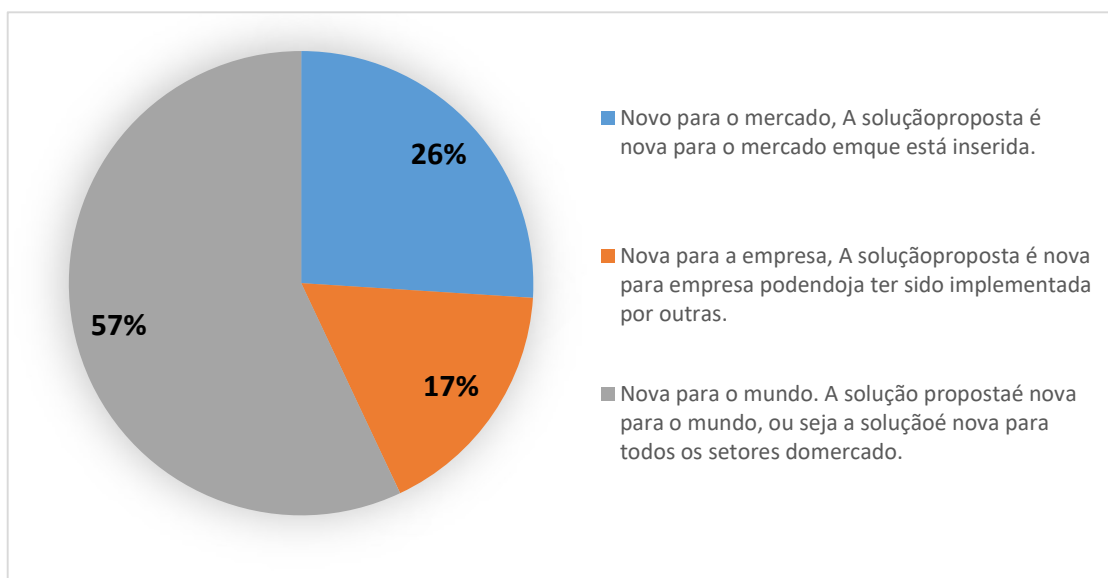
A amostra possui projetos de tamanhos bem variados, onde os maiores projetos contêm trinta integrantes e os menores contêm apenas cinco e a maioria dos projetos têm pelo menos algum grau de inovação. A distribuição pode ser vista no gráfico de pizza, correspondendo as Figura 16 e Figura 17.

Figura 16: Número de pessoas participando no projeto



Fonte: Autoria própria.

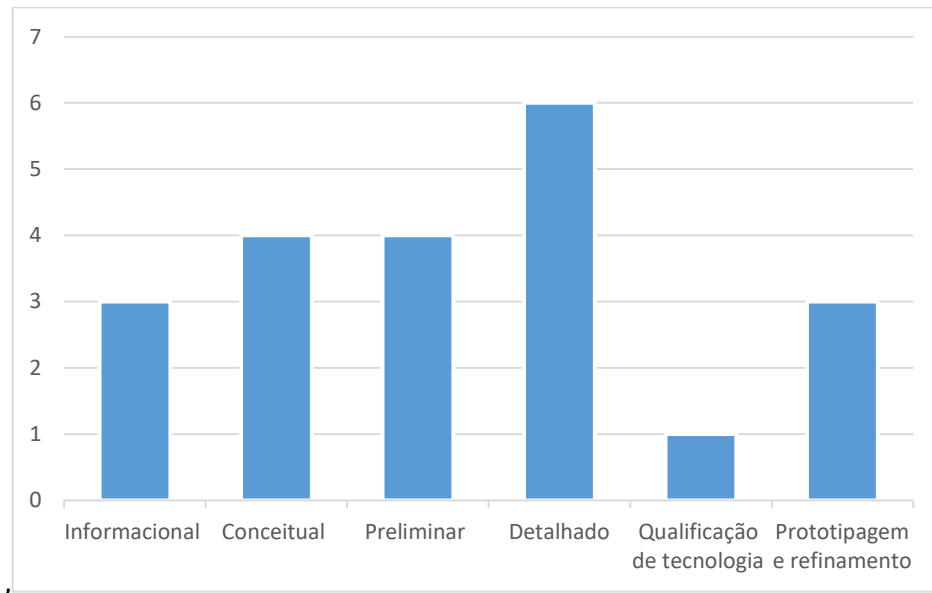
Figura 17: Grau de inovação dos projetos dos participantes



Fonte: Autoria própria.

Os entrevistados atuam em projetos em diversas etapas de desenvolvimento. A maioria esteve na etapa de projeto detalhado e somente um na etapa de qualificação da tecnologia. É compreensível, pois nem todo projeto necessita de uma qualificação tecnológica e, apesar de que, desenvolver ou qualificar uma nova tecnologia é custoso e nem todos os clientes estão dispostos a isto.

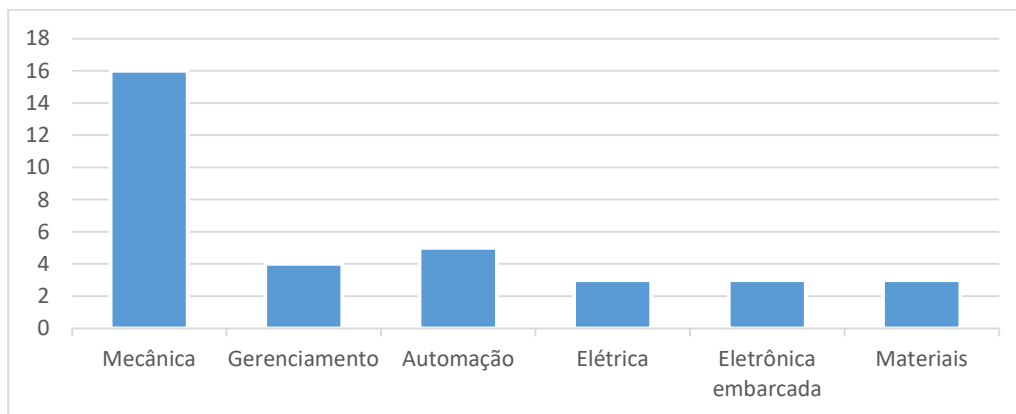
Figura 18: Etapa em que o projeto analisado se encontrava.



Fonte: Autoria própria.

A maioria dos respondentes tem pelo menos uma das disciplinas atuantes nos projetos, a mecânica, como mostra a Figura 19. Isso se dá pelo espaço amostral estar em grande maioria em um escritório de projeto em que maior parte é formada por engenheiros mecânicos e técnicos projetistas.

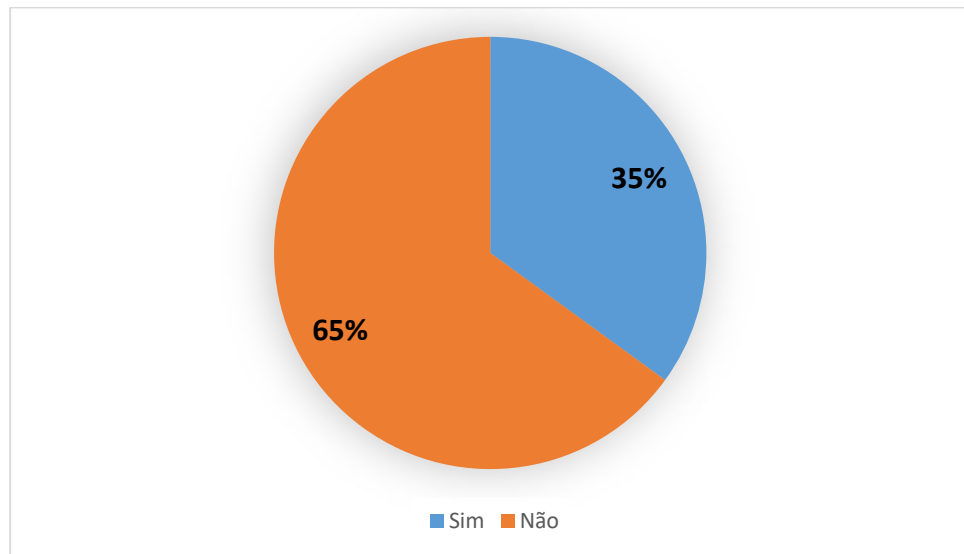
Figura 19: Distribuição do campo de conhecimento de cada participante.



Fonte: Autoria própria.

As primeiras perguntas foram para avaliar o quanto os requisitos mudam durante o andamento do projeto, como pode se observar na Figura 20, e quais os principais motivos desta mudança.

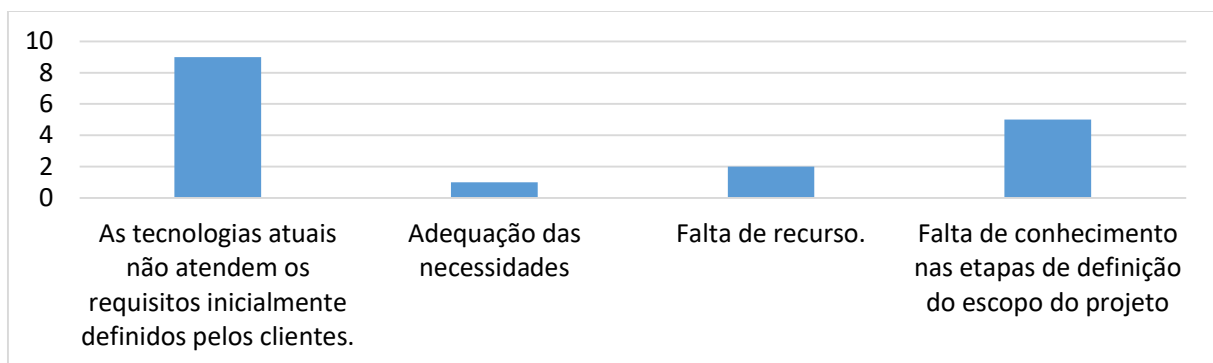
Figura 20: Percentual de pessoas que tiveram com projetos que mudaram de requisitos.



Fonte: Autoria própria.

Como o espaço amostral é composto, majoritariamente, por projetos inovadores e há integração de tecnologias, segundo os resultados da Figura 21 há a percepção que os requisitos mudam, principalmente, por conta de falta de capacidade das tecnologias atuais (60% dos respondentes), e por falta de conhecimento inicial na definição do escopo do projeto (33% dos respondentes) em projetos com integração de tecnologia e inovadores.

Figura 21: Principais motivos para a mudança dos requisitos dos projetos;

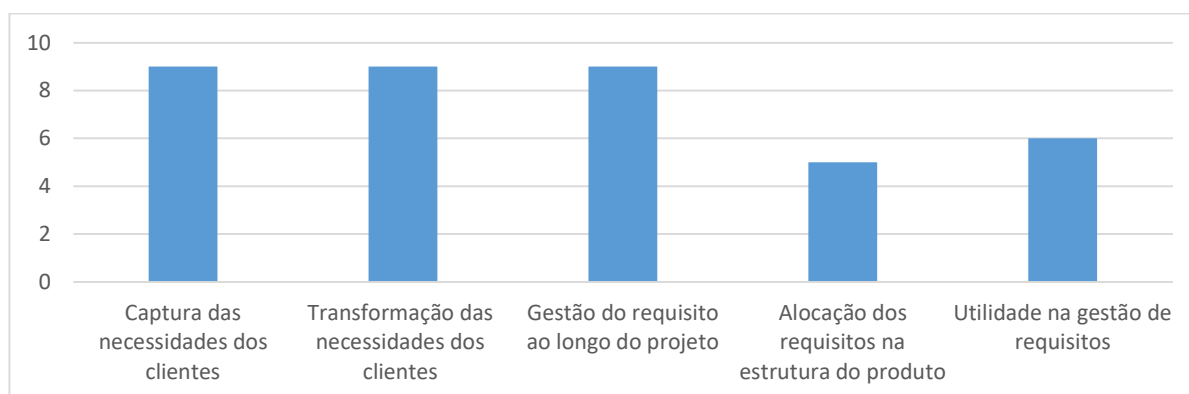


Fonte: Autoria própria.

Na Figura 22, as principais dificuldades encontradas pelo processo de gestão de requisitos são: a captura das necessidades dos clientes, transformação das necessidades dos clientes em requisitos e a gestão do requisito ao longo do projeto (39% dos respondentes), porém, os resultados são bem dispersos. Há dificuldades, ainda, na alocação dos requisitos no produto e há, também, a dificuldade de identificar a utilidade de se realizar a gestão de requisitos durante o processo de desenvolvimento de produto.



Figura 22: Principais dificuldades encontradas durante a gestão de requisitos.



Fonte: Autoria própria.

É possível afirmar que, de acordo com os resultados da Figura 21, uma metodologia para aferir o nível em que as tecnologias atuais se encontram ajudaria na gestão de requisitos. Se for possível definir já na etapa de planejamento o nível de maturidade tecnológica, os requisitos podem ser gerados de maneira mais precisa, porém é esperado que somente na etapa conceitual os princípios de solução sejam selecionados.

Na Figura 22, apesar de ter três maiores dificuldades, elas estão dispersas, isso vem de acordo também com a literatura, que, apesar de ter métodos e práticas para a gestão em desenvolvimentos de produtos, é um tema esparso e pouco estruturado, então é de se esperar que neste ambiente as dificuldades sejam homogêneas justificando também a mudança dos requisitos.

### 3.2 Questionário Kano – Segunda etapa

Nesta seção serão avaliados os seguintes atributos:

1. Capacidade de selecionar componentes críticos;
2. Capacidade de avaliar o TRL do estado atual do produto;
3. Capacidade de gerar novos requisitos;
4. Capacidade de alocar TRL e requisitos a componentes do produto;
5. Capacidade de gerar histórico de modificações.

A Tabela 5 mostra as respostas das perguntas Kano para avaliação dos atributos estudados da ferramenta. Com a pergunta funcional e disfuncional.

Tabela 5: Resultado do questionário Kano.

		<i>Eu gosto desta maneira</i>	<i>Eu espero que seja desta maneira</i>	<i>Eu fico neutro</i>	<i>Eu posso aceitar que seja desta maneira</i>	<i>Eu não gosto desta maneira</i>
<i>Primeiro atributo</i>	Funcional	8	14	0	1	0
	Disfuncional	0	0	3	12	8

<i>Segundo atributo</i>	Funcional	7	15	0	1	0
	Disfuncional	0	0	2	9	12
<i>Terceiro atributo</i>	Funcional	14	7	1	1	0
	Disfuncional	0	0	5	13	5
<i>Quarto atributo</i>	Funcional	15	7	0	1	0
	Disfuncional	0	0	4	15	4
<i>Quinto atributo</i>	Funcional	17	5	0	1	0
	Disfuncional	0	0	4	9	10

Fonte: Autoria própria.

Segundo a combinação das respostas das perguntas funcionais e disfuncionais seguindo a Tabela 4, obtêm-se os seguintes resultados para os cinco atributos avaliados:

Tabela 6: Avaliação dos cinco atributos usando a metodologia Kano.

	I	O	A	M
	<i>Indiferente</i>	<i>Unidimensional</i>	<i>Atrativo</i>	<i>Obrigatório</i>
<b>ATRIBUTO 1</b>	8 (34%)	1 (4%)	3 (13%)	7 (30%)
<b>ATRIBUTO 2</b>	8 (34%)	3 (13%)	3 (13%)	9 (39%)
<b>ATRIBUTO 3</b>	8 (34%)	4 (17%)	10 (43%)	1 (4%)
<b>ATRIBUTO 4</b>	8 (34%)	5 (22%)	10 (43%)	0
<b>ATRIBUTO 5</b>	6 (26%)	8 (34%)	7 (30%)	2 (9%)

Fonte: Autoria própria.

De acordo com a análise da Tabela 6, os seguintes atributos possuem maior percentual de respostas:

Atributo 1 (Capacidade de selecionar componentes críticos): Indiferente

Atributo 2 (Capacidade de avaliar o TRL do produto): Obrigatório

Atributo 3 (Capacidade de gerar novos requisitos): Atrativo

Atributo 4 (Capacidade de alocar TRL e requisitos a componentes do produto): Atrativo

Atributo 5 (Capacidade de gerar histórico de modificações): Unidimensional

As características obrigatórias são normalmente "não ditas". Se esses atributos não forem atendidos, o usuário ficará extremamente insatisfeito e no caso desta proposta a capacidade de avaliar TRL do produto é um atributo obrigatório.

Atributos de desempenho ou atributos unidimensionais são Recursos padrão que aumentam ou diminuem a satisfação de acordo com seu grau (custo / preço, facilidade de uso, velocidade). Essas necessidades são normalmente 'faladas', no caso desta proposta o atributo 5 é unidimensional.

Atributos atraentes são inesperados, que impressionam os usuários e ganham "crédito extra" para a empresa. Essas necessidades também são normalmente "não expressas". Para a ferramenta proposta os atributos 4 e 3 são atrativos.

O atributo indiferente é o Atributo 1, que no caso, é indiferente se o atributo está presente ou não.

