



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO- ICOMP
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA - PPGI

Mapa da Sensorina e Mind IoT: Técnicas de Elicitação de
Requisitos Baseadas em *Design Thinking* para Sistemas
IoT

Sabrina Rocha de Souza

Manaus - AM

2023

Sabrina Rocha de Souza

Mapa da Sensorina e Mind IoT: Técnicas de Elicitação de
Requisitos Baseadas em *Design Thinking* para Sistemas
IoT

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Amazonas (PPGI-UFAM) como requisito para a obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientadora:

Tayana Uchôa Conte, Dra.

Coorientador: José Carlos Maldonado, Dr.

Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Instituto de Computação- IComp

Manaus - AM

2023

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S729m Souza, Sabrina Rocha de
Mapa da Sensorina e Mind IoT : técnicas de elicitação de requisitos baseadas em design thinking para sistemas IoT / Sabrina Rocha de Souza . 2023
159 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Tayana Uchôa Conte
Coorientador: José Carlos Maldonado
Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Engenharia de Requisitos. 2. Elicitação de Requisitos. 3. Design Thinking. 4. Internet das Coisas. I. Conte, Tayana Uchôa. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Informática

FOLHA DE APROVAÇÃO

"MAPA DA SENSORINA E MIND IOT: TÉCNICAS DE ELICITAÇÃO DE REQUISITOS BASEADA EM DESIGN THINKING PARA SISTEMAS IOT"

SABRINA ROCHA DE SOUZA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Professores:

Profa. Dra. Tayana Uchôa Conte - PPGI/UFAM - PRESIDENTE

Profa. Dra. Tanara Lauschner - MEMBRO EXTERNO

Profa. Dra. Edna Dias Canedo - MEMBRO EXTERNO

Manaus, 13 de novembro de 2023



Documento assinado eletronicamente por **Tayana Uchoa Conte, Professor do Magistério Superior**, em 26/11/2023, às 17:16, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Tanara Lauschner, Professor do Magistério Superior**, em 05/12/2023, às 08:23, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **EDNA DIAS CANEDO, Usuário Externo**, em 05/12/2023, às 10:57, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1783761** e o código CRC **4E911A46**.

Avenida General Rodrigo Octávio, 6200 - Bairro Coroado I Campus Universitário
Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte - Telefone: (92) 3305-1181 / Ramal 1193
CEP 69080-900, Manaus/AM, coordenadorppgi@icomp.ufam.edu.br

Referência: Processo nº 23105.049988/2023-37

SEI nº 1783761

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar, me dar saúde e a sabedoria para concluir este trabalho.

À minha família, especialmente aos meus pais, quero expressar minha gratidão pelo apoio que sempre me deram. Sei que vocês fizeram sacrifícios incansáveis para que eu pudesse alcançar meus objetivos, e por isso sou eternamente grata. Aos meus irmãos e ao João, obrigado por estarem ao meu lado, me incentivando.

À minha avó Ritinha pelas orações de quando eu ainda estava escrevendo o projeto para a seleção do mestrado. Agradeço também minhas tias, especialmente a tia Raimundinha e tia Rege por todo cuidado e carinho.

À minha querida orientadora, Tayana Conte, que me acolheu desde o primeiro e-mail. Obrigada por toda sua orientação, paciência, inspiração e por todas as oportunidades concebidas para meu crescimento pessoal e profissional. Seu amor e dedicação à pesquisa é um exemplo para mim. E também, ao meu Coorientador, José Carlos Maldonado, por seu comprometimento em me ajudar a alcançar meus objetivos acadêmicos, foi fundamental para concluir este projeto.

Ao grupo USES, minha gratidão pelo apoio mútuo e aprendizado que me permitiu crescer academicamente. Em especial, minha dupla Maria, bem como Genildo, Romualdo, Eriky, Myrian e Carlos pela amizade e por tornarem o desenvolvimento desta pesquisa uma experiência incrivelmente gratificante e mais leve.

À Dra. Edna Canedo e à Dra. Tanara Lauschner, por todas as sugestões valiosas que compartilharam durante a banca de qualificação do meu mestrado. Agradeço também por aceitarem participar da defesa da dissertação. Cada orientação foi de grande importância para o aprimoramento da minha pesquisa.

A todos que me apoiaram de forma direta ou indireta. Em especial à minha amiga, Jéssica e as pessoas que se voluntariaram para participar dos nossos estudos experimentais apresentados nesta dissertação.

Agradeço também ao projeto SUPER por me proporcionar uma experiência incrível como pesquisadora e pelo apoio financeiro concedido. Meus sinceros agradecimentos também a CAPES, cujo apoio financeiro foi fundamental para o sucesso deste trabalho. Além disso, gostaria de estender meus agradecimentos a todos os dedicados funcionários do ICOMP pelo apoio prestado, sem o qual a realização deste e de outros projetos não teria sido possível.

Minha sincera gratidão a todos que fizeram parte desta jornada.

Muito obrigada!

"Seja forte e corajoso!"

Josué 1:9

Mapa da Sensorina e Mind IoT: Técnicas de Elicitação de Requisitos Baseadas em *Design Thinking* para Sistemas IoT

Autor: Sabrina Rocha de Souza

Orientador: Tayana Uchôa Conte, Dra.

Coorientador: José Carlos Maldonado, Dr.

Resumo

Contexto: A Internet das Coisas (IoT) é um termo que se refere à integração de diferentes dispositivos e tecnologias, permitindo a interação entre eles para oferecer uma variedade de serviços. No entanto, o desenvolvimento de sistemas baseados em IoT apresenta desafios devido às particularidades exigidas desses sistemas. **Objetivo:** Nesse sentido, busca-se apoiar engenheiros(as) de software durante a atividade de elicitação. Para isso foram propostas duas técnicas de elicitação de requisitos: Mapa da Sensorina e Mind IoT. **Método:** Para chegar a essas técnicas, adotou-se uma abordagem iterativa baseada em estudos experimentais para adquirir evidências e definir as técnicas. **Resultados:** Os estudos indicam a viabilidade de aplicação das técnicas propostas e mostram que elas são adequadas para elicitar requisitos IoT. A análise foi baseada nas percepções dos participantes convidados, que avaliaram a utilidade e facilidade de uso das técnicas nos cenários em que foram aplicadas. Essas percepções são fundamentais para verificar se as técnicas são viáveis, na prática. **Conclusões:** Dessa forma, este trabalho contribui para o avanço do conhecimento na área de requisitos de sistemas IoT, fornecendo técnicas para a elicitação de requisitos IoT. A utilização das técnicas deve auxiliar os engenheiros de requisitos a lidar com as particularidades e complexidades inerentes aos sistemas IoT.

Palavras-chave: *Engenharia de Requisitos; Elicitação de Requisitos; Design Thinking; Internet das Coisas.*

Mapa da Sensorina e Mind IoT: Técnicas de Elicitação de Requisitos Baseadas em *Design Thinking* para Sistemas IoT

Autor: Sabrina Rocha de Souza

Orientador: Tayana Uchôa Conte, Dra.

Coorientador: José Carlos Maldonado, Dr.

Abstract

Context: The Internet of Things (IoT) is a term that refers to the integration of various devices and technologies, enabling them to interact with each other to provide a range of services. However, the development of IoT-based systems poses challenges due to the specific requirements of these systems. **Objective:** The goal is to supply support to software engineers during the requirement elicitation process. We have proposed two requirement elicitation techniques: Sensorina Map and Mind IoT. **Method:** To formulate these techniques, we adopted an iterative approach grounded in experimental studies to gather evidence and define the methods. **Results:** The studies show the feasibility of applying the proposed techniques and illustrate their suitability for eliciting IoT requirements. We conducted the analysis based on the feedback supplied by invited participants who evaluated the utility and ease of use of the techniques in the scenarios where they were applied. These insights play a crucial role in verifying the practical viability of the techniques. **Conclusion:** In this manner, this work contributes to the advancement of knowledge in the field of IoT system requirements by providing the techniques that should assist software engineers in addressing the inherent peculiarities of IoT systems.

Keywords: *Requirements Engineering; Requirements Elicitation; Design Thinking; Internet of Things.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Metodologia da Pesquisa, baseada na metodologia proposta por Shull, Carver e Travassos (2001)	20
Figura 2 – Atividades da ER segundo Sommerville et al. (2011).	24
Figura 3 – Etapas principais do <i>Design Thinking</i>	26
Figura 4 – Aplicações IoT	32
Figura 5 – Técnicas de DT comparadas por categoria	42
Figura 6 – Representação da tabela utilizadas para registrar requisitos.	45
Figura 7 – <i>Boxplot</i> para o número de requisitos	49
Figura 8 – Facilidade de Uso (Grupo A)	50
Figura 9 – Mapa de Empatia para o Sensor elaborado pelo participante P6	52
Figura 10 – Diagrama de Afinidade elaborado pelo participante P9	53
Figura 11 – Business Model Canvas elaborado pelo participante P4	53
Figura 12 – Facilidade de Uso (Grupo B)	54
Figura 13 – Persona elaborado pelo participante P21	55
Figura 14 – Mapa Mental elaborado pelo participante P23	56
Figura 15 – <i>Template</i> do Mapa da Sensorina	63
Figura 16 – Primeira versão do Mind IoT	67
Figura 17 – Adaptado de Kontio, Bragge e Lehtola (2008)	73
Figura 18 – Exemplo de Codificação.	76
Figura 19 – Representação visual da categoria Percepções sobre o uso do Mapa da Sensorina.	77
Figura 20 – Representação visual da categoria Percepções sobre o uso do Mind IoT	79