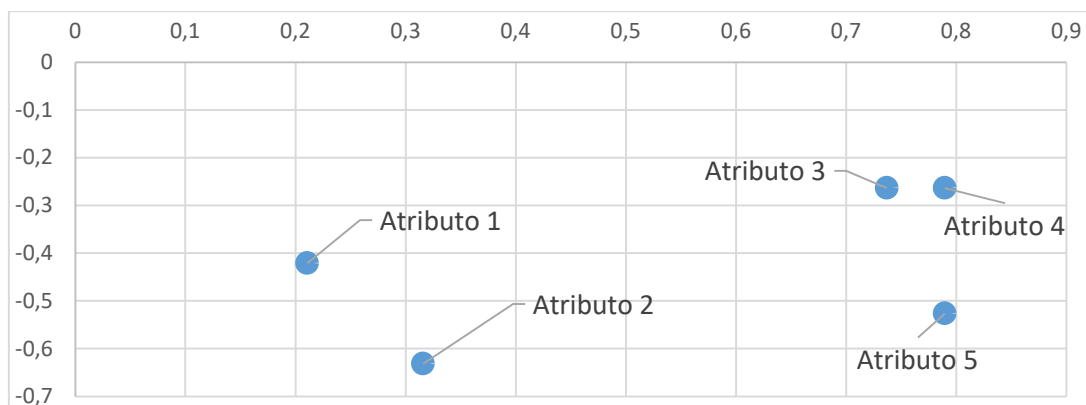
Na Tabela 7 e Figura 23 mostram como cada atributo influencia a satisfação do usuário. A extensão da satisfação, pode ir de 0 a 1, onde quanto mais perto de 1 maior é a influência do atributo na satisfação do usuário, e o grau de insatisfação é quando há falta deste atributo, e o quanto influencia na insatisfação do usuário. Como dado da pesquisa, os maiores valores foram marcados de negrito na Tabela 7.

Tabela 7: Grau de satisfação e insatisfação dos atributos.

	SATISFAÇÃO	INSATISFAÇÃO
<b>Atributo 1 – Indiferente</b>	0,210526	-0,42105
<b>Atributo 2 – Obrigatório</b>	0,315789	<b>-0,63158</b>
<b>Atributo 3 – Atrativo</b>	<b>0,736842</b>	-0,26316
<b>Atributo 4 – Atrativo</b>	<b>0,789474</b>	-0,26316
<b>Atributo 5 – Unidimensional</b>	<b>0,789474</b>	<b>-0,52632</b>

Fonte: Autoria própria.

Figura 23: Gráfico Grau de satisfação por grau de insatisfação.



Fonte: Autoria própria.

Melhorando o atributo 2 (Capacidade de avaliar o TRL do produto), pode-se diminuir a insatisfação dos usuários de maneira significativa, enquanto melhorando os Atributo 3 (Capacidade de gerar novos requisitos) e 4 (Capacidade de alocar TRL e requisitos a componentes do produto), aumenta-se a satisfação dos usuários e quando há melhorias no atributo que possui alto valor de satisfação e insatisfação Atributo 5 (Capacidade de gerar histórico de modificações) aumenta tanto a satisfação do cliente pela presença no produto, como diminui a insatisfação do cliente.

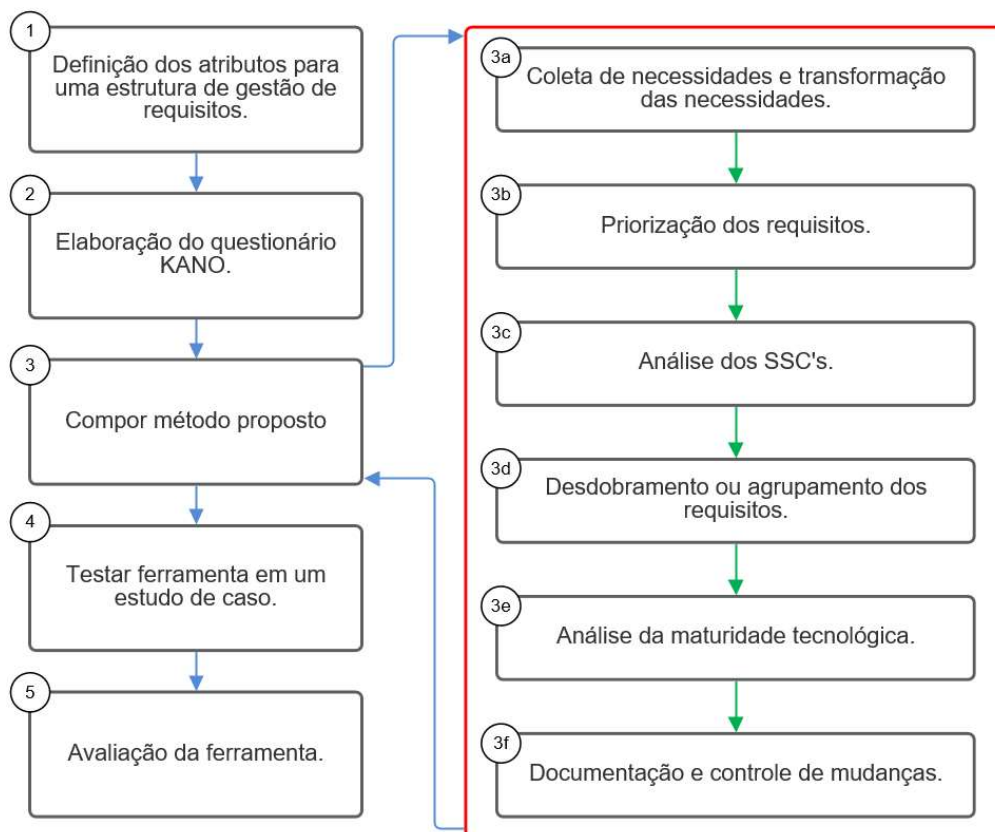
Ainda que o Atributo 1 (capacidade de selecionar componentes críticos) é indiferente, ele possui um valor considerável de grau de insatisfação (-0,42).

Isso indica que os atributos 2, 3, 4 e 5 necessitam estar na ferramenta de gestão de requisitos inovadores e o atributo 1 não traz benefício para o usuário. O atributo 1 então foi só utilizado para auxiliar no processo de avaliação da maturidade tecnológica, usando-se de uma metodologia já existente.

### 3.2.1 Compor o método proposto

Para construir o método de gerenciamento de requisitos proposto nesse trabalho, com base na coleta de informações das etapas anteriormente descritas, foi realizada uma sequência de atividades lógicas a serem desempenhadas. Na Figura 24, esta sequência da aplicação do método proposto possui seis etapas.

Figura 24: Método proposto.



Fonte: Autoria própria

Cada uma das etapas, apresentadas na figura anterior, é descrita a seguir:

3a. Primeira etapa: Coleta das necessidades, coleta de necessidades via workshop com o cliente principal e a equipe de desenvolvimento, em reuniões semanais e sua transformação em requisitos do produto.

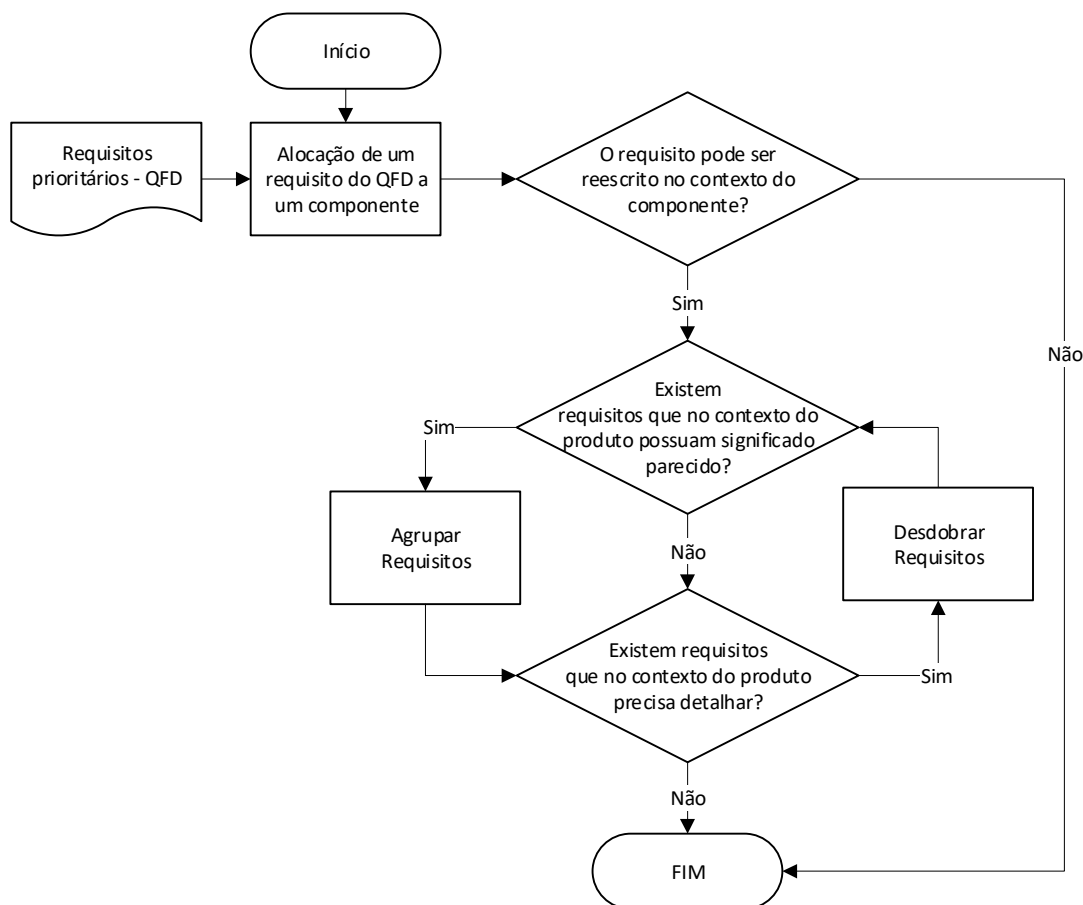
3b. Segunda etapa: Priorização dos requisitos, a priorização foi realizada pelo método QFD. Deve ser realizada em reuniões frequentes com os clientes.

3c. Terceira etapa: Análise dos SSCs, desdobramento do sistema em subsistema e componentes, podendo ser no formato funcional (síntese funcional), ou no formato estrutural (estrutura do produto). E ainda na análise dos SSCs há análise dos componentes críticos, onde os componentes do produto são selecionados, utilizando-se de uma das ferramentas propostas pela Tabela 1.

3d. Quarta etapa: desdobramento ou agrupamento dos requisitos e alocação destes requisitos nos componentes críticos seguindo os procedimentos da Figura 25, pelos seguintes motivos:

- No nível de componentes há requisitos que, apesar de serem de baixo nível, influenciam de maneira expressiva vários requisitos de alto nível (aqueles presentes no QFD, originado da transformação das necessidades coletadas pelo cliente em requisitos). Para facilitar o entendimento do requisito estes podem ser agrupados a um novo requisito, gerando uma especificação meta para vários requisitos no componente crítico em questão.
- No nível de componente, um requisito do QFD não é capaz de qualificar o componente ao nível de detalhe desejado, logo, este requisito pode ser desdobrado em diversos, até que este esteja a nível de especificação e meta.

Figura 25: Fluxograma agrupamento e desdobramento dos requisitos.



Fonte: Autoria própria.

3e. Quinta etapa: análise da maturidade tecnológica. Foi utilizado perguntas do trabalho de Rocha (2013) que baseou suas perguntas na norma ISO 16290:2013, porém, para este trabalho, as questões foram separadas para analisar uma proposta de maturidade dos requisitos. Mesmo que um requisito não tenha uma maturidade tecnológica, esta divisão serve para ver qual requisito está mais longe de ser atendido para o avanço da maturidade tecnológica.

As perguntas para avaliação dos requisitos são listadas abaixo na Tabela 8. Vale ressaltar que, em TRLs baixos, não há ainda ideia de produto, há somente pesquisas científicas. Por mais que em paralelo, no desenvolvimento de produto, tenha-se atenção aos requisitos dos clientes, pouco se faz por parte da pesquisa tecnológica.

*Tabela 8: Maturidade tecnológica dos requisitos*

TRL	Descrição básica	Perguntas
1	Princípios Básicos observados e reportados	Não há perguntas nesta etapa
2	Formulação de conceitos tecnológicos e/ou aplicação	Foram identificados potenciais aplicações e consumidores? Quais são as necessidades iniciais que serão satisfeitas através desta tecnologia?
3	Estabelecimento de função crítica de forma analítica ou experimental e ou prova de conceito	Foram especificados os requisitos principais de desempenho da tecnologia? As necessidades dos clientes foram transformadas em requisitos? Foram identificados os requisitos de alto nível do sistema para a aplicação? Os requisitos foram priorizados? Testes preliminares analíticos ou simulados com base nos requisitos priorizados foram feitos? Os testes comprovam aptidão funcional da tecnologia?
4	Validação funcional dos componentes em ambiente de laboratório	Houve <u>desdobramento</u> dos requisitos principais até nível de especificação e meta para os componentes? Foram executados testes laboratoriais? Foram definidas as especificações e metas de testes para o ambiente de laboratório? As especificações e metas são satisfeitas dentro de uma confiabilidade estabelecida?
5	Validação das funções críticas dos <u>componentes</u> em ambiente relevante	Novos requisitos foram identificados? Houve desdobramento destes novos requisitos em especificações e metas para os componentes? Foram definidas as especificações e metas de testes para o ambiente relevante? Foram executados testes em ambientes relevantes?

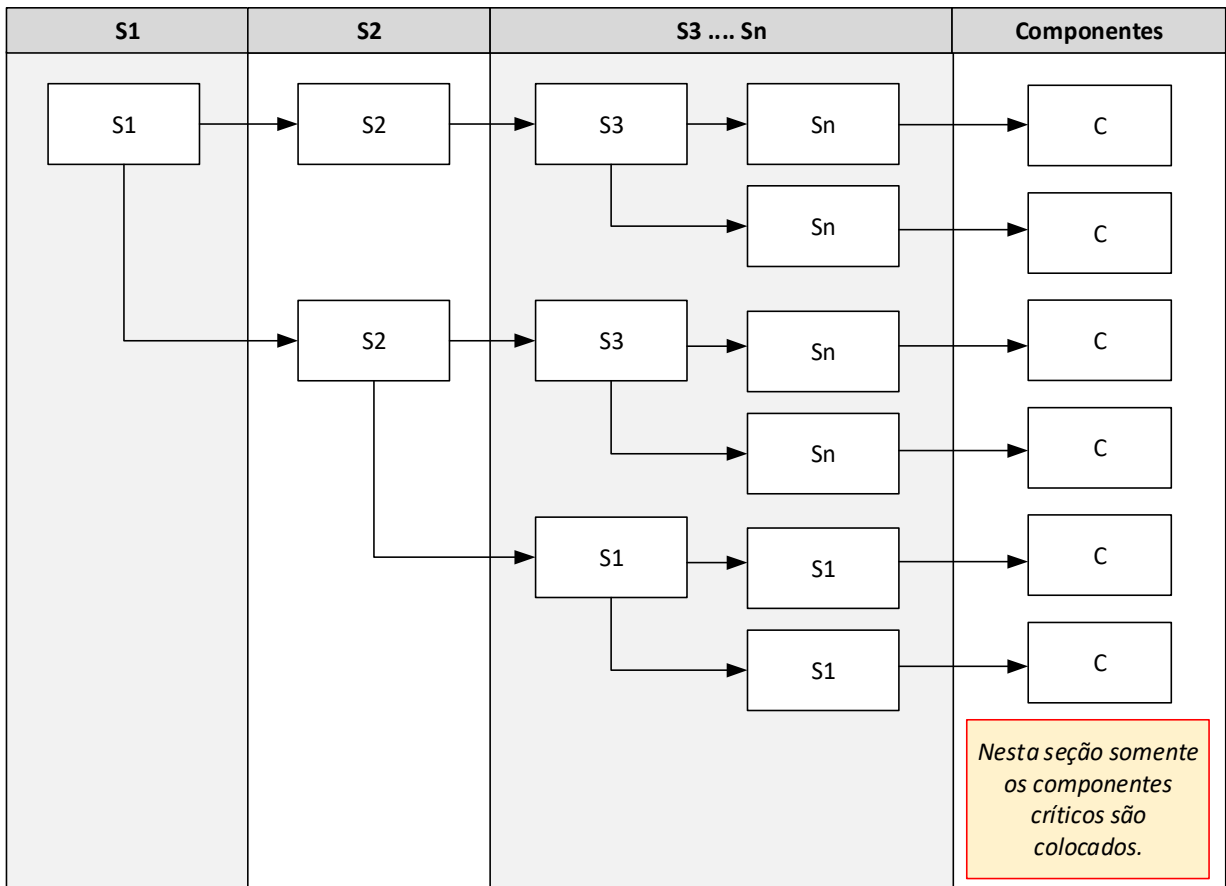
TRL	Descrição básica	Perguntas
		As especificações e metas são satisfeitas dentro de uma confiabilidade estabelecida?
6	Demonstração de funções críticas do <u>protótipo</u> em ambiente relevante	Foram identificados os requisitos de interface de sistema? Os requisitos do protótipo estão consolidados para o ambiente relevante? Foram executados testes em ambientes relevantes? Os requisitos são satisfeitos dentro de uma confiabilidade estabelecida?
7	Demonstração de <u>protótipo</u> do sistema ambiente operacional	Foram identificados os requisitos do sistema para o ambiente real? Foram executados testes em ambientes reais? Os requisitos são satisfeitos dentro de uma confiabilidade estabelecida?
8	Sistema qualificado e finalizado	É possível reproduzir o mesmo projeto com os mesmos requisitos?
9	Sistema operando e comprovando em todos os aspectos de sua missão operacional	Os requisitos continuam satisfeitos na confiabilidade esperada?

*Fonte: Autoria própria*

3f. Sexta etapa: Para a última etapa da ferramenta, há a documentação e controle de mudanças. Estas são feitas por meio de um diagrama e este diagrama compreende as etapas de seleção dos componentes críticos, análise dos requisitos (desdobramento, agrupamento e alocação dos requisitos) e análise da maturidade tecnológica dos componentes.

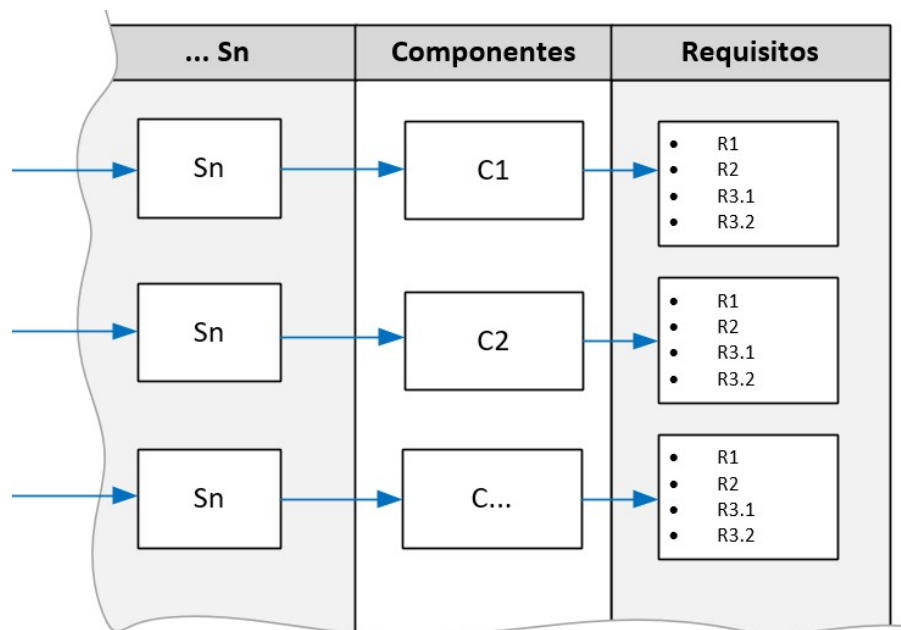
- Na primeira etapa da ferramenta, há os componentes críticos selecionados pelo FMEA, como mostra a Figura 26, onde S1, S2... Sn na figura, são subsistemas e C são os componentes do subsistema.
- Na segunda etapa da ferramenta, há os requisitos transformados e alocados aos componentes críticos como mostra a Figura 27. Estes são rastreáveis aos gerados pelo QFD, mantendo sua ordem de prioridade, onde R1, R2... R3.n são os requisitos e seus desdobramentos.
- Na terceira etapa, tem-se a avaliação do TRL, com as perguntas da Tabela 8, assim, quando todas os TRLs são cumpridos, o marcador fica verde, enquanto não forem cumpridos fica vermelho como mostra a Figura 28.

Figura 26: Gráfico de gestão, componentes críticos.



Fonte: Autoria própria.

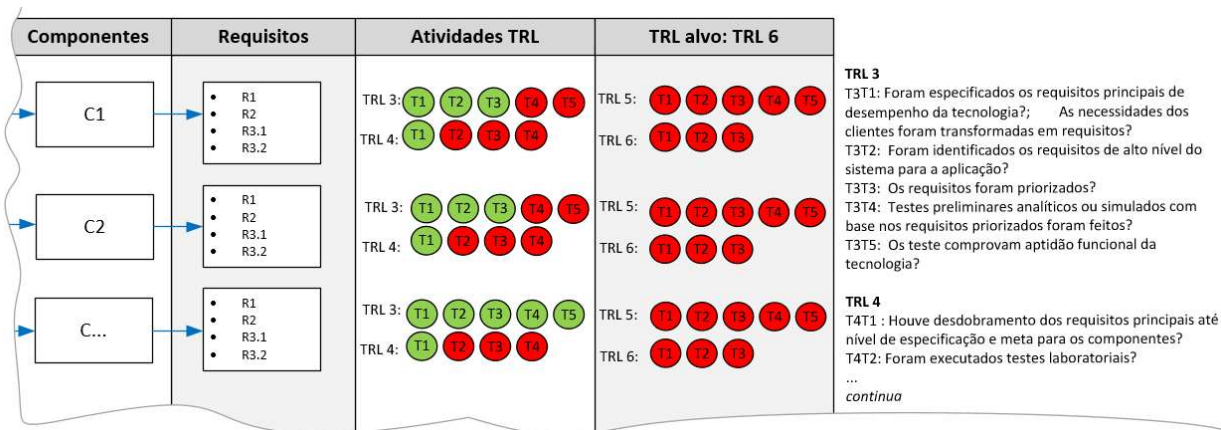
Figura 27: Etapa alocação dos requisitos aos componentes críticos.



Fonte: Autoria própria.



Figura 28: Avaliação da maturidade tecnológica.



Fonte: Autoria própria.

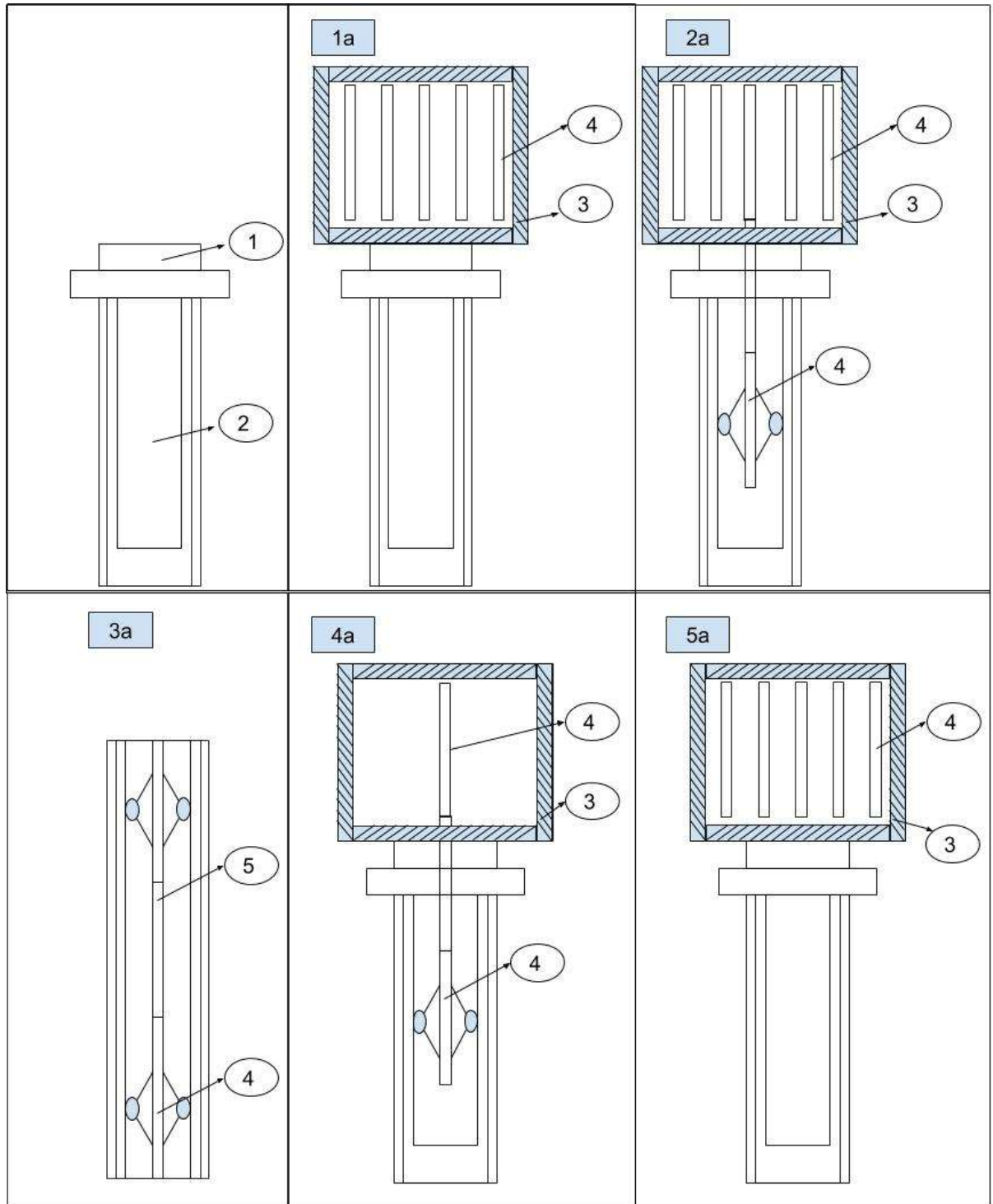
### 3.2.2 Estudo de caso: Teste da ferramenta em projeto

Para este estudo, buscou-se pautar o projeto na área de óleo e gás, inicialmente para operar em unidades *onshore* e logo depois com objetivo final de trabalhar nas unidades *offshore*, em que o ambiente de trabalho do produto é a coluna de produção, que é onde se faz a retirada do petróleo para a plataforma. Salienta-se que na coluna de produção há diversos problemas que necessitam de manutenção, em algumas operações leves são necessárias a utilização de uma sonda de *Light Workover* (embarcação utilizada para a execução deste tipo de manutenção), que se liga a árvore de natal (equipamento que consiste de um conjunto de válvulas e conexões que permite um controle racional da vazão de óleo) por um *riser* (conexão da sonda com o poço de petróleo). O projeto pretende substituir as operações de *Light Workover*. Assim, o projeto é composto de um casulo e uma unidade de intervenção modular.

Uma manutenção realizada pelo projeto ROBIN pode ser observada nas seguintes etapas, segundo a Figura 29, onde 1, 2, 3, 4 e 5 são respectivamente, a árvore de natal, o poço de petróleo, o casulo, os módulos da unidade de intervenção e a unidade de intervenção:

1. Instalação do casulo na árvore de natal: nesta etapa o casulo é instalado na árvore de natal e se conectando ao controle dela.
2. Montagem dos módulos no casulo: O casulo monta a unidade de intervenção, enquanto vai inserindo-o no poço de petróleo.
3. Execução da missão proposta: a unidade de intervenção se move no poço até o ponto em que deve executar a missão.
4. Desmontagem da unidade de intervenção e armazenamento no casulo: unidade volta para o casulo e o casulo desmonta a unidade em módulos armazenando-o.
5. Desmontagem do casulo e retirada dele da árvore de natal: o casulo executa as etapas de fechamento dele e da árvore de natal, e se desconecta do poço.

Figura 29: Etapas da manutenção de um poço

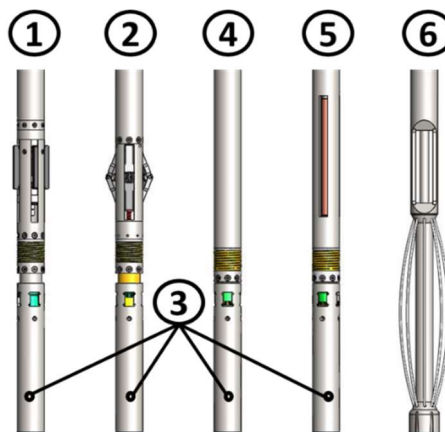


Fonte: Autoria própria

A unidade de intervenção foi desenvolvida de maneira modular como mostra a Figura 30, os módulos são trocados pelo casulo e cada módulo exerce uma funcionalidade a depender da missão, na figura, os números 1, 2, 3, 4, 5 e 6 são respectivamente os módulos de:

1. Módulo de força: Sistema responsável por gerar o impacto necessário para remover ou inserir a válvula de *gas lift* ou *plug*.
2. Módulo de tração: Sistema responsável por propiciar a movimentação da UI (unidade de intervenção) dentro da COP (coluna de produção).
3. Acoplamento: Sistema responsável por realizar a conexão mecânica, elétrica e de dados entre os módulos.
4. Bateria: O sistema de bateria é responsável por fornecer a energia necessária para a UI.
5. Principal: Esse sistema consiste no módulo principal de processamento da UI e possui os sensores para monitorar as variáveis do meio e medir a posição da UI.
6. Obstrução: Esse sistema tem como objetivo identificar obstrução parcial ou total à frente da UI e realizar limpeza leve de parafina para viabilizar a locomoção da UI pela COP.

Figura 30: Unidade de intervenção do ROBIN



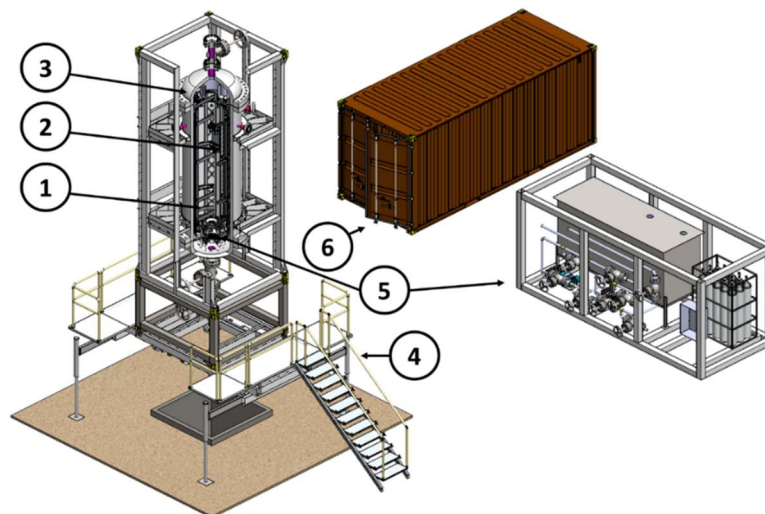
Fonte: Autoria própria

O Casulo é formado por diversos sistemas, parte deles estarão agregados e serão colocados sobre a AN (árvore de natal) e outra parte ficará separado como mostra a Figura 31, composto pelos seguintes sistemas.

1. Célula de montagem: O Sistema Célula de Montagem é responsável por realizar a montagem e desmontagem dos módulos disponíveis no Casulo formando assim a UI.
2. Magazine: O Sistema Magazine é responsável por suportar os módulos dentro do Vaso.

3. Conjunto Vaso: sistema Vaso é o invólucro que deve suportar a pressão do poço e comportar os Sistemas Célula de Montagem, Magazine e parte do Sistema Fluidos. O Vaso também deve viabilizar conexões elétricas e de controle da parte externa com sua parte interna.
4. Plataforma: Esse sistema compreende uma mesa a ser instalada sobre a AN que deve suportar o peso do Casulo bem como viabilizar o alinhamento do Casulo com a AN.
5. Sistema de injeção fluídos: Sistema responsável por realizar a limpeza da UI (em seu retorno ao Casulo), impedir que o petróleo entre no Casulo, efetuar o teste de estanqueidade, executar a equalização de pressão do Casulo com o poço e inertizar o Casulo antes de ser instalado no poço e em sua desinstalação para impossibilitar a existência de um ambiente explosivo.
6. Potência e controle: Sistema responsável por fornecer potência elétrica para o Casulo, controlar os mecanismos dos Sistemas Célula de Montagem e Sistema Fluidos, viabilizar a comunicação do operador com o Casulo e gerir os intertravamentos.

*Figura 31: Casulo do ROBIN*



*Fonte: Autoria própria*

### **3.2.2.1 O processo de gestão de requisito do estudo de caso**

Nesta etapa a coleta de dados foi feita por análise documental do projeto, visto que, a ferramenta proposta desta dissertação se aplica a conceitual, mas usa informações dela. O autor participou desta etapa, porém não houve aplicação da ferramenta em nenhuma etapa do informacional.

Coleta das necessidades: as coletas de necessidades foram feitas via workshop com o cliente principal, em reuniões semanais. Durante o período foram coletadas vinte necessidades.

As transformações das necessidades dos clientes para os requisitos do produto foram realizadas em reuniões semanais com a equipe de projeto e validada com o cliente principal, por reunião, e disso foram gerados sessenta requisitos, como se verifica na Tabela 9.