Figura 21 – Segunda Versão do Mapa da Sensorina	83
Figura 22 – Exemplo preenchido do Mapa da Sensorina	84
Figura 23 – Segunda versão do Mind IoT	87
Figura 24 – Artefato de apoio ao Mind IoT - Glossário	88
Figura 25 – Mind IoT (V2)	88
Figura 26 – Grau de aceitação dos participantes com relação à utilidade das técnicas	97
Figura 27 – Grau de aceitação do glossário como artefato de apoio para o Mind IoT	99
Figura 28 – Grau de aceitação do exemplo para apoiar o uso Mind IoT	100
Figura 29 – Percepção dos Participantes sobre o Uso Combinado de Técnicas . .	102
Figura 30 – Grau de aceitação dos participantes com relação à facilidade das técnicas	104
Figura 31 – Percepção dos participantes sobre a facilidade do uso combinado das técnicas	104
Figura 32 – Percepção dos participantes sobre o uso futuro das técnicas	110
Figura 33 – Técnicas para identificação de <i>stakeholders</i>	132
Figura 34 – Técnicas para identificação de organização de informações	132
Figura 35 – Técnica para processos de negócios	133
Figura 36 – Modelo de relatório para especificação de requisitos	133
Figura 37 – Mapa da Sensorina - Versão Atual	151
Figura 38 – Mapa da Sensorina - Exemplo Preenchido	152
Figura 39 – Versão Final do Mind IoT	153
Figura 40 – Exemplo de uso do Mind IoT	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Objetivo do estudo segundo GQM	38
Tabela 2 – Caracterização dos Participantes do Estudo Exploratório	41
Tabela 3 – Resumo Quantitativo do Número de Requisitos	47
Tabela 4 – Número de requisitos por participante	48
Tabela 5 – Resumo da percepção dos participantes com relação à facilidade de uso	58
Tabela 6 – Cenários propostos de soluções IoT	75
Tabela 7 – Caracterização de Participantes do Estudo de Observação	94
Tabela 8 – Melhorias realizadas no glossário	109
Tabela 9 – Técnicas utilizadas	130
Tabela 10 – Requisitos Identificados no Estudo de Viabilidade	143
Tabela 11 – Requisitos Identificados no Estudo de Observação	144
Tabela 12 – Exemplo de como preencher no relatório	146

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contexto e Motivação	15
1.2	Problema e Questão de Pesquisa	17
1.3	Objetivos	19
1.4	Metodologia	19
1.5	Organização do Trabalho	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1	Engenharia de Requisitos	23
2.2	Design Thinking	25
2.2.1	Técnicas de <i>Design Thinking</i>	28
2.3	Internet das Coisas	30
2.3.1	Aplicações IoT	31
2.4	Trabalhos Relacionados	33
2.5	Conclusões do Capítulo	37
3	ESTUDO EXPLORATÓRIO: UTILIZANDO TÉCNICAS DE DT .	38
3.1	Estudo Exploratório	38
3.2	Planejamento do Estudo Exploratório	40
3.3	Execução do Estudo	44
3.4	Resultados Quantitativos	46
3.5	Análise de <i>feedback</i> sobre o uso das técnicas	49
3.5.1	Percepção do Grupo A	50
3.5.2	Percepção do Grupo B	54
3.6	Ameaças à Validade	57

3.7	Conclusão	59
4	PROPOSTA INICIAL DAS TÉCNICAS	61
4.1	Contexto	61
4.2	Primeira Versão do Mapa da Sensorina	62
4.3	Primeira Versão do Mind IoT	66
4.4	Conclusões do Capítulo	71
5	ESTUDO DE VIABILIDADE	72
5.1	Contexto do Estudo de Viabilidade	72
5.2	Planejamento do Estudo de Viabilidade	73
5.3	Execução do Estudo de Viabilidade	74
5.4	Análise e Discussão dos Resultados do Focus Group	76
5.4.1	Análise Qualitativa do Mapa da Sensorina	76
5.4.2	Análise Qualitativa do <i>Mind IoT</i>	79
5.5	Refinamento das Técnicas de Elicitação	82
5.5.1	Segunda Versão do Mapa da Sensorina	82
5.5.2	Segunda Versão do Mind IoT	86
5.6	Considerações Finais	90
6	ESTUDO DE OBSERVAÇÃO	92
6.1	Contexto do Estudo de Observação	92
6.2	Definição do Estudo de Observação	92
6.3	Planejamento do Estudo de Observação	93
6.4	Execução do Estudo de Observação	94
6.5	Análise e Interpretação dos Dados do Estudo de Observação 96	
6.5.1	Análise da Percepção dos Participantes Sobre a Utilidade do Mapa da Sensorina e do Mind IoT	96
6.5.2	Análise da Percepção dos Participantes Sobre a Facilidade de Uso do Mapa da Sensorina e do Mind IoT	103
6.6	Discussão dos Resultados do Estudo de Observação	107
6.6.1	Ameaças à Validade do Estudo de Observação	108

6.7	Conclusões do Capítulo	111
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS . . .	112
7.1	Considerações Finais	112
7.2	Limitações	114
7.3	Perspectivas Futuras	114
7.4	Contribuições e Publicações	115
	Referências	118
APÊNDICE A	INSTRUMENTOS DO ESTUDO EXPLORATÓRIO .	126
APÊNDICE B	INSTRUMENTOS DO ESTUDO DE VIABILIDADE	140
APÊNDICE C	INSTRUMENTOS DO ESTUDO DE OBSERVAÇÃO	144
APÊNDICE D	MAPA DA SENSORINA E ARTEFATO DE APOIO .	151
APÊNDICE E	MIND IOT E E ARTEFATOS DE APOIO	153

1

INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o contexto da pesquisa, bem como as motivações, o problema abordado, e os objetivos. Além disso, a metodologia adotada para a pesquisa também é apresentada neste capítulo, finalizando com uma breve explicação sobre os capítulos subsequentes. Ainda, são caracterizados os apêndices deste trabalho.

1.1 Contexto e Motivação

Nos últimos anos, o avanço tecnológico tem impulsionado o surgimento de sistemas que proporcionam novas oportunidades de interação entre objetos, pessoas, máquinas e sistemas, visando otimizar o cotidiano dos usuários (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018). Esses sistemas, como os baseados no paradigma da Internet das Coisas (IoT), Indústria 4.0, sensíveis ao Contexto e Ciber-Físicos, são mais complexos em comparação aos sistemas tradicionais (*web* e *mobile*). Eles envolvem preocupações relacionadas a hardware, conectividade, interface de comunicação e interatividade entre diferentes dispositivos (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018).

Em particular, os sistemas baseados em IoT possuem características distintivas que os diferenciam de outros sistemas. Eles são capazes de conectar e integrar diferentes dispositivos físicos e objetos inteligentes, permitindo a coleta, troca e processamento de dados (BELGUIDOUM; GOURARI; SEHILI, 2023). A interatividade é uma característica que envolve diversos atores, coisas¹, incluindo entidades humanas e não humanas

¹ Objetos físicos conectados à internet capazes de transmitir e processar dados.

(MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2023). A diversidade de protocolos e padrões IoT, como MQTT, HTTP, *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *ZigBee* e *LoRA*, desempenha um papel crucial na comunicação e integração desses sistemas (INAYAT et al., 2022). Além disso, o ambiente em que esses sistemas operam fornece o contexto no qual as interações ocorrem e os serviços são oferecidos aos usuários (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2023). A grande quantidade de dados gerados pela integração de sensores e dispositivos inteligentes também é uma característica marcante dos sistemas IoT, entre outras (LEPEKHIN et al., 2019).

No entanto, à medida que as tecnologias evoluem, novas aplicações IoT estão surgindo e sendo incorporadas em diferentes propostas de implantação, conforme as necessidades e desejos dos usuários (PRADEEP; KANT, 2022). Esses sistemas estão sendo implantados em diversos setores, como gerenciamento de água, iluminação, aquecimento, ventilação, vigilância, segurança, cidades inteligentes, residências, fazendas, entre outros (BELGUIDOUM; GOURARI; SEHILI, 2023). Assim, projetar, implantar e manter sistemas IoT é um empreendimento desafiador, especialmente para grandes organizações, pois a IoT oferece uma série de serviços inovadores e oportunidades de negócios que ajudam as empresas a criar novos valores (JU; KIM; AHN, 2016).

A complexidade do desenvolvimento dos sistemas IoT é ampliada pelas suas particularidades, que incluem as diversas perspectivas dos *stakeholders* e a utilização variada dos recursos computacionais. Essa complexidade pode resultar em requisitos inconsistentes e ambíguos (ALMEIDA, 2022). Em razão disso, a engenharia de software para IoT requer uma abordagem abrangente, levando em consideração a multidisciplinaridade envolvida em sua concepção (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2023).

Estudos indicam a carência de abordagens abrangentes para a Engenharia de Requisitos de sistemas IoT, o que causa problemas na identificação e descrição das necessidades dos *stakeholders* e de negócios (VEIGA; BULCÃO-NETO, 2022). Assim, argumentamos ser necessário adaptar ou criar técnicas de elicitação de requisitos adequadas aos desafios da IoT. Isso inclui repensar a definição dos diferentes atores, como os sensores, e considerar também modelos de negócios estratégicos. Visto que, muitas empresas enfrentam dificuldades para desenvolver modelos adequados aos desafios da

IoT (LEMINEN et al., 2020).

O *Design Thinking* (DT) surge como uma abordagem promissora que pode ser aplicada de forma eficaz para apoiar o desenvolvimento de sistemas tradicionais (HEHN; UEBERNICKEL, 2018). Uma vez que, essa abordagem permite a compreensão aprofundada das necessidades do usuário e a geração de soluções inovadoras que abrangem aspectos de processo, produto, marketing e serviços, podendo ser usada durante a elicitação de requisitos (BROWN, 2020). Com base nisso, este trabalho sugere que os engenheiros(as) de software podem se beneficiar da aplicação do DT durante o desenvolvimento de sistemas IoT por estarem ligados à inovação. Mas, há pouca informação disponível sobre o uso dessa abordagem no contexto IoT.

1.2 Problema e Questão de Pesquisa

A construção e a qualidade dos sistemas IoT, assim como qualquer sistema de software, dependem de um processo inicial bem definido de Engenharia de Requisitos (ER) (VEGENDLA et al., 2018). A ER é um processo fundamental que abrange diversas atividades, incluindo a elicitação, análise, especificação, verificação e gerenciamento de requisitos. Seu objetivo é minimizar erros, evitar custos e corrigir eventuais falhas antes da validação dos requisitos (ALEXA; AVASILCAI, 2018).