Tabela 9: Necessidades e requisitos do produto

<b>Necessidade</b>	<b>Requisito</b>
Redução de custo de intervenção	Custo de intervenção (incluindo custo do produto)
Redução da mobilização de equipamentos e pessoas durante a intervenção (gestão da logística) (SMS)	Número de pessoas mobilizadas na operação e montagem
	Número de equipamentos mobilizados na intervenção
	Nº de Transportes mobilizados na intervenção
Aumentar a produtividade dos poços de petróleo.	Percentual de ganho de produção do poço antes x depois da intervenção
Operar em ambiente hostil, submetido a altíssima pressão, temperatura elevada, substâncias corrosivas e material abrasivo.	Pressão externa para unidade de intervenção
	Pressão externa para unidade casulo Onshore
	Pressão externa para unidade casulo Offshore
	Temperatura externa a unidade de intervenção Onshore
	Temperatura externa a unidade de intervenção Offshore
	Temperatura externa ao casulo Onshore
	Temperatura externa ao casulo Offshore
	Operar em faixa de diâmetro de tubulação
	Resistir ao pH ácido
	Resistir ao H2S
	Raio de curvatura de passagem da unidade de intervenção para 2"
	Compatibilidade química (água de formação e fluídos produzidos)
	Resistir à radiação do poço
	Abrasão
	Máxima pressão que o sistema motriz pode fazer sobre a tubulação
Certificação para ambiente explosivo	
Fácil montagem e manutenção	Massa de subconjuntos
	Número de peças do produto
	Dimensões de subconjunto (x y z, Volume)
	Nº de ferramentas para montagem (fabricação)
	Número de operações para montagem produto (fabricação)
Facilitar a movimentação e transporte	Massa do sistema
	Dimensões do sistema (x y z, Volume)
Poder ser estocado em ambiente aberto – exposto a intempéries climáticas severas	Resistir a chuva (ambiente externo ao casulo)
	Resistir à radiação solar (UV)

Necessidade	Requisito
	Resistir a água do mar (salinidade)
	Suportar impacto accidental
Fácil instalação do sistema no poço	Número de operações para instalação do produto
	Número de ferramenta para instalação
	Flutuabilidade (Buoyancy) Levemente negativo (deixar descer)
Deve ser capaz de ultrapassar (se possível) obstáculos e equipamentos internos ao poço	Capacidade de deslocamento do interventor
Sistema deve ser autônomo e armazenar as informações missões	Capacidade de armazenamento de energia
	Capacidade de processamento
	Memória volátil
	Memória de armazenamento
O sistema deve garantir a sua segurança e a do ambiente	Precisão medição da quantidade da energia
	Precisão na medição de posição
	Precisão na medição do Ø
	Precisão da medição de pressão (Int e ext.)
	Precisão de medição da temperatura
	Precisão da previsão de consumo de energia
	Precisão da medição da força carga axial
Sistema deve ser capaz de se comunicar e transferir informação	Taxa de transferência de dados
	Comunicação à distância pela água
	Comunicação à distância pelo ar
Sistema simples de usar	Número de operações assistidas pelo operador (software)
	Número de procedimentos pré-programados
	Quantidade de operações de verificação de segurança (antes, durante e após a cada operação - software e procedimentos do operador)
	Tempo de troca/recarga da bateria
Elevada vida útil	Intervalo entre manutenções do sistema ROBIN
	Vida útil (horas de operação)
Utilização de componentes e materiais de mercado	Componentes de mercado
Acoplar em equipamentos padronizados (físicos e sistemas)	Número de acoplamento padrão para outros equipamentos
Projeto de sistema para fácil separação de materiais	Nº de diferentes materiais (aço, plástico, cerâmico)
	Número de componentes modulares (condensar funções - Não segmentação do sistema)

<b>Necessidade</b>	<b>Requisito</b>
Resgatável por outra unidade de intervenção ou por pescaria por arame (caso necessário)	N/A
Atualização do sistema	N/A

*Fonte: Aatoria própria.*

Priorização dos requisitos: No projeto, a priorização foi realizada pelo método QFD e os requisitos priorizados podem ser verificados na Tabela 10, onde há a pontuação do QFD e a tendência e onde o cumprimento do requisito se dá aumentando (maior) ou diminuindo (menor). O QFD foi realizado em 4 reuniões, com duração cada de 4 horas, por três integrantes do projeto, mais o autor, e uma reunião com dois integrantes do projeto e o cliente principal. Os conflitos dos requisitos podem ser observados na tabela do QFD presente no Anexo A – QFD.

*Tabela 10: Requisitos priorizados pelo QFD.*

<b>#</b>	<b>Requisito</b>	<b>Tendência</b>	<b>Pontuação</b>
1	Custo de intervenção (incluindo custo do produto)	Menor	460
2	Número de pessoas mobilizadas na operação e montagem	Menor	351
3	Número de equipamentos mobilizados na intervenção	Menor	336
4	Dimensões do sistema (x y z, Volume)	Menor	296
5	Número de procedimentos pré-programados	Maior	288
6	Massa do sistema	Menor	263
7	Quantidade de operações de verificação de segurança (antes, durante e após a cada operação - software e procedimentos do operador)	Menor	253
8	Número de operações assistidas pelo operador (software)	Menor	234
9	Nº de Transportes mobilizados na intervenção	Menor	231
10	Precisão na medição de posição	Menor	231
11	Capacidade de processamento	Maior	228
12	Número de acoplamento padrão para outros equipamentos	Maior	225
13	Capacidade de armazenamento de energia	Maior	216
14	Precisão na medição do $\emptyset$	Menor	213
15	Certificação para ambiente explosivo	Maior	213
16	Suportar impacto acidental	Maior	202
17	Precisão da medição de pressão (Int e ext.)	Menor	198
18	Memória de armazenamento	Maior	192
19	Operar em faixa de diâmetro de tubulação	Maior	192
20	Precisão da previsão de consumo de energia	Maior	189
21	Precisão de medição da temperatura	Menor	186
22	Dimensões de subconjunto (x y z, Volume)	Menor	185
23	Capacidade de deslocamento do interventor	Maior	183



#	Requisito	Tendência	Pontuação
24	Precisão medição da quantidade da energia	Maior	162
25	Massa de subconjuntos	Menor	161
26	Memória volátil	Maior	159
27	Número de ferramenta para instalação	Menor	156
28	Resistir ao pH ácido	Menor	151
29	Número de operações para instalação do produto	Menor	150
30	Comunicação a distância pela água	Maior	138
31	Temperatura externa a unidade de intervenção Onshore	Maior	135
32	Temperatura externa a unidade de intervenção Offshore	Maior	135
33	Resistir ao H2S	Menor	133
34	Compatibilidade química (água de formação e fluídos produzidos)	Menor	133
35	Pressão externa para unidade de intervenção	Maior	130
36	Comunicação a distância pelo ar	Maior	123
37	Percentual de ganho de produção do poço antes x depois da intervenção	Maior	108
38	Raio de curvatura de passagem da unidade de intervenção para 2"	Menor	108
39	Intervalo entre manutenções do sistema ROBIN	Maior	108
40	Resistir a água do mar (salinidade)	Maior	103
41	Taxa de transferência de dados	Maior	102
42	Pressão externa para unidade casulo Offshore	Maior	100
43	Precisão da medição da força carga axial	Menor	99
44	Flutuabilidade (Buoyancy) Levemente negativo (deixar descer)	Menor	93
45	Tempo de troca/recarga da bateria	Maior	87
46	Componentes de mercado	Maior	86
47	Temperatura externa ao casulo Onshore	Menor	84
48	Máxima pressão que o sistema motriz pode fazer sobre a tubulação	Menor	84
49	Vida útil (horas de operação)	Maior	81
50	Resistir à raios solares (UV)	Maior	79
51	Nº de diferentes materiais (aço, plástico, cerâmico)	Menor	79
52	Temperatura externa ao casulo Offshore	Menor	75
53	Resistir a radiação do poço	Menor	73
54	Abrasão	Maior	70
55	Resistir a chuva (ambiente externo ao casulo)	Maior	61
56	Número de componentes modulares (condensar funções - Não segmentação do sistema)	Maior	54
57	Número de peças do produto	Menor	52
58	Nº de ferramentas para montagem (fabricação)	Menor	51
59	Número de operações para montagem produto (fabricação)	Menor	45
60	Pressão externa para unidade casulo Onshore	Maior	12

Fonte: autoria própria



O método utilizado para a seleção dos componentes críticos foi o FMEA e os critérios foram: números de modo de falha, números dos efeitos das falhas e o valor total do RPN. Os componentes selecionados do sistema foram para o sistema de tração da unidade de intervenção e para o sistema de montagem do casulo, como se verifica na Tabela 11, e serão estes 22 componentes que terão a maturidade tecnológica analisada.

Tabela 11: Componentes críticos selecionados

Subsistema	Componentes
Unidade de intervenção	Mecanismo de barra
	Roda
	Mecanismo de ajuste de wallpress
	Engrenagens (Sistema tracionador)
	Motor (Sistema tracionador)
	Rolamento (Sistema tracionador)
	Redutor (Sistema tracionador)
	Anel elástico (Sistema tracionador)
	O-rings (Sistema tracionador)
	Engrenagens (Sistema acionador)
	Motor (Sistema acionador)
	Rolamento (Sistema acionador)
	Redutor (Sistema acionador)
	Anel elástico (Sistema acionador)
Casulo	Rolamento axial (sistema de rotação)
	Guias lineares (avanço vertical)
	Guias lineares (avanço Horizontal)
	Braço de acionamento
	Eixos de apoio
	Garras
	Guia de deslocamentos
	Esteiras

Fonte: Autoria própria.

Na aplicação do projeto ROBIN, foi feita a análise dos requisitos na etapa preliminar, seguindo o procedimento proposto pela Figura 25, surgindo os requisitos desdobrados e agrupados que ficaram da maneira como mostra na Tabela 12, estes requisitos são os requisitos que serão usados para a análise da maturidade tecnológica, com este procedimento os requisitos desdobrados e unificados possuem rastreabilidade com os requisitos gerado pelo QFD caso haja conflitos futuros que necessitem ser resolvido.

Tabela 12: Requisitos desdobrados, agrupados e alocados a componentes para a unidade de intervenção.

Componentes	Requisitos do QFD	Requisitos desdobrados
<b>MECANISMO DE BARRA</b>	Operar em faixa de diâmetro de tubulação	Dimensões do mecanismo de barras
	Dimensões de subconjunto (x y z, Volume)	Dimensões das rodas

<b>Componentes</b>	<b>Requisitos do QFD</b>	<b>Requisitos desdobrados</b>
<b>RODA</b>	Resistir ao pH ácido	Taxa de desgaste
	Resistir ao H2S	
	Capacidade de deslocamento do interventor	
	Compatibilidade química (água de formação e fluídos produzidos)	
	Resistir a água do mar (salinidade)	
	Resistência à abrasão	Coeficiente de desgaste da roda
	Massa do sistema	Coeficiente de atrito da roda
	Capacidade de deslocamento do interventor	
<b>MECANISMO DE AJUSTE DE WALLPRESS</b>	Operar em faixa de diâmetro de tubulação	
<b>ENGRENAGENS (TRACIONADOR)</b>	Resistência à abrasão	Taxa de desgaste
		Resistencia a torque
		Dilatação térmica
	Pressão externa à unidade de intervenção	Resistência à alta pressão
Temperatura externa à unidade de intervenção	Resistência à alta temperatura	
<b>MOTOR (TRACIONADOR)</b>	Massa do sistema	Torque do motor
	Massa do sistema	Potência do motor
	Pressão externa à unidade de intervenção	Resistência à alta pressão
	Temperatura externa à unidade de intervenção	Resistência à alta temperatura
	Vida útil	Tempo de vida
<b>ROLAMENTO (TRACIONADOR)</b>	Pressão externa à unidade de intervenção	Resistência à alta pressão
	Temperatura externa à unidade de intervenção	Resistência à alta temperatura
	Vida útil	Tempo de vida
<b>REDUTOR (TRACIONADOR)</b>	Pressão externa à unidade de intervenção	Resistência à alta pressão
	Temperatura externa à unidade de intervenção	Resistência à alta temperatura
	Vida útil	Tempo de vida
<b>ANEL ELASTICO (TRACIONADOR)</b>	Pressão externa à unidade de intervenção	Resistência à alta pressão
	Temperatura externa à unidade de intervenção	Resistência à alta temperatura
	Vida útil	Tempo de vida
<b>O`RINGS</b>	Pressão externa à unidade de intervenção	Resistência à alta pressão

<b>Componentes</b>	<b>Requisitos do QFD</b>	<b>Requisitos desdobrados</b>
	Temperatura externa à unidade de intervenção	Resistência à alta temperatura
	Vida útil	Tempo de vida
<b>ENGRENAGENS (ACIONADOR)</b>	Pressão externa à unidade de intervenção	Resistência à alta pressão
	Temperatura externa à unidade de intervenção	Resistência à alta temperatura
	Vida útil	Tempo de vida
<b>MOTOR (ACIONADOR)</b>	Massa do sistema	Torque do motor
	Massa do sistema	Potência do motor
	Pressão externa à unidade de intervenção	Resistência à alta pressão
	Temperatura externa à unidade de intervenção	Resistência à alta temperatura
	Vida útil	Tempo de vida
<b>ROLAMENTO (ACIONADOR)</b>	Pressão externa à unidade de intervenção	Resistência à alta pressão
	Temperatura externa à unidade de intervenção	Resistencia a alta temperatura
	Vida útil	Tempo de vida
<b>REDUTOR (ACIONADOR)</b>	Pressão externa à unidade de intervenção	Resistência à alta pressão
	Temperatura externa à unidade de intervenção	Resistência à alta temperatura
<b>ANEL ELASTICO (ACIONADOR)</b>	Vida útil	Tempo de vida

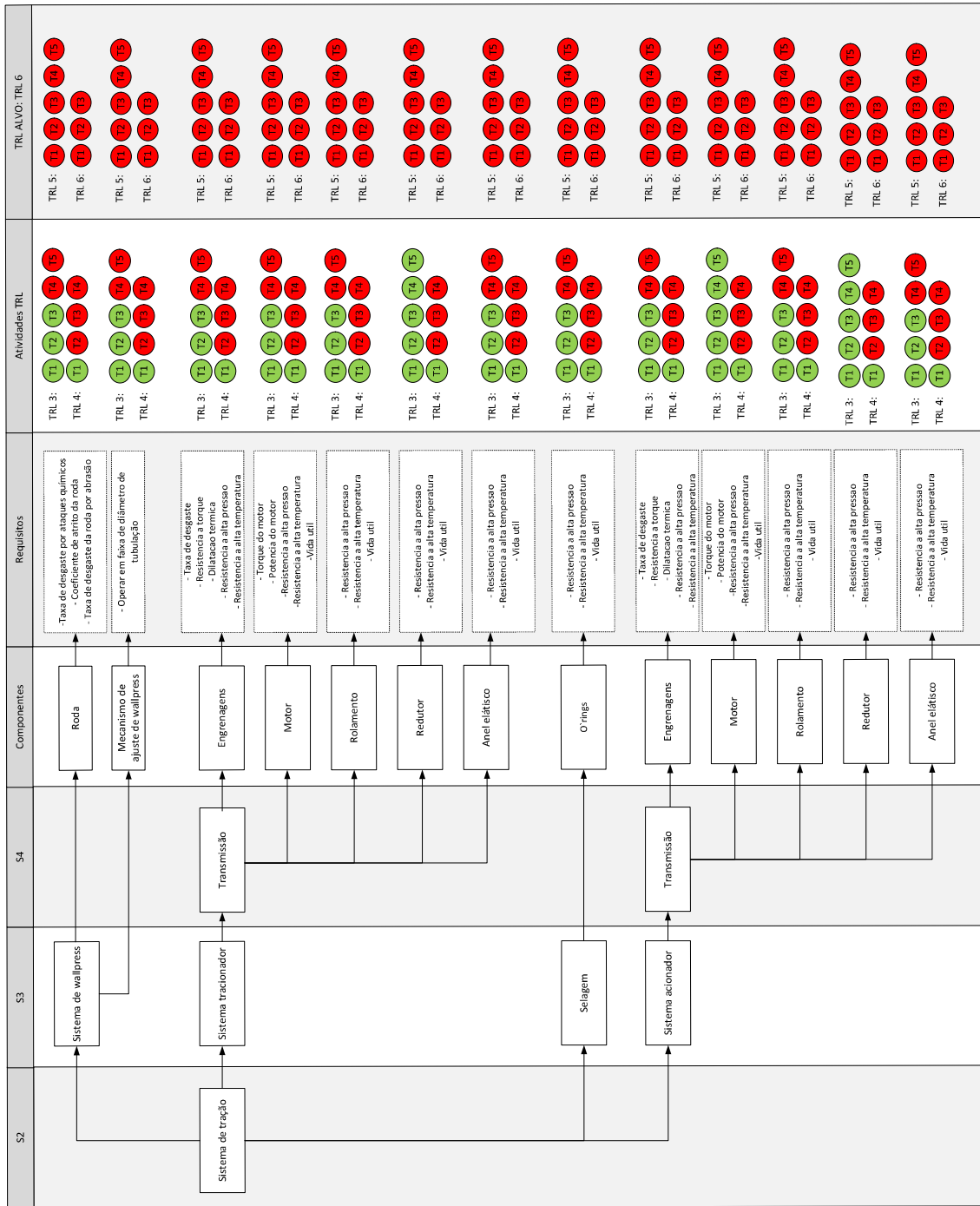
*Fonte: Autoria própria.*

Como observação, alguns requisitos não podem ser medidos, ou estão escrito de forma errada, foi decidido manter desta maneira para manter a fidelidade de como estava escrito durante a execução do projeto.

Dentre a documentação e controle de mudanças e análise de maturidade tecnológica, para a última etapa da ferramenta, há a documentação e controle de mudanças. Estas são feitas por meio do diagrama proposto pela etapa 3f do método proposto e este diagrama compreende as etapas de seleção dos componentes críticos, análise dos requisitos (desdobramento, agrupamento e alocação dos requisitos) e análise da maturidade tecnológica dos componentes e a análise de maturidade tecnológica seguindo as perguntas da Tabela 8, de acordo com os componentes selecionados e dos novos requisitos desdobrados e unificados.

Verifica-se na Figura 32 a aplicação da ferramenta no projeto ROBIN, para a unidade de intervenção. Para o sistema de tração, foram 13 componentes avaliados em um total de 47 requisitos avaliados no contexto de cada componente (com cada componente com 2 a 5 requisitos avaliados), destaca-se a maturidade tecnológica do produto que ficou entre 3 e 4, o TRL alvo do produto é 6.

Figura 32: Diagrama de gestão aplicado ao projeto ROBIN.



Fonte: Autoria própria.

Para a quinta etapa do procedimento metodológico foi executado uma entrevista semiestruturada, a entrevista pode ser consultada no Anexo C – Entrevista Semiestruturada.