No contexto da IoT, a elicitação de requisitos enfrenta desafios específicos que dificultam o uso dos métodos convencionais de ER, tais como: (i) o uso diferenciado de recursos computacionais, pois variam em capacidades de processamento, memória, fonte de energia e comunicação em rede (SOBIN, 2020); (ii) a interoperabilidade, sendo este um requisito essencial para lidar com a heterogeneidade e garantir uma comunicação eficiente e integrada entre dispositivos (MOTTA; SILVA; TRAVASSOS, 2019); (iii) escalabilidade para considerar grandes volumes de dispositivos e dados (SOBIN, 2020), e por fim, (iv) a natureza volátil dos requisitos, visto que estes podem evoluir rapidamente devido ao progresso tecnológico, crescimento do mercado, expectativas dos usuários e diferentes visões dos stakeholders (ALMEIDA, 2022). Dessa forma, as abordagens convencionais da ER muitas vezes podem não capturar e expressar adequa-

damente as diferentes necessidades e informações necessárias para o desenvolvimento de sistemas IoT (BOUANAKA et al., 2020).

Diante desse cenário, profissionais da indústria e pesquisadores têm buscado propor ou adaptar métodos tradicionais para melhorar a projeção de sistemas IoT e garantir a qualidade do produto final, por meio do uso de tecnologias e abordagens específicas para a ER de sistemas IoT. Exemplos dessas abordagens incluem o *IoTReq* (REGGIO, 2018), *TrUStAPIS* (FERRARIS; FERNANDEZ-GAGO, 2020), *IoT-RML* (COSTA; PIRES; DELICATO, 2017) e *RETIoT* (SILVA; GONÇALVES; TRAVASSOS, 2020). No entanto, essas propostas apresentam lacunas quando se trata da criação de documentos de requisitos de sistemas IoT (SILVA; GONÇALVES; TRAVASSOS, 2020). Além disso, são consideradas complexas de serem implementadas e a disponibilidade de recursos humanos especializados em IoT é limitada (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2023).

Outro ponto é que o uso de uma única técnica de elicitação de requisitos pode não ser tão efetivo quanto o uso combinado de várias técnicas (MISHRA; MISHRA; YAZICI, 2008). Portanto, é importante explorar o potencial de técnicas complementares que possam fornecer mais informações e atender às expectativas de construção de sistemas IoT. Assim, a principal questão de pesquisa desta proposta de estudo é:

"Como melhorar o apoio à elicitação de requisitos para sistemas IoT?"

Para responder esta questão de pesquisa, a proposta deste trabalho consiste no desenvolvimento de técnicas que apoiem a elicitação de requisitos IoT: o Mapa da Sensorina e o Mind IoT. Ambas as técnicas são baseadas em DT e visam considerar as particularidades dos sistemas IoT, como a conectividade, coisas, comportamento, domínio de aplicação, processos de negócios e a interação entre hardware e software. Ao propor essas técnicas de elicitação de requisitos, pretende-se apoiar engenheiros(as) de software a obter uma compreensão mais profunda dos requisitos do sistema e das necessidades dos usuários, ajudando a criar soluções mais eficazes e alinhadas com as expectativas dos *stakeholders*. As técnicas propostas são de uso combinado entre si e técnicas de elicitação para sistemas tradicionais, como entrevistas e *brainstorming*. Uma vez que o uso combinado de técnicas de elicitação de requisitos oferece vantagens, e

podem ser complementadas com outras técnicas que abordam questões específicas que técnicas anteriores não podem cobrir completamente (MISHRA; MISHRA; YAZICI, 2008).

1.3 Objetivos

O objetivo geral dessa pesquisa é apoiar engenheiros(as) de software durante a atividade de elicitação de requisitos para sistemas IoT. Para isso, foram propostas duas técnicas baseadas nos conceitos de *Design Thinking* e nos princípios da Engenharia de Requisitos IoT. Espera-se que os resultados desta pesquisa contribuam tanto para a indústria de desenvolvimento de software quanto para a comunidade científica. Para atingir esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar tendências e benefícios do uso de técnicas de DT durante a elicitação de requisitos para sistemas IoT;
- Adaptar técnicas de DT para identificar características específicas de sistemas IoT para apoiar a elicitação de requisitos;
- Obter evidências científicas sobre o uso das técnicas propostas.

1.4 Metodologia

A metodologia adotada nesta pesquisa, conforme mostra a Figura 1, é baseada em Shull, Carver e Travassos (2001). Composta por seis etapas, que contemplam a definição, avaliação e refinamento das técnicas. O refinamento das técnicas foi feito após a execução de cada estudo experimental, com base nos *feedbacks* e sugestões de melhoria, visando deixar as técnicas mais sólidas e alinhadas aos objetivos desta pesquisa. As etapas dessa metodologia são sucintamente descritas a seguir.

(1) Estudo Exploratório: para gerar as primeiras impressões sobre o uso das técnicas de DT durante o desenvolvimento de sistemas IoT. Este estudo foi realizado para identificar (potenciais) tendências e benefícios de uso das técnicas de DT durante a

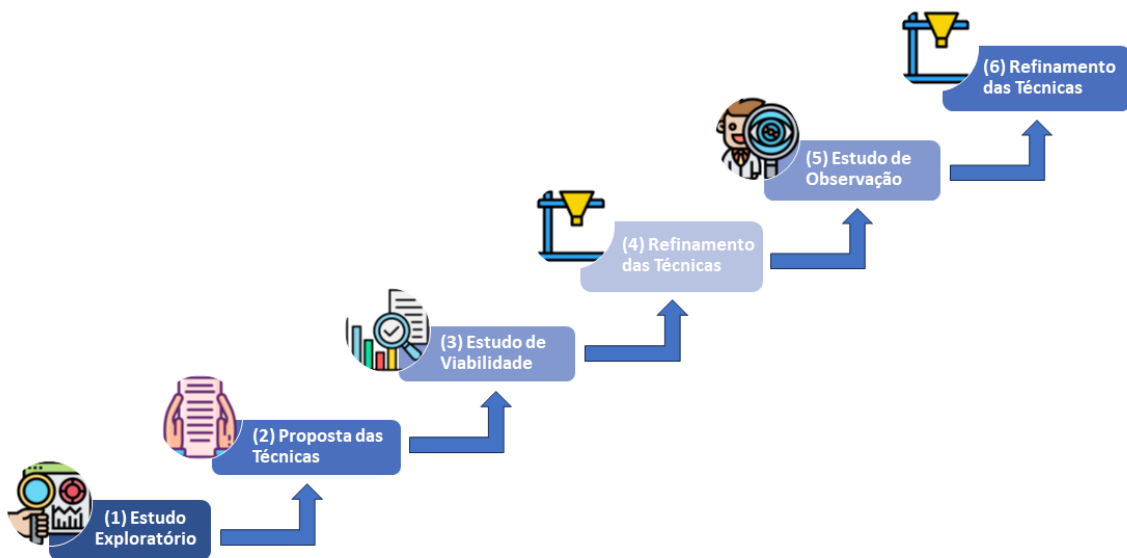


Figura 1 – Metodologia da Pesquisa, baseada na metodologia proposta por [Shull, Carver e Travassos \(2001\)](#)

elicitação de requisitos IoT. Os resultados desta etapa foram publicados nos anais do XXI Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), de 2022 ([SOUZA et al., 2022](#)).

(2) Proposta Inicial das Técnicas: propomos duas técnicas de elicitação de requisitos com base nos resultados obtidos na etapa (1) e considerando as particularidades IoT apresentadas no trabalho de [Motta, Oliveira e Travassos \(2023\)](#): o Mapa da Sensorina e o Mind IoT. Ambas as técnicas são centradas nos usuários. O Mapa da Sensorina consiste em criar um mapa que representa atores sensores que compõem o sistema IoT, para mapear as interações desses atores no sistema, e entender como as informações são coletadas, processadas e utilizadas pelo sistema. O Mind IoT busca apresentar de forma visual as necessidades dos usuários e identificar possíveis soluções considerando as particularidades dos sistemas IoT.

(3) Estudo de Viabilidade: foi realizado um estudo para avaliar a facilidade de uso das técnicas. Os resultados do estudo indicaram que o Mapa da Sensorina e o Mind IoT são efetivos na identificação de requisitos para IoT. Além disso, a análise de *feedback* proporcionou *insights* valiosos para possíveis melhorias nas técnicas.

(4) Refinamento das Técnicas: após a realização do estudo de viabilidade, as técnicas propostas foram revisadas e aprimoradas, com base nos resultados obtidos e

nas percepções dos participantes em relação ao uso das técnicas durante a elicitação. Assim, as técnicas foram refinadas e surgiram novas questões de pesquisa a serem exploradas em outro estudo experimental.

(5) Estudo de Observação: após o refinamento das técnicas, foi realizado um estudo em âmbito acadêmico e observado pelos participantes, para evitar que a abordagem seja utilizada de forma precoce em âmbito industrial. Através dessa observação, foram coletados dados sobre como as técnicas são utilizadas.

(6) Refinamento das Técnicas: com base nos resultados do estudo de observação e na análise realizada para avaliar se as técnicas alcançaram seus objetivos, concluiu-se que não era necessário efetuar modificações no Mapa da Sensorina. Em vez disso, as alterações foram direcionadas para aprimorar a usabilidade do Mind IoT durante o processo de elicitação de requisitos.

1.5 Organização do Trabalho

Esta dissertação está organizada em mais seis capítulos e os apêndices. A organização do texto segue a estrutura a abaixo:

Capítulo 2 — Fundamentação Teórica: são apresentados conceitos sobre o processo da Engenharia de Requisitos, *Design Thinking* e Internet das Coisas. Além disso, são apresentados os trabalhos relacionados a esta pesquisa.

Capítulo 3 — Estudo Exploratório: este capítulo apresenta o planejamento e execução de um estudo para identificar tendências e benefícios sobre o uso das técnicas de Design Thinking durante a elicitação de requisitos para sistemas IoT.

Capítulo 4 — Técnicas Mapa da Sensorina e Mind IoT: este capítulo detalha o processo de criação das técnicas propostas.

Capítulo 5 — Estudo de Viabilidade: apresenta a análise quantitativa e qualitativa sobre a viabilidade de aplicação das técnicas e o refinamento das técnicas.

Capítulo 6 — Estudo de Observação: descreve o estudo executado no contexto de uma disciplina de Introdução a Engenharia de Software da UFAM, para obter uma compreensão refinada sobre o uso das técnicas.

Capítulo 7 — Considerações Finais: descreve as conclusões e contribuições desta pesquisa, e discute as perspectivas futuras.

Apêndice A — Instrumentos do Estudo Exploratório: são apresentados os artefatos projetados para obter as respostas desejadas em relação aos objetivos dos estudos.

Apêndice B — Instrumentos do Estudo de Viabilidade: são apresentados os instrumentos selecionados e adaptados conforme os objetivos do estudo.

Apêndice C — Instrumentos do Estudo de Observação: são apresentados os materiais necessários para obter informações relacionadas ao objetivo do estudo.

Apêndice D — Mapa da Sensorina e Artefato de Apoio: é apresentada a última versão refinada e o artefato de apoio, o qual refere-se a um exemplo preenchido da técnica.

Apêndice E — Mind IoT e Artefatos de Apoio: é apresentada a última versão refinada da técnica e os artefatos de apoio, sendo o exemplo prático e o glossário com descrições e sugestões de como preencher os campos.

2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, fornecemos uma visão geral dos principais conceitos relacionados para o melhor entendimento da pesquisa, e os trabalhos relacionados.

2.1 Engenharia de Requisitos

A Engenharia de Requisitos (ER) é um conjunto de atividades envolvidas na descoberta, análise, especificação, implementação e manutenção dos requisitos de um projeto de sistema ([FERNÁNDEZ et al., 2017](#)). Os requisitos podem ser classificados em funcionais e não funcionais. Os requisitos funcionais são declarações de serviços que devem ser implementados no projeto de software, enquanto os requisitos não funcionais impõem restrições relacionadas a desempenho, manutenção, segurança, flexibilidade e confiabilidade ([SOMMERVILLE et al., 2011](#)).

A ER também desempenha um papel crucial na redução de custos durante o desenvolvimento de um projeto de software, pois visa identificar informações que possam causar conflitos, ambiguidades ou inconsistências nos requisitos, evitando, erros futuros na fase final do projeto ([ALEXA; AVASILCAI, 2018](#)).

De acordo com [Pires et al. \(2011\)](#), a ER é um processo que busca definir os *stakeholders* envolvidos, compreender suas necessidades e documentá-las. Os *stakeholders* são pessoas, organizações ou entidades que podem se beneficiar direta ou indiretamente do produto final, incluindo usuários finais, clientes contratantes, analistas de negócios, engenheiros(as) de software, entre outros ([HADZOVIC; MRDOVIC; RADONJIC, 2021](#)).

Sommerville et al. (2011) dividem o processo da ER em cinco atividades diferentes, como mostra a Figura 2. A seguir essas atividades são descritas.

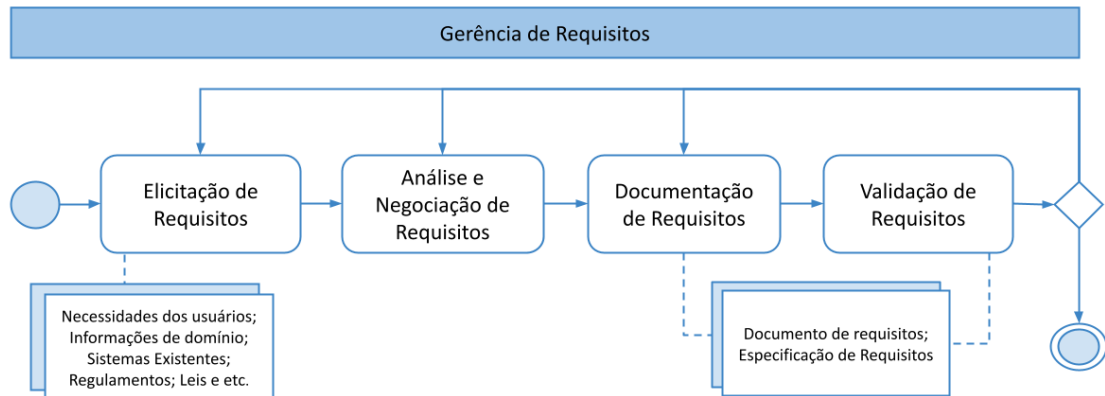


Figura 2 – Atividades da ER segundo Sommerville et al. (2011).

- Elicitação dos requisitos:** está relacionada com a descoberta e entendimento das necessidades e expectativas de *stakeholders* para solucionar um problema a partir de um sistema. Este termo designa as interações entre engenheiros(as) de software com seus *stakeholders*, visando extrair o máximo de informações para entender os principais requisitos do sistema a ser construído.
- Análise e negociação dos requisitos:** ocorrem após a obtenção dos requisitos iniciais. Nesta etapa, os requisitos são submetidos a uma análise detalhada, que inclui a representação e descrição dos domínios de informação, funcionalidade e comportamento. Os requisitos são organizados em categorias, explorando suas relações e classificando-os de acordo com a importância definida pelas necessidades dos *stakeholders*. Além disso, são realizadas avaliações para determinar quais requisitos serão aceitos.
- Documentação dos requisitos:** também chamada de especificação de requisitos, esta atividade está relacionada à formalização das informações identificadas e adquiridas durante as fases de elicitação e análise, por meio do documento de requisitos. Em resumo, é produzido um documento de especificação de requisitos em uma linguagem que todos os *stakeholders* possam compreender.

- **Validação dos requisitos:** após a especificação, os requisitos devem ser validados para garantir que estejam corretos, consistentes, precisos, completos e verificáveis. Após isso, eles são priorizados como uma lista de funcionalidades e características não funcionais do projeto de software.
- **Gerência de requisitos:** esta etapa ocorre paralelamente às outras atividades e lida com mudanças nos requisitos, e os relacionamentos entre eles. O gerenciamento de requisitos procura rastrear mudanças e garantir que elas ocorram de maneira controlada no documento de requisitos.

A elicitação de requisitos é uma atividade crítica da ER, devido à alta complexidade, amplitude, volatilidade dos requisitos, por ser a base para todas as etapas subsequentes, e por ser um processo iterativo que deve ocorrer em colaboração com analistas, usuários e aplicações técnicas (COUGHLAN; MACREDIE, 2002).

As técnicas de elicitação devem apoiar engenheiros(as) de software a identificar requisitos relevantes, consistentes e completos para gerar um documento (VALENTE, 2020). Este documento pode receber diferentes denominações dependendo da organização, tais como “especificação funcional”, “definição de requisitos” ou “especificação de requisitos”, outras organizações, como a IEEE, definiram os próprios padrões, como o *IEEE Std 830-1998* (COMMITTEE et al., 1998).

Contudo, a complexidade da elicitação de requisitos está relacionada não só com fatores técnicos, mas também humanos (HICKEY; DAVIS, 2003). Para isso, diferentes abordagens são utilizadas na tentativa de minimizar, entre elas o DT, que apresenta algumas técnicas que podem ser utilizadas para apoiar a elicitação de requisitos. A próxima seção apresenta os conceitos e as técnicas de DT.

2.2 *Design Thinking*

O *Design Thinking* (DT) surgiu como uma metodologia ou abordagem que proporciona práticas inspiradas no design e centrada no usuário para resolver problemas, e convergir em soluções inovadoras (HEHN; UEBERNICKEL, 2018). O DT como uma abordagem,

é uma forma de lidar com problemas e encontrar soluções utilizando técnicas baseadas em *design*. Como metodologia, o DT envolve procedimentos para desenvolver um processo de solução de problemas (BROWN, 2020).

Docherty (2017) menciona o DT como um processo que envolve o descobrimento de informações, em equipes multidisciplinares com foco na resolução de problemas, visando a empatia para melhor compreender as necessidades dos usuários. O DT faz o uso de prototipagem rápida para analisar diferentes realidades e transformar em soluções inovadoras. Isso facilita o processo de tomada de decisão e gera novas oportunidades que proporcionam a inovação no desenvolvimento de produtos, serviços ou processos, desde *startups* até ambientes grandes e complexos (BROWN, 2020).

Para Micheli et al. (2019), uma das características-chave do DT é o seu processo iterativo, no qual as equipes voltam repetidamente às etapas anteriores para refinar e melhorar suas soluções. Esse processo permite a geração de novos *insights*, aprendizado contínuo e ajustes com base nos *feedbacks* recebidos, e geralmente segue cinco etapas principais (PARIZI et al., 2021), como mostra a Figura 3.



Figura 3 – Etapas principais do *Design Thinking*.

Fonte: Adaptada de Brown (2020).

Após a etapa de testagem, é comum retornar às etapas anteriores, refinando e iterando nas soluções propostas com base no aprendizado adquirido (BROWN, 2020). Essa abordagem iterativa é fundamental para o DT, pois permite que as equipes sejam ágeis e adaptem suas soluções conforme as necessidades reais dos usuários, levando a

melhores resultados (MICHELI et al., 2019). O DT também pode ser compreendido em três perspectivas, são elas:

1) Mentalidade: refere-se a um conjunto de princípios com relação à orientação para a busca de soluções, descritas por elementos como "ser experimental e exploratório", "ser tolerante à ambiguidade", "ser otimista" e "ser orientado para o futuro" (DOSI et al., 2018). Profissionais designers reconhecem esses princípios como "dados" e os usam para criar soluções inovadoras que atendam às expectativas do cliente (PRESTES et al., 2020).