### **3.2.3 Avaliação da ferramenta**

A entrevista semiestruturada foi dividida em duas etapas, com seis participantes do projeto ROBIN. A primeira etapa com perguntas fechadas, que são utilizadas para a avaliação dos requisitos da Tabela 3, nesta etapa os entrevistados respondiam sem a presença do entrevistador. A segunda etapa foi para avaliar os atributos coletados com o questionário Kano, feita em duas partes, sendo a primeira uma avaliação objetiva para coletar informações se a ferramenta era satisfatória para os usuários, em que o entrevistador estava presente e o entrevistado podia ou não justificar sua resposta. O motivo de deixar o entrevistado com a escolha de justificar foi para avaliar os motivos de uma avaliação insatisfatória do atributo ser causado pela ferramenta ou se aquele atributo não era de interesse do entrevistado, e a segunda parte foi constituída por perguntas abertas de como aquele atributo pode ajudar no desenvolvimento de atributo.

## 4 Resultados

Nesta seção serão abordados os resultados através de Entrevistas com os participantes do projeto para avaliar a ferramenta proposta, com o resultado do questionário KANO.

### 4.1 Entrevistas e questionário de avaliação

Foram entrevistadas seis pessoas.

O entrevistado A é um técnico responsável pelo projeto mecânico do sistema de tração do ROBIN.

O entrevistado B é um técnico responsável pelo projeto mecânico de diversas partes da unidade de intervenção do ROBIN.

O entrevistado C é um engenheiro responsável pelo projeto elétrico de diversas partes da unidade de intervenção do ROBIN.

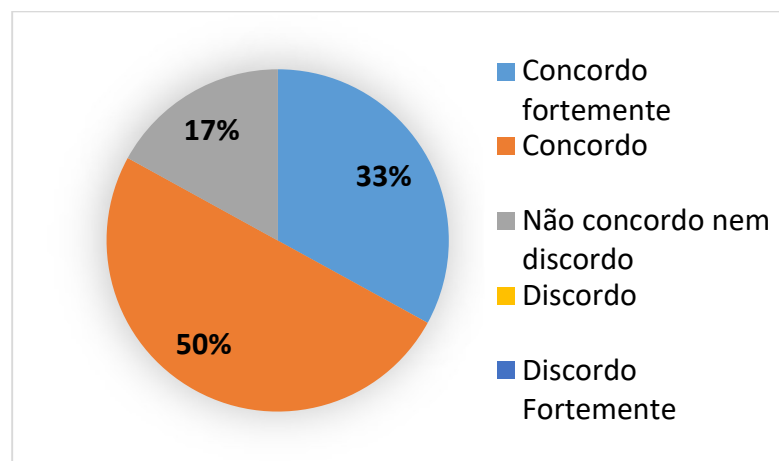
O entrevistado D é um engenheiro responsável pelo projeto de automação e controle de diversas partes da unidade de intervenção do ROBIN e do casulo

O entrevistado E e F são engenheiros responsáveis pelo projeto mecânico de diversas partes da unidade de intervenção do ROBIN e do casulo.

Foram então avaliados os seis requisitos de exatidão, completude, consistência, compreensibilidade, alterabilidade e fidelidade.

#### 4.1.1 Avaliação dos requisitos das ferramentas

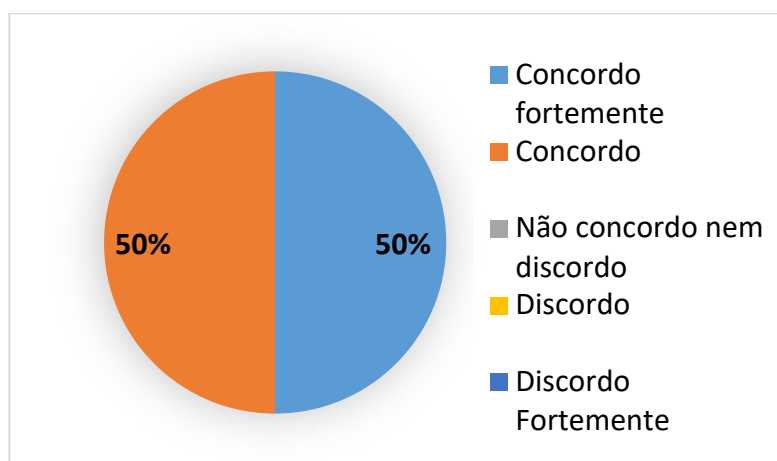
Figura 33: Avaliação do requisito de exatidão da ferramenta.



Fonte: Autoria própria.

Da afirmativa: “O modelo proposto representa corretamente os elementos e relacionamentos presentes no produto”. Dois entrevistados concordam fortemente (33%), um entrevistado não concorda nem discorda (17%) e três concordam (50%). O requisito então pode ser considerado cumprido pelos entrevistados.

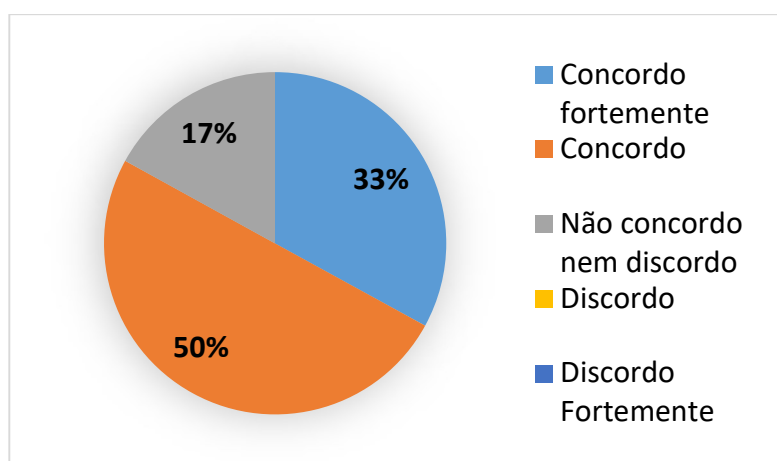
Figura 34: Requisito de completude da ferramenta.



Fonte: Autoria própria.

Da afirmativa: “O modelo representa o produto de forma completa”. Três entrevistados concordam fortemente (50%), três concordam (50%). O requisito então pode ser considerado cumprido pelos entrevistados.

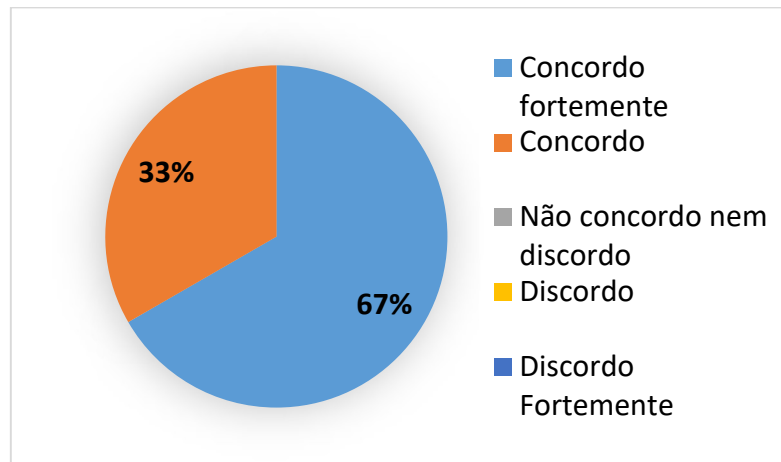
Figura 35: Requisito de consistência da ferramenta.



Fonte: Autoria própria.

Da afirmativa: “O modelo não possui inconsistência”. Dois entrevistados concordam fortemente (33%), três concordam (50%) e um nem concorda nem discorda (17%). O requisito então pode ser considerado cumprido pelos entrevistados.

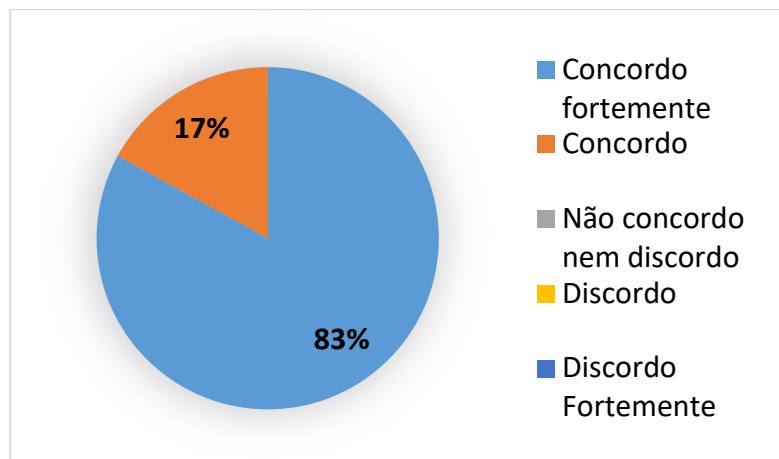
Figura 36: Requisito de compreensibilidade da ferramenta.



Fonte: Autoria própria.

Da afirmativa: “O modelo proposto pode ser facilmente compreendido pela equipe de projeto”. Quatro entrevistados concordam fortemente (66%), dois concordam (33%). O requisito então pode ser considerado cumprido pelos entrevistados.

Figura 37: Requisito de alterabilidade da ferramenta

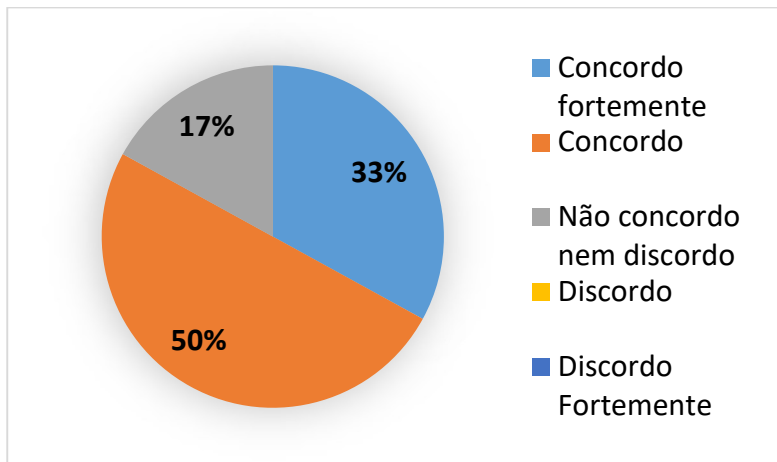


Fonte: autoria própria

Da afirmativa: “O modelo pode ser facilmente Atualizado durante o PDP.” Cinco (83%) concordam fortemente e um (17%) concorda, então o requisito pode ser considerado cumprido pelos entrevistados.



Figura 38: Requisitos de fidelidade da ferramenta.



Fonte: Autoria própria.

Da afirmativa: “O modelo proposto representa de forma satisfatória os requisitos, maturidade tecnológica e sua alocação no produto” três entrevistados concordam fortemente (50%), dois concordam (33%) e um não concorda nem discordo (17%). O requisito então pode ser considerado cumprido pelos entrevistados.

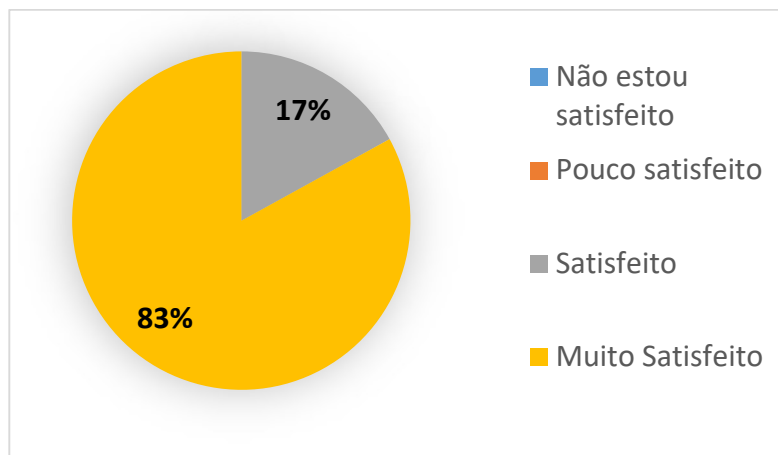
Os requisitos de maneira geral foram cumpridos segundo os entrevistados, antes da segunda etapa foi feita uma pergunta para saber se os entrevistados dominavam o conceito de TRL, todos os seis entrevistados responderam que dominavam parcialmente.

#### 4.1.2 Pergunta A e B

Na segunda etapa da entrevista, a resposta da pergunta A “Você está satisfeito de como a ferramenta seleciona componentes críticos?”.

Dos seis entrevistados cinco responderam (83%) que estão muito satisfeitos enquanto um respondeu (17%) que estava satisfeito como mostra a Figura 39.

Figura 39: Respostas da pergunta A da segunda seção da entrevista.



Fonte: Autoria própria.

O entrevistado A justificou a resposta de “muito satisfeito” com: “Por utilizar o FMEA, que é uma ferramenta muito robusta para isso e muito difundida para uso nos projetos atuais”.

O entrevistado B justificou a resposta de “muito satisfeito” com: “Estou muito satisfeito por usar uma ferramenta usual para a seleção dos componentes, até em projetos que já realizamos no escritório, porém se for utilizar em outras empresas pode ser ajustado para a ferramenta que utilizam lá”.

O entrevistado C justificou a resposta de “muito satisfeito” com: “Para projetos que não são tão novos, é importante a utilização de históricos, para fazer a seleção dos componentes críticos. O FMEA aceita isso utilizando da frequência de falha desses componentes, porém se outra metodologia for utilizada há a necessidade de ter atenção”.

O entrevistado D justificou a resposta de “satisfeito” com: “Para projetos, utilizar ferramentas usuais ajuda, podia ser também a árvore de falha para uma maneira mais simplificada”.

Os demais não justificaram.

Isso significa que o método de seleção de componentes críticos satisfaz os usuários. Analisando as justificativas os principais motivos foram: a utilização de uma ferramenta usual e a capacidade de utilizar de históricos de outros projetos ou componentes.

Para a pergunta B “Como você acha que a seleção dos componentes críticos pode ajudar durante o ciclo de vida de desenvolvimento de produto?”.

O entrevistado A respondeu: “Pode reduzir de maneira significativa o ciclo de desenvolvimento de produto por trabalhar de forma mais precisa nos elementos principais do projeto. O tempo necessário para desenvolver o produto fica bem menor, já que os outros componentes são componentes conhecidos de se trabalhar”

O entrevistado B respondeu: “Tem duas situações importantes, principalmente quando se realiza o FMEA que está sendo utilizado para selecionar os componentes críticos do produto, caso a equipe que tenha realizado o FMEA seja interdisciplinar e experiente o suficiente, ajuda na questão de atacar os componentes de maior impacto no projeto, porém quando não há estas características do grupo, esta etapa fica desnecessária e o documento do FMEA perde sua finalidade e, se na análise de falha se tiver sido feito a análise dos componentes críticos, pode se reduzir o risco”

O entrevistado C respondeu: “Nos componentes críticos você encontra os pontos que necessitam de maior atenção e melhoria, onde você alocaria mais horas e pessoal para resolver essa parte do problema. Para o ROBIN, por exemplo, tínhamos dois desafios importantes para parte de elétrica que era deslocamento e pressão, como proteger destes fatores, e deslocamento e energia, que era como garantir que os componentes tivessem energia durante a missão, então passaríamos mais tempos resolvendo os componentes que tivessem estes problemas em detrimento de outros que já tem uma solução já bem difundida”

O entrevistado D respondeu: “Normalmente, em um projeto, os impactos e dificuldades serão nesses componentes. Ajuda significativamente na solução dos problemas; isso se você selecionar com uma equipe multidisciplinar e com experiência para selecionar os componentes críticos com precisão. Também ajuda utilizar de históricos de componentes para auxiliar nesta seleção dos componentes críticos”.

O entrevistado E respondeu: “Ajuda porque você foca suas ações somente nos componentes críticos diminuindo os riscos de falha. O FMEA pode ajudar nisso, porém depende ainda muito da experiência dos executantes, principalmente no desenvolvimento de produto inovador, porque como é algo novo, não há modelo a seguir, não há histórico e as vezes nem mesmo componentes de mercado para as funções que precisa ser satisfeito”.

O entrevistado F respondeu: “É menos propenso a retrabalho se você trabalha com esses componentes principais e vira um ponto de partida para seu desenvolvimento. Algumas vezes há a necessidade de tratar eles como restrições, definindo aquele componente e construindo os componentes menos importantes ao redor dele, porque se você começa desenvolvendo os componentes não críticos e chegar no crítico no final, se houver a necessidade de alterar os componentes críticos, haverá muitas mudanças, tendo em mente que eles são menos flexíveis para mudanças. Em geral em projetos temos prazos curtos, então otimiza-se seus esforços, há poucas reuniões com clientes, poucas reuniões com a equipe, então não há luxo para gastar muitos recursos com componentes de menor criticidade”.

Na análise das entrevistas algumas observações podem ser feitas. A seleção de componentes críticos para os entrevistados ajuda em focar os recursos. Para trabalhar naqueles que provavelmente irão influenciar diretamente no desempenho do produto.