2) Caixa de ferramentas: ou *toolbox*, é usada como referência para classificar um conjunto de guias, técnicas e diretrizes criadas para facilitar o uso das mesmas no desenvolvimento de projetos, podendo ser usada de diferentes maneiras e em diferentes cenários como na gestão de qualidade, pesquisa em criatividade e *design*, pesquisa em comunicação, etnografia e informática (BRENNER; UEBERNICKEL; ABRELL, 2016). Essas técnicas são utilizadas pelos *designers* para acelerar e liberar o processo criativo, além de melhorar a comunicação com stakeholders (TSCHIMMEL, 2012). O DT só pode funcionar se as ferramentas e métodos utilizados forem consistentes com essa nova forma de pensar (BRENNER; UEBERNICKEL; ABRELL, 2016).

3) Processos: essa perspectiva é dividida em diferentes etapas para facilitar o planejamento das tarefas a serem realizadas no projeto, bem como coleta de dados e definição de cronogramas (TSCHIMMEL, 2012). Entre os principais modelos encontrados na literatura, podem-se destacar os seguintes: (i) Processo Brown: centrado no ser humano. O designer tenta compreender as preocupações das pessoas que buscam melhorar seu produto ou serviço, para torná-lo útil para o usuário ou cliente; (ii) Duplo Diamante: propõe um processo de raciocínio durante a resolução de um problema por meio do design, faseado em inspiração, ideação e implementação para obter *insights* (HEHN et al., 2019); e (iii) *Stanford University's D-School*: é uma abordagem iterativa e colaborativa para solução de problemas e desenvolvimento de soluções inovadoras, e segue uma estrutura de cinco etapas, semelhantes à abordagem geral do DT: empatia, definição, idealização, prototipação e teste.

Também é importante ressaltar que o DT pode ser empregado nas fases iniciais de desenvolvimento de software, por ter um conjunto de técnicas visando auxiliar o

processo de ER ao entender e questionar quais são as necessidades das pessoas, além de entender o impacto que a solução proposto pode causar (MARTINS et al., 2019). Na subseção seguinte, serão apresentadas e descritas algumas das técnicas utilizadas.

2.2.1 Técnicas de *Design Thinking*

As técnicas de DT têm sido escolhidas por muitas empresas de desenvolvimento de software inovadoras. Elas podem ser utilizadas nos estágios iniciais do desenvolvimento de software para compreender e identificar as necessidades dos stakeholders (PARIZI et al., 2021). Além disso, o DT é utilizado entre as equipes de desenvolvimento para melhorar a comunicação (LEVY; HULI, 2019). Nesse contexto, diferentes pesquisadores começaram a identificar e catalogar técnicas de DT que podem ser aplicadas nas fases iniciais da Engenharia de Requisitos (MEIRELES et al., 2021) (PARIZI et al., 2021). Abaixo serão apresentadas algumas, e as técnicas utilizadas ao longo da pesquisa estão marcadas com "*".

Brainstorming: é uma técnica de criatividade que envolve uma discussão informal em grupo, com três ou mais participantes e um moderador para manter o foco da discussão e estimular a geração de soluções em um curto período (YOUSUF; ASGER, 2015). Essa técnica é amplamente utilizada para incentivar a criatividade e a geração de ideias em grupo, bem como na elicitação de requisitos (LEMOS et al., 2012).

***Personas:** são perfis fictícios criados com base em observações de comportamentos reais dos usuários (PLAY-PERSONAS...), . As Personas ajudam a compreender os usuários e a testar o sistema, fornecendo informações precisas sobre os interesses e estilos de vida dos usuários finais, auxiliando na construção de funcionalidades que atendam às suas necessidades (SIRICHAROEN, 2021).

***Mapa de Empatia:** essa técnica permite que o engenheiro(a) de software mergulhe na experiência do usuário, identificando suas dores e necessidades, que nem sempre são evidentes apenas lendo documentos de software (BITTNER; SHOURY, 2019). O mapa de empatia utiliza um modelo com perguntas que simplificam sua implementação e permite a representação das motivações, desejos, expectativas e necessidades do

usuário (FERREIRA; BARBOSA; CONTE, 2016).

Storyboard: essa técnica busca criar uma narrativa visual para fomentar a empatia e a comunicação com o ambiente onde o sistema será usado (VIANNA et al., 2012). Ela permite representar visualmente uma sequência de imagens organizadas quadro a quadro, ilustrando o uso do produto final e os pontos de contato dos usuários com o sistema (HRIBERNIK et al., 2011).

***Business Model Canvas:** essa técnica pode ser usada para descrever, analisar e projetar modelos de negócios (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2010). O *Business Model Canvas* descreve os problemas a serem resolvidos para os clientes, analisando segmento e relacionamentos com os clientes, canais de comunicação, além de identificar recursos-chave, parceiros e atividades principais para o produto final (SALGADO et al., 2014).

***Mapa Mental:** é uma forma visual de representar um tópico por meio de ramificações relacionadas, permitindo uma visão mais completa da situação e auxiliando na busca de soluções de problemas (MAHMUD; VENEZIANO, 2011). Essa técnica é recomendada para obter requisitos, desenvolver habilidades de pensamento criativo e pode ser adotada com sucesso durante a elicitação de requisitos, pois apoia a criação de soluções com base em informações relacionadas (BUCHMANN et al., 2018).

Prototipação: Essa técnica permite ter uma visão geral de como será o produto final e pode até mesmo ser testada e validada pelos usuários. Ela ajuda a gerenciar incertezas e explorar diferentes perspectivas do problema (NEWMAN et al., 2015).

Mapa de Jornada do Usuário: essa técnica visualiza as etapas do relacionamento do usuário com o produto ou serviço (DUARTE et al., 2021). Ela exhibe os passos-chave percorridos pelos usuários e permite adicionar elementos como sentimentos, emoções, necessidades ou barreiras enfrentadas, medindo o tempo e especificando a jornada (MEIRELES et al., 2021).

***Diagrama de Afinidade:** é uma técnica que ajuda a organizar dados diferentes e não estruturados de forma compreensível à medida que o projeto se desenvolve (JOKELA; LUCERO, 2014). consiste em agrupar cartões de *insights* relacionados com base em similaridades e dependências (PARIZI et al., 2020). Essa técnica inter-relaciona informações e permite ao engenheiro(a) de software identificar padrões de afinidade,

similaridade, dependência ou proximidade, resultando em critérios norteadores que podem ser entendidos como requisitos do projeto/produto (DANTAS et al., 2020).

Bodystorming: para obter *insights* a partir de uma encenação no contexto da interação sobre a experiência do usuário (VIDAL; SEGURA; WAERN, 2018). Essa técnica permite criar experiências de uso do sistema ou serviço por encenação, para entender melhor um problema de design e explorar possíveis soluções (SOUZA; FERREIRA; CONTE, 2017). Essa interpretação pode ou não implicar em improvisação, ou imersão em um ambiente semelhante ao projetado (VIDAL; SEGURA; WAERN, 2018).

2.3 Internet das Coisas

O termo Internet das Coisas - do inglês, *Internet of Things* (IoT), chamou a atenção pela primeira vez em 1999, durante uma reunião de executivos na *Procter Gamble Company* (P & G), quando Kevin Ashton propôs etiquetar eletronicamente os produtos da empresa com identificadores de rádio frequência (RFID) (ASHTON et al., 2009).

A IoT possui diferentes definições, mas, de modo geral, refere-se a uma rede (ou redes) que conecta objetos físicos com capacidade de processamento, armazenamento e comunicação com software, hardware e outras tecnologias por meio de uma rede de comunicação (AL-JARRAH et al., 2019). Baseada em tecnologias consolidadas como a Internet e objetos inteligentes de diferentes tamanhos e capacidades, a IoT permite a captura e troca de dados, o controle em tempo real e a análise de informações que fornecem *insights* para tomada de decisões (SHA et al., 2018).

A IoT combina várias tecnologias complementares para integrar objetos reais ao mundo virtual. Essas tecnologias incluem comunicação e cooperação, endereçamento, autenticação, sensores, monitoramento, atuação, processamento de informações, localização e interface do usuário (AGUILAR-CALDERÓN et al., 2022).

O mercado global de aplicações IoT ultrapassou US\$ 100 bilhões pela primeira vez em 2017, e espera-se que esse valor triplique em 2025, à medida que a conectividade com a Internet se torne um recurso padrão para todas as categorias de dispositivos eletrônicos (BOSCHE et al., 2018).

Diferentes empresas e países, incluindo o Brasil, estão investindo em pesquisa e desenvolvimento (P&D) da tecnologia IoT para incorporar inteligência e sensores em seus produtos (JABBOUR et al., 2019). No Brasil, foi criada a Câmara IoT e instituído o Plano Nacional de Internet das Coisas pelo Decreto n.º 9.854, de 25 de junho de 2019, para implementar e desenvolver aplicações IoT no país (Decreto n.º 9.854, 2019) (UNIÃO, 2019). Além dos benefícios esperados, como melhoria na qualidade de vida, eficiência nos serviços e competitividade empresarial, a IoT também promete impulsionar a capacitação profissional relacionada ao desenvolvimento de sistemas IoT e gerar empregos na economia digital (OLIVEIRA; SCHIMIGUEL, 2019).

2.3.1 Aplicações IoT

A IoT representa uma revolução em andamento devido ao crescente número de dispositivos habilitados para Internet e está pronta para transformar a maneira como as pessoas vivem, aprendem, trabalham, cuidam de si mesmas, usam o transporte e se divertem (BELGUIDOUM; GOURARI; SEHILI, 2023). Nesse contexto, diferentes soluções IoT que têm ganhado espaço em diferentes domínios e estão se tornando parte integrante da rotina das pessoas. Abaixo apresentamos a Figura 4 sobre alguns setores de aplicação e logo a seguir descrições sucintas dessas aplicações.

Smart Home: essa aplicação da IoT permite o controle remoto e automatizado de diferentes dispositivos eletrônicos em uma residência. O objetivo a longo prazo dessa tecnologia é melhorar o bem-estar das pessoas, oferecer serviços personalizados aos usuários e promover uma rotina mais independente. Esses serviços podem ser direcionados para atender necessidades específicas, como auxiliar a população idosa, cuidar de crianças e fornecer assistência à saúde em geral (MARIKYAN; PAPAGIANNIDIS; ALAMANOS, 2019).