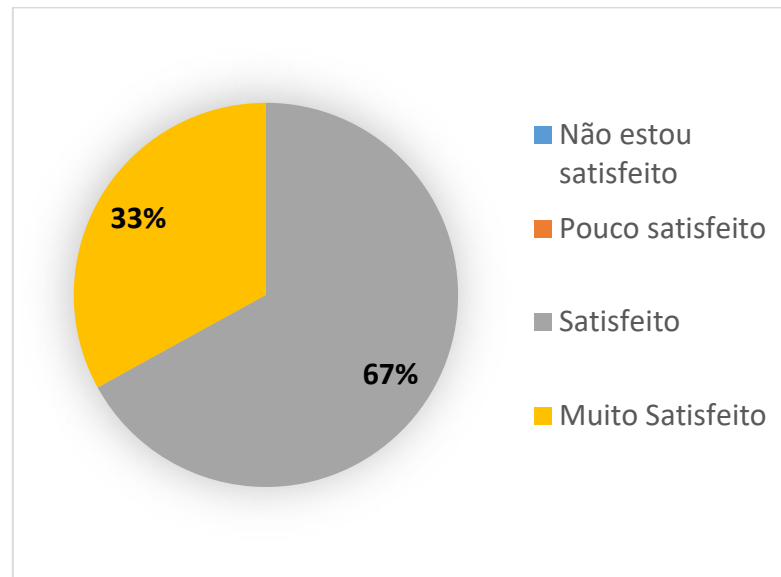
Por outro lado, muitas análises dos entrevistados foram feitas sobre a ferramenta FMEA, e esta deve ser realizada por uma equipe experiente e multidisciplinar, por ser uma etapa sensível a falha e que as falhas acarretam em riscos de um componente crítico não ser selecionado adequadamente.

#### **4.1.3 Pergunta C, D e E**

Na segunda etapa da entrevista as respostas da pergunta C “Você está satisfeito de como a ferramenta avalia o TRL do produto em seu estado atual? ”

Quatro entrevistados responderam satisfeitos (67%) enquanto dois responderam muito satisfeitos (33%).

Figura 40: Respostas da pergunta C da segunda seção da entrevista.



Fonte: Autoria própria

O entrevistado F justificou a resposta de “satisfeito” com:

“Se a avaliação é feita com uma sequência de perguntas, fica de maneira estruturada e facilita a avaliação; pois quem não domina ainda tem a capacidade fazer uma avaliação preliminar do TRL. O ideal é que o usuário da ferramenta não tenha a necessidade de conhecer o TRL e que da mesma maneira possa avaliar. Com um questionário simples o resultado fica menos tendencioso e de fácil comunicação com o cliente”

Os demais não justificaram

Isso significa que o método de avaliação da maturidade tecnológica satisfaz os usuários. Segundo a justificativa do entrevistado F os motivos foram, simplicidade por usar de uma pergunta de múltipla escolha, facilitando usuários que não conhecem da métrica e a transparência do resultado, diminuindo a tendenciosidade e facilitando a comunicação com o cliente.

Para a pergunta D "Como você acha que a avaliação da maturidade tecnológica pode ajudar durante o ciclo de vida de desenvolvimento de produto?".

O entrevistado A respondeu: “Pode ser uma faca de dois gumes, pois pode dar um ponto de início e um ponto final para um determinado produto. Porém, pode limitar o entendimento do projeto, pois, às vezes, para o desenvolvimento de produto você precisa ir além do que é proposto pelo TRL alvo do produto, sendo importante para manter focado e não fugir do objetivo proposto do produto”.

O entrevistado B respondeu: “Você consegue destrinchar todos os passos que você precisa passar para alcançar o objetivo proposto por exemplo TRL 6 no caso do ROBIN, caso tenha uma etapa que não fosse cumprida para o TRL alvo do projeto, você consegue ter uma

visão das tarefas que faltam para cumprir o ciclo de vida de desenvolvimento de produto e padroniza os passos que precisa para avançar no projeto. ”

O entrevistado C respondeu: “Pode evitar retrabalho, uma dificuldade que percebi nos projetos que participei é que muitas vezes começamos os projetos sem utilizar dessas ferramentas, então algumas vezes adquirimos alguns componentes em atentar se aqueles componentes conseguem executar o que é necessário para nós, por exemplo, já especificamos, adquirimos e montamos um componente para então só na hora dos testes descobrirmos que ele não era adequado para nossa aplicação, então o TRL ajuda que olhamos fora da visão da funcionalidade do componente e sim se ele é capaz de funcionar dentro da capacidade esperada. Outra dificuldade é no início do projeto no planejamento, quando o escopo é definido, quem faz esta definição acha que a tecnologia está em um nível diferente do que ele realmente está e isso traz retrabalho e problemas no futuro. ”

O entrevistado D respondeu: “Depois de planejar o projeto e ele está em desenvolvimento, fica difícil reavaliarmos a maturidade tecnológica, pois esta etapa é vista somente como uma burocracia para realizar a orçamentação. Porém, quando este projeto tem uma inovação disruptiva é importante saber até que ponto cada componente tem de maturidade em termos de tecnologias, o que teríamos que desenvolver. No projeto ROBIN, a equipe de microeletrônica teve que pesquisar muitas coisas que ainda não existiam no mercado nas condições de operações que nós queríamos. Então se tornou importante na situação do projeto em si, que acabou nos obrigando a avaliar esta demanda”

O entrevistado E respondeu: “Ajuda muito porque você sobe uma “escada” de atividades, avaliando função crítica, sistemas e componentes ajudando muito no desenvolvimento de produtos inovadores, vencendo desafios por partes”

O entrevistado F respondeu: “Durante o desenvolvimento do produto, há diversos benefícios: você consegue selecionar os componentes de mercado que satisfazem o seu uso e, caso não seja possível, planejar os testes para a qualificação tecnológica, ajudando a optar por caminhos mais assertivos e planejar melhor seus recursos. Porém, em projetos que não são tão inovadores ou complexos, talvez essa etapa não seja necessária e traga somente burocracia, porém isso também pode ser dito para outras etapas do desenvolvimento de produto, onde uma metodologia muito pesada, com muitas ferramentas, pode atrasar a entrega. Fica também difícil de justificar para o cliente, porque para uma solução simples, há tanto volume de atividade que pode ser gerado por uma metodologia pesada”

Analisando as entrevistas a análise do TRL pode ajudar nas seguintes etapas, a seleção dos componentes na etapa conceitual, estabelecer atividades de maneira mais assertiva, especificar corretamente componentes na etapa conceitual e preliminar, porém os entrevistados ainda ressaltaram a não necessidade de utilizar da métrica em projetos menos complexos, ou com nível de maturidade final baixo.

Para a pergunta E "Como você enxerga a relação do nível de maturidade tecnológica e o cumprimento dos requisitos? ”

O entrevistado A respondeu: “É uma relação direta que existe entre os dois, pois a partir do momento que você está cumprindo um requisito você está cumprindo um determinado nível de maturidade tecnológica do seu projeto.”.

O entrevistado B respondeu: “É uma relação direta, pois justamente os requisitos que vão dizer em que nível de maturidade ele vai estar”

O entrevistado C respondeu: “São paralelos. Eu posso cumprir os requisitos do produto sem levar em consideração o TRL, porém indiretamente o TRL estará sendo cumprido se houverem os respectivos testes para comprovar aquele requisito.”.

O entrevistado D respondeu: “Existe uma dependência forte, a depender dos requisitos. Estes requisitos podem ser disruptivos, exigindo um avanço muito grande da tecnologia. No ROBIN, por exemplo os requisitos de alta pressão e alta temperatura têm uma relação bem íntima com o nível de maturidade tecnológica do componente que acaba repercutindo nos sistemas e subsistemas.”.

O entrevistado E respondeu: “O nível de maturidade está relacionado a requisito, porque o nível de TRL está diretamente ligado a testes e estes testes têm que ter como objetivo avaliar requisitos do produto, óbvio que, alguns requisitos não necessitam de testes de TRL, por exemplo no ROBIN tínhamos um requisito que era “número de pessoas para executar a operação”, e este requisito apesar de ter que ser cumprido não diz respeito à capacidade de operação nos níveis definidos de TRL. Esta deveria ser a maneira de se avaliar requisitos em projetos que planejam o avanço de TRL, porém em projetos muitas vezes os testes são somente feitos para validar funcionalidade.”.

O entrevistado F respondeu: “Existe uma relação, porém não acho que seja muito direta; por exemplo, uma coisa é a maturidade tecnológica no final do projeto. Neste caso os requisitos têm que ser cumpridos dentro das especificações do TRL alvo, porém uma solução comercial de outro fim que possua um TRL inicialmente baixo possa atender os requisitos do seu projeto, porque pode se realizar os testes neste componente e qualifica-lo”

Analisando as respostas dos entrevistados, a ferramenta, segundo um entrevistado, facilita usuários que não conhecem da métrica TRL e ainda ajuda na definição das atividades auxiliando projetistas com pouco conhecimento na métrica, ficando transparente para equipe e os clientes o TRL do projeto.

A utilização da ferramenta, segundo os entrevistados, auxilia também na seleção de componentes, visto que o TRL auxilia em identificar componentes que funcionem no ambiente de trabalho e se o componente não for capaz, deve-se realizar um plano de qualificação tecnológica adequado.

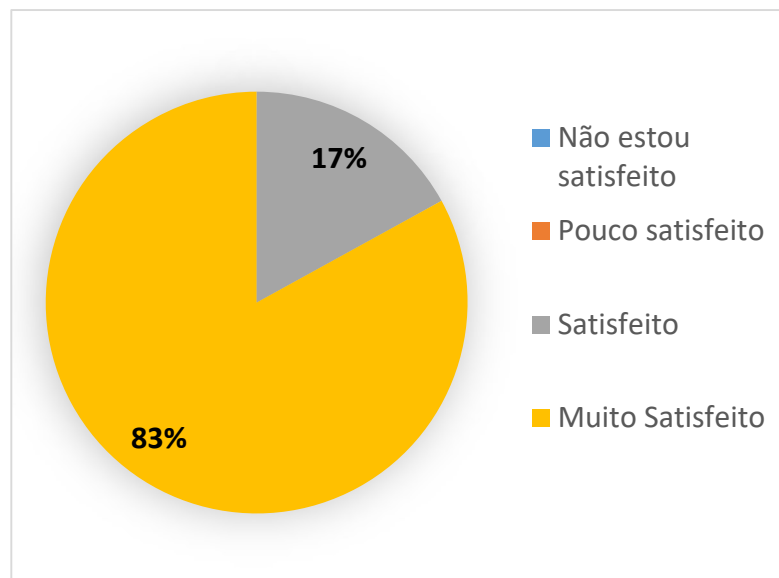
Os entrevistados entendem que os requisitos do produto estão correlacionados com a maturidade tecnológica, pois cumprindo os requisitos, mesmo que não haja a métrica TRL como maneira de gerenciamento do desenvolvimento tecnológico, o TRL será cumprido se forem feitos os devidos testes para comprovar aqueles requisitos.

#### 4.1.4 Pergunta F e G

Na segunda etapa da entrevista, foi solicitada a resposta da pergunta F " Você está satisfeito de como a ferramenta gera novos requisitos? "

Dos seis entrevistados cinco responderam (83%) que estão muito satisfeitos enquanto um respondeu que estava satisfeito (17%).

Figura 41: Respostas da pergunta A da segunda seção da entrevista.



Fonte: Autoria própria.

O entrevistado A justificou a resposta de “muito satisfeito” com: “Eu acho que o desdobramento como está feito avalia de forma bem específica o requisito, porém fica algo muito aberto para a pessoa que irá aplicar a ferramenta, e, se fosse mais específico e sistematizado poderia ajudar mais. Achei interessante pois em projetos que participei os requisitos não chegaram ao nível dos componentes e muitas vezes os requisitos caem em desuso após a etapa de priorização dos requisitos”

O entrevistado F justificou a resposta de “muito satisfeito” com: “Em um projeto realizei de maneira similar o processo de geração de novos requisitos, no que fiz as traduções das necessidades dos clientes em requisitos e então aglutino os requisitos que acho necessário; porém fiz isso no informacional. Acredito que deve ser realizado desta maneira, não de maneira muito complicada nem muito simples.”

Os demais não justificaram.

Os entrevistados justificaram por dois motivos, a simplicidade da metodologia e a utilização dos requisitos gerados na etapa informacional em momentos posteriores, isso demonstra também a falta de cultura na utilização de requisitos para etapa posteriores.

Para a pergunta G "Em etapas posteriores ao informacional, novos requisitos podem ser gerados. Como você enxerga que a geração desses novos requisitos pode ajudar ou atrapalhar no desenvolvimento do produto? ”.

O entrevistado A respondeu: “A geração de novos requisitos sempre atrapalha no desenvolvimento de produto, por isso que acho importante gerar esses requisitos a nível de produto logo após a etapa da priorização dos requisitos, na etapa conceitual, porém é bem difícil não ter mudanças de requisitos, pois ao decorrer do desenvolvimento do produto, outros componentes são aplicados ao projeto e estes componentes podem trazer novos requisitos para o projeto. Porém se este novo requisito do produto vim de uma fonte que já conhecíamos, tipo dos requisitos inicialmente transformados das necessidades dos clientes que foram desdobrados para nível de especificação, não atrapalha no desenvolvimento do produto. A proposta da metodologia já é um grande passo para aplicar os requisitos conhecidos no produto”.

O entrevistado B respondeu: “Novos requisitos impactam no desenvolvimento de produto de forma negativa no prazo, por exemplo, estou em um projeto que necessita gerar pressão sobre uma amostra agora devido a uma mudança de requisitos, uma pressão de seis toneladas têm que ser gerada agora. O projeto teve que ficar muito mais robusto devido a essa mudança, gerando mais retrabalho, agora também as amostras têm que ser retiradas de forma íntegra, gerando novos requisitos. Então, para mim, essa mudança de requisito atrapalha muito no escopo do projeto e no cronograma previsto do projeto. Por exemplo, por causa deste novo requisito que necessita da remoção da amostra de forma íntegra, tivemos que mudar o princípio de solução que antes era de um perfil de alumínio para uma solução soldada, então se houverem mudanças demais nos requisitos, isso traz para mim muitas complicações posteriormente, principalmente nas etapas de projeto conceitual e detalhado”.

O entrevistado C respondeu: “Alguns requisitos que são pensados no começo do projeto podem acabar perdendo o sentido no decorrer do mesmo. Ou eles são difíceis de se medir e atingir ou há a necessidade de modificar e alterar o requisito ou dividir em requisitos menores. O projeto é dinâmico e acaba se modificando; o cliente acaba pedindo algo a mais, então a revisão dos requisitos é essencial para adequar os mesmos, que eram inicialmente propostos para cumprir com a realidade no ponto em que o projeto está”.

O entrevistado D respondeu: “É uma faca de dois gumes quando você gera um novo requisito e influencia em alguma atividade do projeto. Isso se torna um problema, porém quando você tem uns requisitos que foram gerados no informacional e eles ainda continuam gerando dúvida. Você desdobra e detalha mais esse requisito e acaba entendendo-o mais. É natural no informacional alguns requisitos ficarem mal especificados, pois, na época, poderíamos não estar totalmente cientes do que encontraríamos de componentes e problemas para resolver, então há a modificação dos requisitos em etapas posteriores. Porém, se o informacional for mal feito, se torna um problema pelo excesso de mudanças que tem que ser feito nos requisitos”.



O entrevistado E respondeu: “Acredito que a tendência é ajudar, amarrando mais o projeto com as novas informações que vêm no processo de desenvolvimento de a maturidade do projeto, obviamente. Muitas vezes estes novos requisitos geram retrabalho, porém, o processo de desenvolvimento de produto é orgânico e muda com o avanço do projeto e é muito difícil de seguir com o projeto com requisitos inalterados, porém é claro que estes requisitos devem manter o projeto no cronograma e que não extrapole o recurso planejado”.

O entrevistado F respondeu: “Atrapalha quando não é fundamentado; por exemplo, em um projeto que estou participando, em muitas reuniões são estabelecidas com o cliente os requisitos, porém fica difícil fundamentar neste ambiente e muitas coisas são definidas por experiência ou até um *feeling*, sem uma fundamentação para aquele requisito e a equipe não tem como identificar isso nesses tipos de reunião. Também, geralmente, os novos requisitos gerados normalmente são menos críticos que os gerados na etapa informacional, ou são modificação de requisitos já gerados e há ainda o perigo de que quando geramos novos requisitos, não olhamos para a etapa anterior e podem surgir requisitos conflitantes. Apesar de atrapalhar a geração de novos requisitos, acredito que uma estratégia de “falhar rápido” pode ajudar acelerando as etapas informacionais e modificando os requisitos nas etapas conceituais. Acredito que nos projetos que participo, nos preocupamos muito em sair da etapa informacional com requisitos bem definidos, porém quando chegamos em etapas posteriores a mudança delas muitas vezes é inevitável; há também a questão de conflito de informação, muitas vezes os requisitos gerados na etapa informacional são absorvidos pelo cliente e quando há a mudança pode ocorrer atrito e desconforto”.

Quanto a geração de novos requisitos segundo os entrevistados, atrapalha de maneira significativa quando gerado após a etapa informacional e deve ser evitado e a outra visão é que é inevitável a geração de novos requisitos porque os requisitos evoluem junto com o projeto, podendo atrapalhar no projeto significativamente quando eles não são rastreáveis da etapa informacional. Um entrevistado acredita que uma etapa informacional muito longa pode prejudicar o cronograma do projeto, e que é inevitável a geração de novos requisitos em etapas posteriores e que não traz benefício passar muito tempo na etapa informacional e que é importante aceitar a geração de novos requisitos nas etapas posteriores.

Uma das dificuldades encontrada por um dos entrevistados foi o desuso dos requisitos depois da priorização, a ferramenta ajuda nesta etapa por ser feito de forma específica, alocando o requisito diretamente aos componentes e é aplicado em etapa após o informacional.

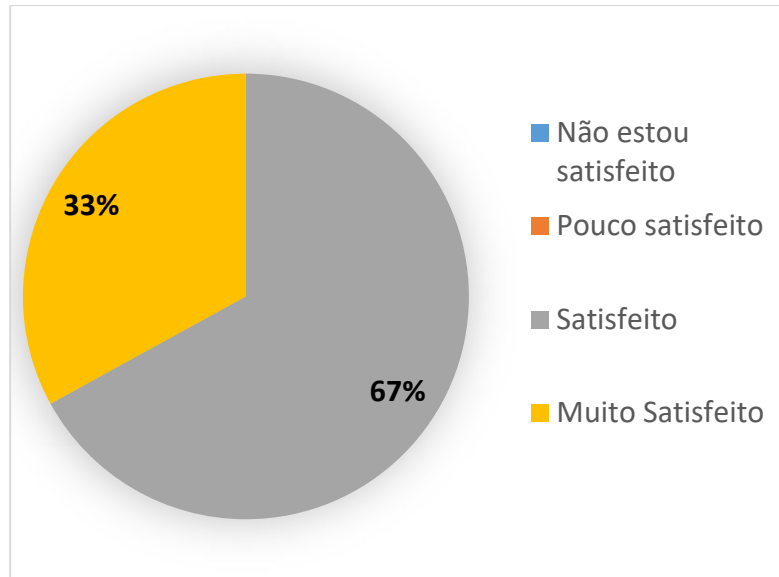
#### **4.1.5 Pergunta H e I**

Na segunda etapa da entrevista, a resposta da pergunta F "Você está satisfeito como a ferramenta gera o diagrama de gestão? ”.

Dos seis entrevistados dois responderam (33%) que estão muito satisfeitos enquanto quatro responderam que estavam satisfeitos (67%).

Nenhum entrevistado justificou.

Figura 42: Respostas da pergunta H da segunda seção da entrevista.



Fonte: Autoria própria.

Para a pergunta I "Há diversas maneiras de se modelar um sistema. Muitas dessas propostas são geradas pelas disciplinas de engenharia de sistemas e engenharia de requisitos. Como você acha que uma forma de modelagem, que tenha inclusão e análise do nível de maturidade tecnológica, pode ajudar durante o ciclo de vida de desenvolvimento de produto?".

O entrevistado A respondeu: "Da mesma maneira que o TRL limita até onde o projeto deve atuar quando você usa de outras ferramentas, como a síntese funcional e matriz morfológica, sem estabelecer limites que são estabelecidos pelo TRL alvo do projeto, as ideias ficam muito dispersas. Quando você usa a referência do TRL na hora da modelagem do sistema você limita a aplicação, porém fica mais focado à modelagem".

O entrevistado B respondeu: "Ajuda porque você consegue dividir os esforços de desenvolvimento nas etapas adequadas, da mesma maneira que não há a necessidade de ter o detalhamento de uma peça na etapa conceitual, então por exemplo, se o produto não está no TRL 3, não há a necessidade de realizar os testes do TRL 6".

O entrevistado C respondeu: "Ele torna explícito a interatividade dessas ferramentas, por exemplo, na estrutura do produto, quando você está em TRL mais baixas você possui uma estrutura menos detalhada, com componentes com maiores riscos, ou não testados; então se o modelo que no seu caso é o diagrama for atualizado, vai dá para ver a evolução da estrutura do produto e requisitos em conjunto com TRL do projeto".

O entrevistado D respondeu: "Ajuda para visualizar até quanto é necessário para desenvolver ou não subsistemas, sistemas e componentes para solução que você está adotando. Querendo ou não é um indicativo para preparar a equipe no desenvolvimento de

subsistemas e sistemas, ajudando na alocação de recursos nos componentes que serão desenvolvidos pela equipe, ou até, se for o caso, não desenvolver componente porque o que foi selecionado na área de produto se encontra com maturidade tecnológica suficiente no mercado”.

O entrevistado E respondeu: “Ajuda diminuindo as incertezas, por exemplo, uma síntese funcional, que aplica em sua função e que compreenda o nível de maturidade tecnológica; você se planeja desde a etapa conceitual para a seleção de componentes que podem solucionar no nível de maturidade desejado”.

O entrevistado F respondeu: “Pode ajudar na seleção de conceitos, quando isso for utilizado na síntese funcional, ou até o controle de testes como foi proposto pela ferramenta, através de uma árvore de produto”

Uma maneira de modelagem incluindo o TRL, segundo os entrevistados, ajuda, afinando as atividades e na seleção de conceitos. Um entrevistado diz que mostra a interatividade das ferramentas, isso se torna claro no diagrama, que utilizamos de ferramentas como o FMEA e o QFD, para elaborar o diagrama de gestão.

## 5 Conclusões

Existem algumas ferramentas no mercado para gestão de requisitos, porém, grande parte é usada para desenvolvimento de softwares. As ferramentas que são usadas no desenvolvimento de produto não consideram a necessidade de avaliar a maturidade tecnológica. O objetivo do trabalho foi propor uma ferramenta de gestão de requisitos integrada à análise de maturidade tecnológica, utilizando fundamentos já empregados no processo de gerenciamento de requisitos em desenvolvimento de produto. Desta forma, agregou-se, também, o gerenciamento da maturidade das tecnologias utilizadas na concepção do produto até o nível de componentes. No que se refere a inovação desta dissertação, a proposta de método e ferramenta são direcionados a projetos de produtos com desenvolvimento e integração tecnológica.

O processo proposto segue os fundamentos de gerenciamento de requisitos de desenvolvimento de produto, os quais podem ser vistos através da coleta das necessidades, transformação das necessidades em requisitos do produto e priorização dos requisitos, fazendo uso dessas informações para auxiliar na análise da maturidade tecnológica.

Como mostra a proposta feita neste trabalho, atributos foram coletados para compor a ferramenta na área de desenvolvimento de produto com tecnologias maduras e não maduras, das disciplinas de gestão de requisitos e engenharia de sistemas. Cinco destes atributos foram avaliados por meio de um questionário Kano; quatro obtiveram aceitação (atrativo, obrigatório ou unidimensional) e um obteve uma avaliação neutra (indiferente).

Desse modo, a ferramenta foi construída em cima dos atributos avaliados, composta de procedimentos tradicionalmente usadas no desenvolvimento de produto, a exemplo de reuniões para coleta de necessidades e transformação de requisitos, o QFD para a priorização dos requisitos do produto e FMEA para a análise de confiabilidade dos componentes críticos. Assim, as etapas propostas são: um procedimento de análise de maturidade tecnológica de componentes baseados nos requisitos e uma análise de requisitos que contemplam o agrupamento e desdobramentos destes.

Compreende-se que a análise da ferramenta possuiu limitações, pois só foi analisada por seis avaliadores e aplicada a um estudo de caso. No entanto, a ferramenta de gerenciamento de requisitos proposta, segundo os avaliadores, cumpriu com o objetivo, pois os seis requisitos avaliados (exatidão, completude, consistência, compreensibilidade, alterabilidade e fidelidade) tiveram bom desempenho. A compreensibilidade, com 66% dos entrevistados respondendo com “concordo fortemente” foi o requisito com maior desempenho. A fidelidade da ferramenta, com 17% respondendo como “não concordo, nem discordo”. O restante, 83%, é distribuído entre “concordo” e “concordo fortemente”. Vale ressaltar que uma amostra maior, aplicando a proposta a diferentes estudos de casos e mais avaliadores, seria o ideal, porém o tempo requerido seria maior.

O uso de ferramentas como Microsoft *Excel* e *Visio*, empregados neste trabalho, poderia ser substituído por uma aplicação da ferramenta numa plataforma online, integrada

a outras ferramentas como CAD, FMEA e PDMs/PLMs. Isso traria maior benefícios para integrar os processos e pessoas, permitindo um melhor e pleno gerenciamento dos requisitos.

Por fim, a ferramenta integra a gestão de requisitos com a avaliação tecnológica. Nota-se que o processo de gestão de requisitos estabelece uma sistemática para gerenciar e exibir os requisitos de forma clara e simplificada, já o processo de avaliação de maturidade tecnológica auxilia gestores a identificar pontos-chaves a respeito de componentes críticos com determinado TRL, a serem melhor analisados. Isto provê informações para tomada de decisões gerenciais, pois são definidos os TRLs através de informações da gestão de requisitos, que servem para propor atividades para o prosseguimento do projeto.

### **5.1 Sugestões de trabalhos futuros**

A partir das limitações e dificuldades encontradas neste trabalho, as seguintes sugestões, para trabalhos futuros na área de gestão de requisitos para projetos inovadores, são listadas:

1. Aplicar o método e a ferramenta a um número de estudos de casos, de forma que garanta a mesma performance, deve-se ajustar, se necessário, antes da implementação de forma integrada a outros sistemas utilizados no desenvolvimento de produtos;
2. Trabalhar com outras dimensões da inovação, de modo que possa ser avaliado não só a tecnologia, mas também os impactos, como a aprendizagem organizacional da novidade que o produto proporciona;
3. Avaliar se o uso da ferramenta proposta trará impactos em custos e prazos, já que, no desenvolvimento de novas tecnologias, existem investimentos maiores e riscos associados. Desta forma, deve-se avaliar se o emprego da mesma irá ajudar a reduzir custos e prazos;
4. Integração e automatização da ferramenta a outras ferramentas como: CAD, FMEA e PDMs/PLMs.

## 6 Referências

AMADEU, Eduardo; MORESI, Dutra; OLIVEIRA, Mário De; FILHO, Braga; BARBOSA, Jair Alves; BORGES, Maurício Pereira. Análise de níveis de prontidão: uma proposta para empresas nascentes. **Atas CIAIQ2017**, [S. l.], v. 4, p. 55–64, 2017. Disponível em: <http://www.proceedings.ciaiq.org/index.php/ciaiq2017/article/view/1127/1094>

BAKHTIARY-DAVIJANY, Hamidreza; MYHRVOLD, Tore. On methods for maturity assessment of CO2 capture technologies. **Energy Procedia**, [S. l.], v. 37, p. 2579–2584, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.06.141>

BAXTER, David; GAO, James; CASE, Keith; HARDING, Jenny; YOUNG, Bob; COCHRANE, Sean; DANI, Shilpa. A framework to integrate design knowledge reuse and requirements management in engineering design. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 585–593, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2007.07.010>

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. [S. l.]: Editora Blucher, 2011. *E-book*.

COOPER, R. G.; MILLS, M. Managing technology development projects. [S. l.], v. 25, n. October 2005, p. 9–13, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/EMR.2007.329141>

COOPER, Robert G. Managing technology development projects. **Research Technology Management**, [S. l.], v. 49, n. 6, p. 23–31, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08956308.2006.11657405>

DNV, G. L. **Recommended Practice DNV-RP-203 “Technology Qualification” Det Norske Veritas AS**. [S. l.: s. n.].

DOWNES, Melvin R.; NGUYEN, Long P. Reliability engineering efforts at U.S. Army Armaments Research Development and Engineering Center. **Proceedings - Annual Reliability and Maintainability Symposium**, [S. l.], 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/RAMS.2013.6517703>

DRD. Technology Readiness Assessment ( TRA ) Deskbook. **Technology**, [S. l.], n. July, p. 1-H1, 2009. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/SpringerReference\\_24357](https://doi.org/10.1007/SpringerReference_24357)

FACCIO, Karla. **Uma proposta para o desdobramento dos requisitos em parâmetros críticos no processo de desenvolvimento de produtos (PDP)**. 2010. - Universidade federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2010.

GAO. Best Practices: Better Management of Technology Development Can Improve Weapon System Outcomes. **International Affairs**, [S. l.], n. July, p. 80, 1999. Disponível em: <http://www.gao.gov/products/NSIAD-99-162>

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. [S. l.: s. n.]. v. 5 *E-book*.

HESSSEN, Erik Troøien; BAKHTIARY-DAVIJANY, Hamidreza; MYHRVOLD, Tore. Process

modelling in risk-based qualification of large-scale CO<sub>2</sub>absorption processes. **Energy Procedia**, [S. l.], v. 37, p. 2802–2810, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.06.165>

HINCKEL, Edmar. Incorporação de requisitos a modelos de sistemas através da aplicação de sysml para melhoria do processo de desenvolvimento de novos produtos. [S. l.], p. 137, 2016.

HOBSON, Brent. **A Technology Maturity Measurement System for the Department of National Defence**. [S. l.]: Defence Research and Development Canada, 2006. *E-book*.

JIAO, Jianxin; CHEN, Chun Hsien. Customer requirement management in product development: A review of research issues. **Concurrent Engineering Research and Applications**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 173–185, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1063293X06068357>

KAPURCH, S. J. **NASA Systems Engineering Handbook**. [S. l.]: DIANE Publishing Company, 2010. *E-book*. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=2CDrawe5AvEC>

KIM, Phillip H.; KOTHA, Reddi; FOURNÉ, Sebastian P. L.; COUSSEMENT, Kristof. Taking leaps of faith: Evaluation criteria and resource commitments for early-stage inventions. **Research Policy**, [S. l.], v. 48, n. 6, p. 1429–1444, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.02.004>

KNORR VELHO, Sérgio Roberto. Nível de Maturidade Tecnológica: uma sistemática para ordenar tecnologias. **Parc. Estrat.** v. 22, n. 45, p. 119-140, [S. l.], n. January, p. 21, 2017. Disponível em: [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/867/793](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/867/793)

KUSHCHU, Ibrahim; ARAT, Seda; BORUCKI, Chet. The Impact of M-Government on Organisations. **Electronic Government**, [S. l.], n. October, p. 2395–2408, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.4018/978-1-59904-947-2.ch178>

LYUTOV, Alexey; UYGUN, Yilmaz; HÜTT, Marc Thorsten. Managing workflow of customer requirements using machine learning. **Computers in Industry**, [S. l.], v. 109, p. 215–225, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.04.010>

MANKINS, John C. Technology readiness assessments: A retrospective. **Acta Astronautica**, [S. l.], v. 65, n. 9–10, p. 1216–1223, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.03.058>

MARK DODGSON, DAVID M. GANN, Ammon Salter. The Management of Technological Innovation. **Research Policy**, [S. l.], v. 31, n. 4, p. 653–654, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0048-7333\(01\)00126-3](https://doi.org/10.1016/s0048-7333(01)00126-3)

MARX, Ângela Maria; DE PAULA, Istefani Carísio. Proposition of a requirements management framework for sustainable product development. **Producao**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 417–431, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000041>

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang; FELDHUSEN, Jorg; GROTE, Karl-Heinrich Grote. **Engineering Design**. Third ed. Darmstadt: Springer Science and Business Media, 2015. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/9780470546338.ch33>

PERUZZINI, Margherita; MARILUNGO, Eugenia; GERMANI, Michele. Structured requirements elicitation for product-service system. **International Journal of Agile Systems and Management**, [S. l.], v. 8, n. 3–4, p. 189–218, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1504/IJASM.2015.073516>

PRASAD, Biren. Review of QFD and Related Deployment Techniques. **Journal of Manufacturing Systems**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 221–234, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(98\)80063-0](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(98)80063-0)

PROSKOVICS, Roberts; HUTTON, Gail; TORR, Ralph; SCHEU, Matti Niclas. Methodology for Risk Assessment of Substructures for Floating Wind Turbines. **Energy Procedia**, [S. l.], v. 94, n. January, p. 45–52, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.189>

ROCHA, Daiane. Uma adaptação da norma nbr iso 16290:2015 aplicada em projetos do setor aeroespacial. 2013. - **Instituto Tecnológico de Aeronáutica**, [s. l.], 2013.

ROY, R.; KERR, C. I. V.; SACKETT, P. J.; CORBETT, J. Design requirements management using an ontological framework. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, [S. l.], v. 54, n. 1, p. 109–112, 2005. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60061-4](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60061-4)

ROZENFELD, HENRIQUE; FORCELLINI, FERNANDO ANTONIO; AMARAL, Daniel Capaldo; ALLIPRANDINI, DARIO HENRIQUE; DE TOLEDO, JOSE CARLOS; DA SILVA, SERGIO LUIS; SCALICE, REGIS KOVACS. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. [S. l.]: Editora Saraiva, 2017. *E-book*.

SABETZADEH, Mehrdad; FALESSI, Davide; BRIAND, Lionel; DI ALESIO, Stefano. A goal-based approach for qualification of new technologies: Foundations, tool support, and industrial validation. **Reliability Engineering and System Safety**, [S. l.], v. 119, p. 52–66, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2013.05.005>

SADIN, Stanley R.; POVINELLI, Frederick P.; ROSEN, Robert. The NASA technology push towards future space mission systems. **Acta Astronautica**, [S. l.], v. 20, n. C, p. 73–77, 1989. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0094-5765\(89\)90054-4](https://doi.org/10.1016/0094-5765(89)90054-4)

SARIH, Houda; TCHANGANI, Ayeley; MEDJAHHER, Kamal; PERE, Eric. Critical components identification based on experience feedback data in the framework of PHM. **IFAC-PapersOnLine**, [S. l.], v. 51, n. 11, p. 429–434, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.336>

SILVA, José Carlos Teixeira da. Tecnologia: novas abordagens, conceitos, dimensões e gestão. **Production**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 50–63, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-65132003000100005>

STORSTENVIK, Anders. Subsea Compression - Designing and Building a Subsea Compressor Station. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4043/27197-ms>



STRUTT, John; WELLS, Don. **API 17N – Recommended Practise for Subsea Production System Reliability, Technical Risk & Integrity Management**. Houston, Texas: Offshore Technology Conference, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4043/25412-MS>

THIOLLENT, Michel Jean-Marie. **Aspectos qualitativos da metodologia de pesquisa com objetivos de descricao, avaliacao e reconstrucao**. [S. l.: s. n.]