Smart Cities: trata-se de infraestruturas sócio-técnicas complexa, compostas por diferentes atores e dispositivos explorados em muitos domínios, como mobilidade e transporte, energia, saúde, governança, etc. (TENG et al., 2021). A complexidade se dá pela quantidade de dispositivos heterogêneas, contextos e domínios de aplicação das

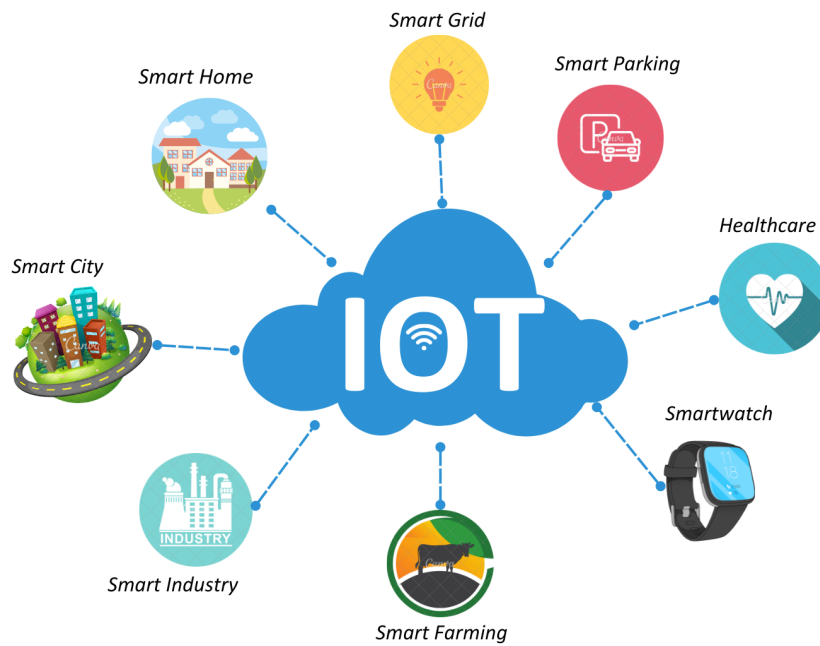


Figura 4 – Aplicações IoT

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

soluções IoT (BELLINI; NESI; PANTALEO, 2022).

Smart Grid: essa aplicação da IoT suporta a automatização dos setores elétricos ao utilizar medidores inteligentes em residências, parques e vias públicas. Esses medidores podem funcionar de forma remota e manter comunicação com um sistema centralizado, o qual é responsável pelo gerenciamento de equipamentos e detecção de falhas (AL-TURJMAN; ABUJUBBEH, 2019).

Smart Parking: essas aplicações visam solucionar problemas relacionados à gestão de estacionamentos de grande porte. Elas utilizam sensores e redes sem fio instalados nas vagas de estacionamento para controlar a disponibilidade. Esses componentes enviam informações sobre a disponibilidade de vagas para um sistema centralizado (AL-TURJMAN; MALEKLOO, 2019).

Healthcare: na área da saúde, a IoT oferece diversos serviços, como a digitalização de dados, especialmente prontuários médicos, a interconexão de máquinas para receber comandos e bancos de dados mais eficientes. Isso resulta em maior agilidade na resposta médica e maior autonomia para os pacientes (QADRI et al., 2020).

Smartwatch: trata-se de uma tecnologia com diversas aplicações de monitora-

mento, conectada ao *smartphone* por meio da IoT. Esses dispositivos oferecem praticidade e estendem sua capacidade para o monitoramento da saúde, incluindo recursos como rastreamento de passos, frequência cardíaca, gasto de energia e níveis de atividade física (KING; SARRAFZADEH, 2018).

Smart Farming: no setor agrícola, essa tecnologia oferece suporte às atividades de monitoramento da produção, desenvolvimento das fazendas, controle de desempenho zootécnico animal, avaliação do processamento de alimentos, controle de pragas e melhoria das condições agrônômicas, entre outras aplicações. Essas soluções podem ser controladas remotamente, para garantir a melhor qualidade dos alimentos e condições adequadas para o embarque dos produtos (FAROOQ et al., 2019).

Smart Industry: o uso dessas tecnologias nas fábricas oferece vantagem competitiva e busca melhorar a sustentabilidade, desempenho e qualidade das linhas de produção. Um exemplo de aplicação é quando os operários podem obter informações sobre o maquinário, como necessidade de manutenção e recarga, além das informações que ajudam a reduzir custos e gerenciar atividades (LEPEKHIN et al., 2019).

2.4 Trabalhos Relacionados

Diferentes soluções estão sendo encontradas na academia e indústria sobre as fases e atividades da ER que diferem conforme os domínios de aplicações IoT, visando solucionar problemas relacionados a ER para sistemas IoT. Realizamos uma busca prévia de artigos anteriores que abordam questões semelhantes ou relacionadas aos temas discutidos, destacando suas contribuições e limitações.

Na literatura, pouco se encontra sobre o uso de técnicas de DT para apoiar o desenvolvimento de sistemas IoT. Ainda assim, encontramos o trabalho de Dantas et al. (2020), que apresenta um processo de ER voltado para a IoT utilizando a abordagem de DT. Esse processo é iterativo, não linear e dividido em cinco etapas principais: compreensão, definição, idealização, prototipação e teste. Para elicitar e mapear requisitos de software, os autores empregaram diversas técnicas, incluindo o uso do Mapa de Jornada do Usuário, que documenta a descrição de um problema, destacando objetivos

e expectativas dos usuários finais. Outra técnica utilizada é o Diagrama de Afinidades, que agrupa diferentes tipos de dados coletados por meio de *brainstorming*, pesquisas, entrevistas e outras técnicas, visando comparar e classificar esses dados conforme critérios pré-definidos. Também empregaram as *How Might We Questions (HMW)*, que consistem em perguntas curtas para estimular a geração de ideias. Além disso, os autores indicaram o uso de ferramentas já existentes para a representação e desenvolvimento de interfaces, serviços virtuais e objetos físicos em projetos IoT. Entre elas, destacam-se o *Tiles IoT Inventor Toolkit*, o *IoT Design*, que oferece uma linguagem comum para equipes, centrada no usuário e o *IoT Service*, que fornece cartões com itens representando coisas, mas focados em cenários IoT com Jornada do Usuário. É importante ressaltar que o trabalho não menciona a realização de um estudo experimental para validar a abordagem proposta. Em vez disso, os autores conduziram um *workshop* com 18 participantes de diferentes áreas para aplicar a abordagem e mapear requisitos para recursos de aplicação em plataformas IoT. Entretanto, o artigo não apresenta explicitamente os resultados obtidos nesse processo. Por fim, vale notar que o trabalho não aborda um processo que leve em consideração as particularidades da IoT, mas na detecção de oportunidades de aplicação dessa tecnologia e no mapeamento de requisitos para recursos de aplicação em plataformas IoT.

[Reggio \(2018\)](#) apresenta o *IotReq*, um método para elicitação e especificação de requisitos para sistemas IoT. Esse método adota a UML como ferramenta e segue o paradigma orientado a serviços para modelar o domínio, devido à sua complexidade e à interação de objetos de diferentes tipos. Os autores validaram o *IotReq* por meio de um estudo de caso realista, onde especificaram requisitos para um sistema móvel de computação com armazenamento em nuvem, voltado para o monitoramento, análise e visualização de dados sobre visitantes de uma feira de ciências. Os resultados demonstram que o *IotReq* possibilita a especificação de requisitos funcionais e oferece diretrizes preliminares para requisitos não funcionais. No entanto, há diferenças significativas entre esse trabalho e o nosso. Em nossa proposta, não é necessário que o usuário esteja familiarizado com a UML ou com o paradigma de serviço para utilizar as técnicas que apresentamos. Além disso, diferentemente do *IotReq*, nosso método pode ser aplicado

em diferentes domínios, não se restringindo a um contexto específico.

Em [Ferraris e Fernandez-Gago \(2020\)](#), os autores apresentam o TrUStAPIS, um método de eliciação de requisitos que possibilita a automação do processo de verificação de requisitos por meio da utilização do formato JSON (*JavaScript Object Notation*). Esse método considera aspectos de segurança, privacidade e usabilidade, além de promover a rastreabilidade dos requisitos. Para validar o método, os autores realizaram um estudo de caso em um cenário relacionado a uma *"Smart Cake Machine"* (Máquina de Bolos Inteligente). Os resultados obtidos demonstram a viabilidade da rastreabilidade, permitindo justificar a razão pela qual um requisito foi identificado. No entanto, é importante mencionar que o cenário proposto para utilizar o método apresentou limitações em termos de complexidade e número de requisitos propostos. Apesar disso, o estudo de caso serviu para ilustrar a aplicação prática do método. É válido ressaltar que o nosso trabalho difere desse estudo em diversos aspectos. Nossa abordagem não se baseia especificamente no uso de JSON para automatizar a verificação de requisitos, mas sim em técnicas mais amplas para a eliciação de requisitos para sistemas IoT. Além disso, buscamos fornecer uma solução que seja aplicável em diferentes contextos e domínios, sem limitações específicas de cenários ou quantidade de requisitos.

O trabalho de Costa, Pires e Delicato ([COSTA; PIRES; DELICATO, 2017](#)), apresenta uma proposta de linguagem de modelagem chamada IoT-RML, que fornece meios para conceber modelos de requisitos para sistemas IoT, considerando conflito e influências entre os requisitos de múltiplos stakeholders. Além disso, o estudo apresenta uma análise qualitativa sobre a eficácia da IoT-RML em fornecer benefícios de modelagem para os stakeholders na especificação de requisitos de sistemas IoT. Segundo a análise, a modelagem de requisitos pode fornecer três principais benefícios: (i) permitir a representação do sistema de interesse de maneira não ambígua; (ii) servir como base para análise do sistema, visando verificar se os requisitos do sistema são adequadamente abordados antes da implementação; e (iii) permitir a reutilização de elementos do modelo. A análise conclui que a linguagem proposta pode fornecer esses benefícios para os stakeholders na especificação de requisitos de sistemas IoT. O trabalho também apresenta resultados de análise de desempenho de diferentes abordagens de coleta de

dados em sistemas IoT. Em contraste a essa abordagem, nosso trabalho se concentra em apresentar técnicas específicas para a elicitação de requisitos em sistemas IoT, não abrangendo necessariamente a especificação de requisitos e o design do modelo de aplicativo IoT. Nosso foco principal está em fornecer métodos práticos para a identificação e captura dos requisitos, considerando as particularidades dos sistemas IoT.

Outro trabalho relacionado é o de [Motta, Oliveira e Travassos \(2023\)](#), que apresenta o IoT Roadmap, uma abordagem baseada em evidências para o desenvolvimento de sistemas IoT, que inclui sete facetas que influenciam no desenvolvimento de IoT, sendo elas: coisas, interatividade, conectividade, comportamento, inteligência, ambiente, e o domínio do problema. Foram realizados estudos experimentais para analisar a aplicabilidade do Roadmap do ponto de vista de engenheiros de software juniores, e realizaram análise quantitativa e qualitativa. Os resultados da análise quantitativa indicaram que houve uma concordância significativa entre os participantes em relação às respostas para cada Faceta do Roadmap e que apresentou uma boa confiabilidade. Na análise qualitativa, os resultados indicaram que o IoT Roadmap serviu para orientar o desenvolvimento de sistemas IoT e que os participantes consideraram relevante. Este trabalho se difere desse estudo em termos de foco e abordagem. Enquanto o IoT Roadmap se concentra na orientação para o desenvolvimento de sistemas IoT, este trabalho se dedica especificamente à elicitação de requisitos para esses sistemas IoT.

Apesar de existirem propostas de abordagens que apoiam a ER para IoT, pouco se vê sobre o uso de abordagens iterativas como DT, e sobre o uso combinado de técnicas focadas na atividade de elicitar requisitos IoT. Além disso, as abordagens mencionadas nesta seção não atendem completamente as especificidades e características de sistemas IoT. Um exemplo diz respeito aos atores do sistema, que não são abordados de forma sucinta, dificultando a definição daqueles que interagem com o sistema. Da mesma forma, algumas dessas abordagens viabilizam a identificação dos componentes de hardware, conectividade, comportamento, processamento de dados, mas omitem informações acerca dos processos de negócio envolvidos. Baseado neste cenário, este trabalho apresenta duas técnicas de elicitação (Mapa da Sensorina e Mind IoT), que visam apoiar a ER e para a IoT, considerando estes aspectos.

2.5 Conclusões do Capítulo

A ER foi apresentada como uma disciplina essencial no processo de desenvolvimento de software, responsável pela elicitaco, análise, especificaco e validaco dos requisitos do sistema. Além disso, foi destacada a importância de uma compreensão clara e precisa dos requisitos para o sucesso do projeto. O DT, por sua vez, foi abordado como uma abordagem criativa e centrada no usuário para a resoluo de problemas. Foi discutido como o DT e suas técnicas podem ajudar a identificar as necessidades e expectativas dos usuários e gerar soluçoes inovadoras, de forma iterativa e colaboraco multidisciplinar. Além disso, exploramos a IoT e suas aplicacoes. Buscou-se compreender como a IoT envolve a interconexão de objetos físicos por meio da internet, permitindo a coleta e troca de dados, e como a IoT está transformando diversos setores. Ao conectar esses três conceitos e os trabalhos relacionados, podemos explorar como combinao das técnicas de DT com a ER podem ajudar a compreender as necessidades dos usuários em ambientes IoT. Visto isso, no próximo capítulo, continuaremos nossa investigaco, explorando mais a fundo os desafios e oportunidades trazidos pela integrao do DT, IoT e ER.

3

ESTUDO EXPLORATÓRIO: UTILIZANDO TÉCNICAS DE DT

Este capítulo descreve o estudo exploratório apresentado no artigo [Souza et al. \(2022\)](#), que foi conduzido para analisar o uso das técnicas de DT no contexto da IoT, para avaliar o seu suporte na elicitação de requisitos. Os resultados obtidos nesse estudo serviram como motivação para a elaboração das técnicas propostas neste trabalho, que serão apresentadas nos capítulos subsequentes.

3.1 Estudo Exploratório

Esta seção apresenta a definição do escopo, onde a base deste estudo é determinada de acordo com uma estrutura definida ([WOHLIN et al., 2012](#)). Para definir o objetivo, foi utilizada a estrutura do modelo GQM (*Goal/Question/Metric*) ([BASILI; CALDIERA; ROMBACH, 1994](#)), como mostra a Tabela 1:

Tabela 1 – Objetivo do estudo segundo GQM

Analisar	o uso das técnicas de DT
Com o propósito de	avaliar se as técnicas de DT podem ser utilizadas na elicitação de requisitos para sistemas IoT
Em relação a	apoio à elicitação de requisitos
Do ponto de vista	dos pesquisadores em engenharia de software
No contexto de	alunos de graduação cursando a disciplina Introdução à Engenharia de Software (IES)

Na literatura existem diferentes técnicas que podem ser usadas durante a elicitação de requisitos (SOUZA; FERREIRA; CONTE, 2017). Para selecionar as técnicas de elicitação a serem analisadas neste estudo, foi utilizada a ferramenta 'Universo de Seleção' de Meireles et al. (2021), um repositório de 27 técnicas de DT, que apoiam a elicitação de requisitos.

A ferramenta é composta por nove categorias de diferentes técnicas, com os seguintes campos: entrada (com informações necessárias do que é preciso para começar a usar a técnica), controle (com restrições e direcionamento das atividades), recursos/mecanismo e de materiais necessários para desenvolver a atividade, por exemplo: local, *post-it*, softwares específicos, e outros), saída (com os resultados que as técnicas podem gerar), e por fim, exemplos de uso das técnicas e *links* com *templates*. Para este estudo, foram consideradas três categorias, pelas razões abaixo explicadas:

(1) Identificação de Stakeholders: com objetivo de melhor entender o público-alvo de forma empática, considerando as necessidades de emoções dos atores enquanto interagem com o sistema (MEIRELES et al., 2021). Essa categoria apresenta seis técnicas, no entanto, o Mapa de Empatia e Personas foram selecionadas por permitirem criar personas com todos os atributos de um ator real, e por ajudar a identificar as dores e necessidades de interação com o sistema. No caso de sistemas IoT, esses atores envolvem tanto entidades vivas (*e.g.*, humanos, animais), quanto dispositivos físicos (*e.g.*, sensores, atuadores) e softwares (BOUTOT; TABASSUM; MUSTAFIZ, 2021) (PALDÊS et al., 2020).

(2) Organização de Informação: essa categoria possui técnicas para organizar e simplificar visualmente os dados provenientes de entrevistas ou *brainstorming* (MEIRELES et al., 2021). Para este estudo, foram selecionadas Diagrama de Afinidade e o Mapa Mental, que apoiam a organização visual dos dados, e para simplificar o entendimento dos dados coletados.

(3) Processo de Negócios: essa categoria apresenta três técnicas relacionadas a um conjunto de atividades e decisões realizadas por pessoas ou sistemas, para entregar produtos ou serviços para clientes (MEIRELES et al., 2021). Neste caso, a técnica selecionada foi *Business Model Canvas*, por representar visualmente o modelo de negócios, descrevendo potenciais interconexões e impactos na criação de valor, visando identificar

pontos de melhorias e novas oportunidades, considerando também que os sistemas IoT são inovadores (ARAÚJO; ANJOS; SILVA, 2015). O restante do capítulo está dividido em planejamento, execução, resultados e ameaças à validade do estudo.

3.2 Planejamento do Estudo Exploratório

a) Seleção de Contexto: este estudo foi conduzido em um contexto acadêmico, por ser uma alternativa que gera menos custos e por ser mais simples de ser controlado. Além disso, o estudo trata de um projeto modelado, devido às restrições de custo e tempo, em um contexto específico (WOHLIN et al., 2012).

b) Seleção dos Participantes: foram convidados alunos de graduação da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), cursando a disciplina de Introdução à Engenharia de Software (IES), durante o 5º período do curso de Ciência da Computação, onde estavam aprendendo sobre técnicas de DT aplicadas à ER. Ao todo, 23 alunos aceitaram participar do estudo, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e um formulário de caracterização para identificar o nível de conhecimento em relação a desenvolvimento de software, DT e IoT.

O formulário continha perguntas sobre experiência dos participantes com projetos de desenvolvimento, elicitação de requisitos, DT e IoT, respondidas na escala de: nenhum (não possui conhecimento e/ou experiência), baixo (tem algumas noções adquiridas em aulas ou livros), médio (participou de projeto(s) de pesquisa e/ou acadêmicos), alto (participou em até três projetos na indústria), muito alto (participou em mais de três projetos na indústria). Segundo Carver et al. (2004), mesmo que alunos não possuam experiências profissionais, eles podem apresentar habilidades parecidas com as de profissionais menos experientes.

A Tabela 2 apresenta um resumo dessa caracterização dos participantes. A primeira coluna (#) mostra o código de cada participante (P1: Participante 1, P2: participante 2, e assim sucessivamente). A segunda coluna (DSW) mostra o grau de conhecimento/experiência em desenvolvimento de sistemas. A terceira coluna (ELI) é em relação ao grau de conhecimento/experiência sobre elicitação de requisitos. A quarta

coluna (DT) apresenta o grau de conhecimento sobre DT. A quinta e última coluna (IoT) apresenta o grau de conhecimento referente a IoT.