TSENG, Mitchell M.; JIAO, Jianxin. Computer-aided requirement management for product definition: A methodology and implementation. **Concurrent Engineering Research and Applications**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 145–160, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1063293X9800600205>

VELLA, Pierre C.; DIMOV, Stefan S.; MINEV, Roussi; BROUSSEAU, Emmanuel B. Technology maturity assessment of micro and nano manufacturing processes and process chains. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, [S. l.], v. 232, n. 8, p. 1362–1383, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0954405416668922>

VIOLANTE, Maria Grazia; VEZZETTI, Enrico. A methodology for supporting requirement management tools (RMT) design in the PLM scenario: An user-based strategy. **Computers in Industry**, [S. l.], 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2014.05.001>

WIESNER, Stefan; NILSSON, Sara; THOBEN, Klaus Dieter. Integrating Requirements Engineering for Different Domains in System Development - Lessons Learnt from Industrial SME Cases. **Procedia CIRP**, [S. l.], v. 64, p. 351–356, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.013>

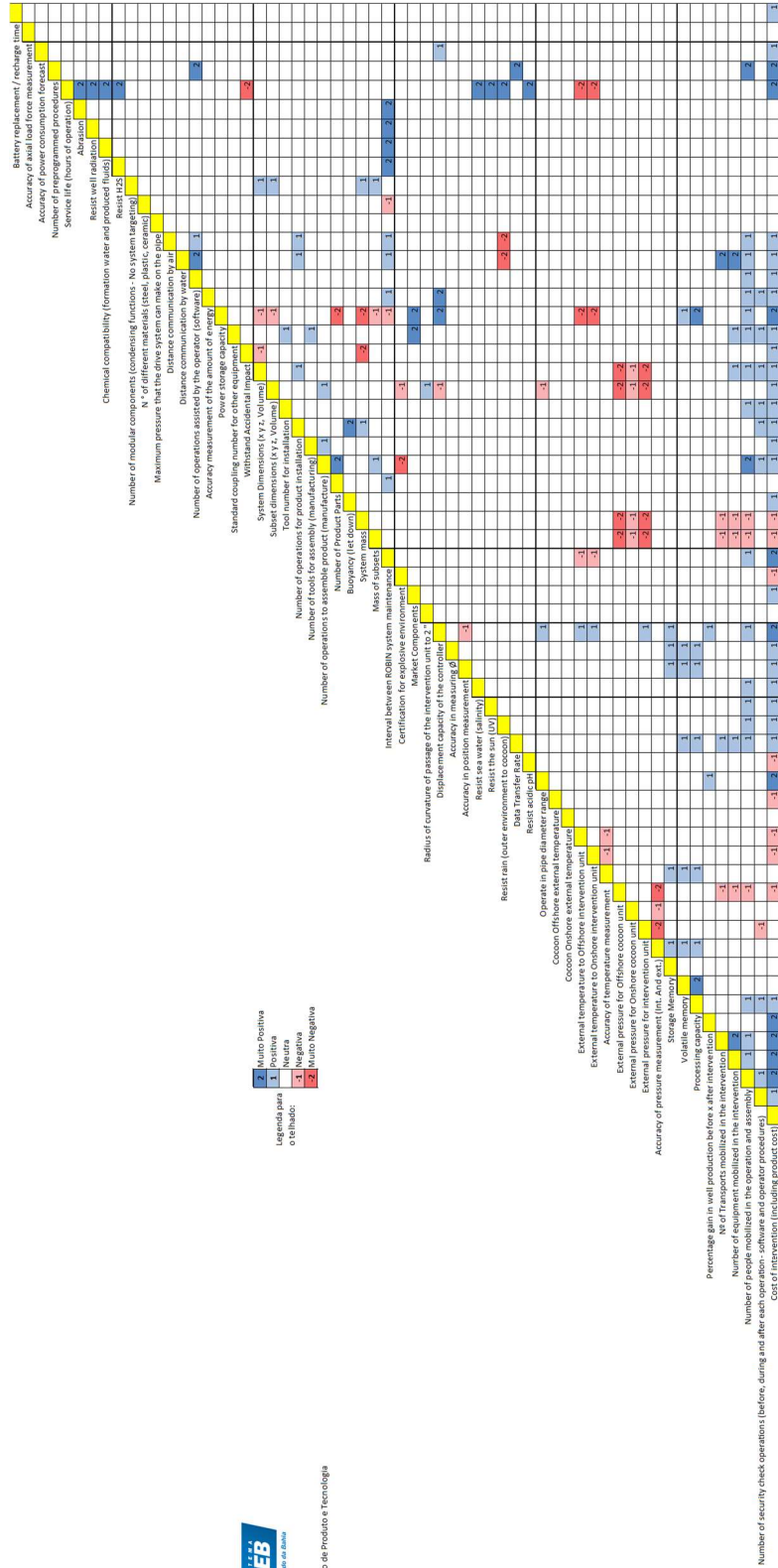
WITELL, Lars; LÖFGREN, Martin; DAHLGAARD, Jens J. Theory of attractive quality and the Kano methodology - the past, the present, and the future. **Total Quality Management and Business Excellence**, [S. l.], v. 24, n. 11–12, p. 1241–1252, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14783363.2013.791117>

YANG, Li Ren; CHEN, Jieh Haur; WANG, Xing Liang. Assessing the effect of requirement definition and management on performance outcomes: Role of interpersonal conflict, product advantage and project type. **International Journal of Project Management**, [S. l.], v. 33, n. 1, p. 67–80, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.02.012>

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e casos**. [S. l.]: Le Livro, 2005. *E-book*.

# 7 Anexo A – QFD

Figura 43: Telhado QFD do projeto ROBIN





## 8 Anexo B – Questionário – Google Forms

Prezado Senhor(a),

Estou realizando a minha pesquisa de mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação de Gestão e Tecnologia Industrial (GETEC) do SENAI CIMATEC que tem como objetivo estudar a “ relação entre a integração de tecnologia a produtos e o atendimento as necessidades dos clientes”. Esta pesquisa está sob orientação do Prof. Dr. Valter Estevão Beal.

Apesar de algumas pesquisas abordarem esse tema, pouco se sabe de casos práticos e como desenvolvedores de produtos lidam com a integração de tecnologias ainda não qualificadas nos seus produtos e como os requisitos evoluem em conjunto com a maturidade tecnológica.

Ressaltamos que esta é uma pesquisa acadêmica, em que os resultados serão de uso restrito e confidencial. Além disso, será mantido o anonimato dos participantes e da identidade da empresa, sendo que os dados serão tratados de maneira consolidada.

Obrigado pela disponibilidade e qualquer dúvida estamos a disposição.

Atenciosamente,

Mestrando Pedro Martins de Oliveira - Centro integrado de manufatura SENAI CIMATEC

Desenvolvimento de produtos industriais

[pedro.martins@fbter.org.br](mailto:pedro.martins@fbter.org.br)

<http://lattes.cnpq.br/8247173846985123>

Professor Doutor Valter Estevão Beal - Centro integrado de manufatura SENAI CIMATEC

Desenvolvimento de produtos industriais

<http://lattes.cnpq.br/1079662152082050>

1. Você participa, ou participou, em projetos de desenvolvimento de tecnologia ou de desenvolvimento de produto com integração tecnológica? Neste contexto integração tecnológica é a aplicação de tecnologias não usadas antes no contexto em que o produto está.

Sim, já atuei ou atuo com projetos que envolvem a integração de tecnologias

Não trabalhei em projetos com integração de tecnologias

Não sei opinar

2. Em qual área de é seu projeto (Ex: óleo e gás, automotiva etc.)

Óleo e gás.

Automotiva

Hospitalar

Mineração

Outros : \_\_\_\_\_

3. No caso do seu projeto há a entrega de um novo produto ou processo?

Sim

Não

4. Quantas pessoas participam deste projeto?

\_\_\_\_\_

5. Em qual(is) disciplina você atua?

Mecânica;  Elétrica;  Automação ;  Eletrônica embarcada ;  Gerenciamento

Química;  Materiais; Outros: \_\_\_\_\_

6. Como você classificaria o grau de inovação tecnológica dos projeto em que está inserido?

Novo para o mercado, A solução proposta é nova para o mercado em que está inserida.

Nova para a empresa, A solução proposta é nova para empresa podendo ja ter sido implementada por outras

Nova para o mundo. A solução proposta é nova para o mundo, ou seja a solução é nova para todos os setores do mercado.

7. Durante o andamento do projeto houve modificações nos requisitos?

Sim

Não

8. Se sim, das listadas abaixo quais foram o(s) motivo(s)

As tecnologias atuais não atendem os requisitos inicialmente definidos pelos clientes.

Falta de recurso.

Falta de conhecimento nas etapas de definição do escopo do projeto

9. Durante o processo de coleta das necessidades, transformação em requisitos e gerenciamento dos requisitos qual a maior dificuldade encontrada?

Captura das necessidades do cliente, (Exemplo: Cliente não soube transmitir as necessidades reais para a equipe)

Transformação das necessidades do cliente em requisitos de projetos, (Exemplo: Muitos requisitos foram desdobrados das necessidades ou os requisitos não são claros)

Gestão do requisito ao longo do projeto (Exemplo: Se há uma mudança no requisito ao decorrer do projeto e não há uma rastreabilidade)

Alocação dos requisitos na estrutura do produto (Exemplo: Os requisitos não são alocados a uma estrutura de produto, ou há a dificuldade de fazer isso )

Utilidade na gestão de requisitos, (Exemplo: Não há após a coleta e transformação das necessidades em requisitos o uso deles nas etapas conceituais, preliminar ou detalhado)

### **Avaliação de requisitos e atributos**

O objetivo desta etapa é avaliar os requisitos e atributos que uma metodologia de gestão de requisitos devem ter para atender demandas de novos projetos do DPI, cada pergunta possui uma versão .

Se a ferramenta proposta tiver a capacidade de selecionar os componentes críticos do projeto como você se sentiria?

- ( ) Eu gosto disso desta maneira.
- ( ) Eu espero que seja desta maneira.
- ( ) Eu fico neutro.
- ( ) Eu posso aceitar que seja desta maneira.
- ( ) Eu não gosto disto desta maneira

Se a ferramenta proposta não tiver a capacidade de selecionar os componentes críticos do projeto como você se sentiria?

- ( ) Eu gosto disso desta maneira.
- ( ) Eu espero que seja desta maneira.
- ( ) Eu fico neutro.
- ( ) Eu posso aceitar que seja desta maneira.
- ( ) Eu não gosto disto desta maneira

Se a ferramenta proposta avaliar o TRL (TRL sendo o nível de prontidão da tecnologia) do estado atual do produto do projeto como você se sente?

- ( ) Eu gosto disso desta maneira.
- ( ) Eu espero que seja desta maneira.
- ( ) Eu fico neutro.
- ( ) Eu posso aceitar que seja desta maneira.
- ( ) Eu não gosto disto desta maneira

Se a ferramenta proposta não avaliar o TRL (TRL sendo o nível de prontidão da tecnologia) do estado atual do produto do projeto como você se sente?

- ( ) Eu gosto disso desta maneira.
- ( ) Eu espero que seja desta maneira.
- ( ) Eu fico neutro.
- ( ) Eu posso aceitar que seja desta maneira.
- ( ) Eu não gosto disto desta maneira

Se a ferramenta proposta tiver a capacidade de gerar novos requisitos no produto do projeto como você se sente?

- ( ) Eu gosto disso desta maneira.
- ( ) Eu espero que seja desta maneira.
- ( ) Eu fico neutro.
- ( ) Eu posso aceitar que seja desta maneira.
- ( ) Eu não gosto disto desta maneira

Se a ferramenta proposta não tiver a capacidade de gerar novos requisitos no produto do projeto como você se sente?

- ( ) Eu gosto disso desta maneira.
- ( ) Eu espero que seja desta maneira.
- ( ) Eu fico neutro.
- ( ) Eu posso aceitar que seja desta maneira.
- ( ) Eu não gosto disto desta maneira

Se a ferramenta proposta tiver a capacidade de gerar um diagrama hierárquico da estrutura do produto com os requisitos, TRL alocados como você se sentiria?

- ( ) Eu gosto disso desta maneira.
- ( ) Eu espero que seja desta maneira.
- ( ) Eu fico neutro.
- ( ) Eu posso aceitar que seja desta maneira.
- ( ) Eu não gosto disto desta maneira

Se a ferramenta proposta não tiver a capacidade de gerar um diagrama hierárquico da estrutura do produto com os requisitos, TRL alocados como você se sentiria?

- ( ) Eu gosto disso desta maneira.
- ( ) Eu espero que seja desta maneira.
- ( ) Eu fico neutro.
- ( ) Eu posso aceitar que seja desta maneira.
- ( ) Eu não gosto disto desta maneira



Se a ferramenta proposta tiver a capacidade de gerar um histórico das modificações dos requisitos do produto, com informações da edição, como você se sentiria?

- Eu gosto disso desta maneira.
- Eu espero que seja desta maneira.
- Eu fico neutro.
- Eu posso aceitar que seja desta maneira.
- Eu não gosto disto desta maneira

Se a ferramenta proposta não tiver a capacidade de gerar um histórico das modificações dos requisitos do produto, com informações de autoria da edição, como você se sentiria?

- Eu gosto disso desta maneira.
- Eu espero que seja desta maneira.
- Eu fico neutro.
- Eu posso aceitar que seja desta maneira.
- Eu não gosto disto desta maneira

## 9 Anexo C – Entrevista Semiestruturada

### Introdução a entrevista

Este questionário tem como objetivo avaliar a efetividade do método de gerenciamento de requisitos proposta.

1. A entrevista é composta por questões abertas e de múltipla escolha.
2. Nas questões de múltipla escolha, apenas uma (1) alternativa é válida.

### 1) Requisitos avaliados

A seguir, selecione sua concordância com a frase:

a) “O modelo proposto representa corretamente os elementos e relacionamentos presentes no produto. ”

Opções: ( ) Concordo fortemente; ( ) Concordo; ( ) Não concordo/nem discordo; ( ) Discordo; ( ) Discordo Fortemente.

b) “O modelo representa o produto de forma completa. ”

Opções : ( ) Concordo fortemente; ( ) Concordo; ( ) não concordo nem discordo; ( ) Discordo; ( ) Discordo Fortemente

c) “O modelo não possui inconsistência”

Opções : ( ) Concordo fortemente; ( ) Concordo; ( ) não concordo nem discordo; ( ) Discordo; ( ) Discordo Fortemente

d) “O modelo proposto pode ser facilmente compreendido pela equipe de projeto “

Opções : ( ) Concordo fortemente; ( ) Concordo; ( ) não concordo nem discordo; ( ) Discordo; ( ) Discordo Fortemente

e) “O modelo pode ser facilmente Atualizado durante o PDP.”

Opções : ( ) Concordo fortemente; ( ) Concordo; ( ) não concordo nem discordo; ( ) Discordo; ( ) Discordo Fortemente

c) Você compreende bem as diferenças entre cada TRL?

Opções : ( ) Domino plenamente; ( ) Domínio parcialmente; ( ) Possuo dificuldades;

( ) Não domino

f) “O modelo proposto representa de forma satisfatória os requisitos, maturidade tecnológica e sua alocação no produto”

Opções : ( ) Concordo fortemente; ( ) Concordo; ( ) não concordo nem discordo; ( ) Discordo; ( ) Discordo Fortemente ;

## **2) Avaliação dos atributos da proposta de ferramenta coletados pelo modelo Kano:**

a) Você está satisfeito de como a ferramenta seleciona componentes críticos?

( ) Não estou satisfeito; ( ) Pouco satisfeito; ( ) Satisfeito; ( ) Muito satisfeito

b) Como você acha que a seleção dos componentes críticos pode ajudar durante o ciclo de vida de desenvolvimento de produto?

(aberta)

d) Você está satisfeito de como a ferramenta avalia o TRL do produto em seu estado atual?

Opções : ( ) Não estou satisfeito; ( ) Pouco satisfeito; ( ) Satisfeito; ( ) Muito satisfeito

e) Como você acha que a avaliação da maturidade tecnológica pode ajudar durante o ciclo de vida de desenvolvimento de produto?

(aberta)

f) Como você enxerga a relação do nível de maturidade tecnológica e o cumprimento dos requisitos?

(aberta)

g) Você está satisfeito de como a ferramenta gera novos requisitos?

Opções : ( ) Não estou satisfeito; ( ) Pouco satisfeito; ( ) Satisfeito; ( ) Muito satisfeito

h) Em etapas posteriores ao informacional, novos requisitos podem ser gerados. Como você enxerga que a geração desses novos requisitos pode ajudar ou atrapalhar no desenvolvimento do produto?

(aberta)

i) Você está satisfeito em como a ferramenta gera o diagrama de gestão?

Opções : ( ) Não estou satisfeito; ( ) Pouco satisfeito; ( ) Satisfeito; ( ) Muito satisfeito

j) Há diversas maneiras de se modelar um sistema. Muitas dessas propostas são geradas pelas disciplinas de engenharia de sistemas e engenharia de requisitos. Como você acha que uma forma de modelagem, que tenha inclusão e análise do nível de maturidade tecnológica pode ajudar durante o ciclo de vida de desenvolvimento de produto?

(aberta)



## **Produção Técnica e Científica**

Oliveira, Pedro M.; Beal, Valter S.; Metodologia para qualificação tecnológica aplicada ao desenvolvimento de produto: Uma revisão sistemática. **V Simpósio internacional de inovação e tecnologia, 2019.**

Oliveira, Pedro M.; Leão, Adriano S.; Leite, Regina M.; Cornialli, Alfredo R.; Ramos, Marcos L.; Beal, Valter S.; An Innovative Concept of Traceable Device for Monitoring the Temperature of Temperature Sensitive Healthcare Products. **The Journal of Bioengineering and Technology Applied to Health, 2019.**