Tabela 2 – Caracterização dos Participantes do Estudo Exploratório

#	DSW	ELI	DT	IoT
P1	Média	Baixa	Baixa	Nenhuma
P2	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma
P3	Média	Baixa	Baixa	Baixa
P4	Média	Baixa	Baixa	Baixa
P5	Nenhuma	Baixa	Nenhuma	Baixa
P6	Baixa	Baixa	Baixa	Nenhuma
P7	Alta	Nenhuma	Baixa	Baixa
P8	Média	Baixa	Nenhuma	Baixa
P9	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
P10	Nenhuma	Nenhuma	Média	Nenhuma
P11	Baixa	Baixa	Baixa	Nenhuma
P12	Alta	Baixa	Baixa	Nenhuma
P13	Nenhuma	Baixa	Baixa	Baixa
P14	Média	Nenhuma	Média	Baixa
P15	Média	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma
P16	Alta	Alta	Muito Alta	Média
P17	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
P18	Média	Baixa	Alto	Baixa
P19	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
P20	Alta	Alta	Baixa	Baixa
P21	Baixa	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma
P22	Média	Média	Baixa	Média
P23	Baixa	Baixa	Baixa	Nenhuma

A caracterização serviu também para identificar se os participantes conheciam ou utilizavam alguma técnica de DT. Conforme as respostas da caracterização, foi possível verificar que os participantes P4 e P18 haviam utilizado prototipação, os participantes P12, P18 e P20 utilizaram o mapa de empatia e *brainstorming*, o participante P18 utilizou pesquisa exploratória, cartões de *insight*, mapa de afinidades, questionários, entrevistas, personas, mapa de jornada do usuário, *storytelling* e *storyboard*, tornando-se o participante que utilizou um número maior de técnicas. Além disso, foi possível observar que 12 dos participantes possuem níveis de conhecimento/experiência de médio a alto em desenvolvimento de software, nos outros itens da autoavaliação relacionados a elicitação de requisitos, DT e IoT, os níveis da maior parte dos participantes variam entre baixo e nenhum.

c) **Design Experimental:** o *design* aplicado neste estudo foi de um fator com dois tratamentos. Os participantes foram atribuídos em dois grupos A e B, com base nos resultados da caracterização. Cada grupo fez o uso de uma técnica de cada categoria definida para este estudo. O grupo A foi composto por 11 participantes e fez o uso das seguintes técnicas: Mapa de Empatia, Diagrama de Afinidade e o *Business Model Canvas*. O grupo B contou com a participação de 12 alunos que utilizaram as técnicas de Personas e Mapa Mental e o *Business Model Canvas*.

A divisão das técnicas por grupo deu-se pela necessidade de comparar duas técnicas de uma mesma categoria durante a realização das atividades presente no roteiro de atividades apresentado a seguir. Na categoria de processos de negócios, foi avaliada somente a técnica de *Business Model Canvas* por não ter outra equivalente em relação aos dados de entrada e de saída. A Figura 5 apresenta as técnicas selecionadas e que foram comparadas em cada categoria.



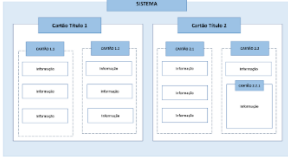
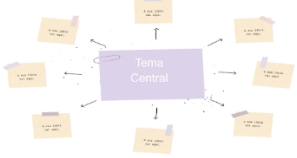
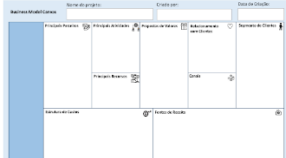
Categorias	Técnicas de Design Thinking	
	Grupo A	Grupo B
Identificação de Atores	<p>Mapa de Empatia</p> 	<p>Personas</p> 
Organização de Informações	<p>Diagrama de Afinidade</p> 	<p>Mapa Mental</p> 
Processos de Negócios	<p>Business Model Canvas</p> 	

Figura 5 – Técnicas de DT comparadas por categoria

d) Formulação de Hipóteses: esta etapa define a base para a análise estatística para este estudo. Para isso, as seguintes hipóteses foram definidas, conforme o objetivo da pesquisa:

- **H01:** Não há diferença de número de requisitos identificados entre o Grupo A e Grupo B durante a elicitación;
- **H1A:** Há diferença de número de requisitos identificados entre o Grupo A e Grupo B durante a elicitación;

e) Variáveis de Seleção: a variável independente foi o uso das técnicas de DT para elicitación de requisitos para sistemas IoT e a variável dependente é o apoio à elicitación de requisitos. Para isso, foi realizada a análise usando o teste não paramétrico teste de Mann-Whitney (MANN; WHITNEY, 1947), dado o tamanho limitado da amostra. O apoio foi calculado da seguinte maneira:

$$Média = \frac{RF}{NP} \quad (3.1)$$

onde

RF é o número de requisitos finais;

NP é o número de participantes por grupo.

O número de requisitos finais refere-se ao número de requisitos após a avaliação de qualidades destes, e o número de participantes está relacionado ao número de pessoas que utilizaram as técnicas durante a elicitación dos requisitos.

f) Instrumentação: para o estudo foram definidos os seguintes artefatos: o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), o formulário de caracterização dos participantes, um documento com o roteiro da atividade do experimento, os *templates* das técnicas de DT e uma tabela para registrar os requisitos e informar quais técnicas apoiaram a identificação dos mesmos, e formulários para obter *feedback* sobre o uso das técnicas de DT nos grupos A e B. Os instrumentos estão disponíveis no Apêndice A e na página desenvolvida para disponibilizar os materiais utilizados nessa dissertação (<<https://tiny-figolla-364ca3.netlify.app/>>).

De acordo com [Mendonça et al. \(2006\)](#), testes pilotos são importantes para reduzir os riscos associados à definição de novos experimentos, uma vez que esses testes visam aprimorar os materiais experimentais. Por essa razão, antes de prosseguir com o estudo, conduzimos um teste piloto com dois participantes que eram finalistas do curso de Engenharia de Software. O objetivo desse teste foi melhorar os materiais e validar o tempo das atividades experimentais. Além disso, o teste também considerou o tempo necessário para a realização das atividades. Em virtude disso, foram realizadas modificações nos slides utilizados, uma vez que o treinamento estava demandando um período maior de tempo. Também efetuamos alterações em algumas das perguntas do formulário de feedback, visto que algumas delas estavam sendo percebidas como de difícil compreensão.

3.3 Execução do Estudo

O estudo consistiu-se de cinco etapas: **a primeira etapa** foi o treinamento sobre conceitos relacionados a DT e IoT. Este treinamento foi dividido em dois dias, o primeiro dia teve duração de 1 hora e 30 minutos, sobre conceitos relacionados a DT e suas técnicas. O segundo dia do treinamento teve duração de 1 hora para apresentar conceitos relacionados à Internet das Coisas e suas aplicações.

Durante a **segunda etapa**, os participantes entrevistaram um dos pesquisadores que estava atuando como cliente contratante, seguindo um cenário no domínio de *Smart Home*, por ser próximo da realidade dos participantes.

Cenário: "Maria é uma analista de qualidade apaixonada por tecnologia e está cursando o mestrado na Universidade de São Paulo (USP). A sua rotina consiste em acordar às 06h00, tomar banho, fazer o café com torradas e se atualizar com informações locais e mundiais antes de sair para o trabalho. Um dia, enquanto acompanhava os noticiários, apareceu uma matéria sobre Internet das Coisas e algumas de suas aplicações, incluindo sistemas de iluminação inteligente. Maria ficou interessada, pois esquece sempre as lâmpadas de casa acesas, mesmo quando não está em casa. Então, Maria buscou empresas especializadas em desenvolvimento de aplicações inteligentes e en-

controu a *TucumãTech*, entrou em contato e solicitou uma visita para definir o orçamento. Dias depois, uma engenheira de software foi até o encontro de Maria para uma visita técnica para realizar uma entrevista e identificar as necessidades da contratante. Além disso, analisar as instalações elétricas da residência e pegar o contato de Maria para eventuais problemas. Após a entrevista, a engenheira de software concluiu que Maria quer praticidade e reduzir os custos de energia. A proposta é desenvolver um sistema que permita a Maria ligar e desligar as lâmpadas por comando de voz ou por agendamento. As lâmpadas também devem identificar a presença de pessoas para serem ligadas e na ausência desligadas. Para o funcionamento do sistema, toda instalação na rede da residência deve possuir conexão com à internet para manter a comunicação entre as 'coisas'. Para isso, serão necessários sensores de movimento, e um *smartphone* para controlar o sistema".

Para realizar a entrevista, os participantes tiveram 15 minutos para fazer perguntas de forma coletiva ao cliente contratante. A entrevista deveria resultar em um conjunto de informações para apoiar a **terceira etapa** de preenchimento dos *templates* das técnicas definidas para cada grupo. Durante a quarta etapa, os participantes deveriam registrar os requisitos identificados em uma tabela e informar a técnica que originou, como mostra a Figura 36.

ID	Descrição	Técnica que Originou?

Figura 6 – Representação da tabela utilizadas para registrar requisitos.

Por fim, na última etapa, os participantes preencheram um formulário de avaliação após a elicitação de requisitos, e todos os participantes devolveram os *templates* das técnicas de DT preenchidos, e a tabela apresentada na Figura 36, com os requisitos identificados pelos participantes. O formulário serviu para obter *feedback* sobre o uso das técnicas de DT no contexto de sistemas IoT. As atividades após a entrevista ocorreram

de forma individual.

3.4 Resultados Quantitativos

Para a análise quantitativa dos resultados, levou-se em consideração o número de requisitos identificados por cada participante, registrados por meio de técnicas nas tabelas de registro. O objetivo era avaliar se o uso das técnicas de DT poderiam ser aplicadas durante a elicitación de requisitos para sistemas IoT. Ao todo, foram coletadas 23 tabelas de registro de requisitos, uma de cada participante. Os requisitos foram então transcritos para planilhas eletrônicas, organizadas em listas separadas por grupo e por técnica utilizada. Essa abordagem permitiu uma análise dos requisitos coletados e facilitou a comparação entre o uso combinado das técnicas.

Após a transcrição dos requisitos, foi realizada a avaliação da qualidade dos requisitos para verificar requisitos considerados falsos positivos. Para verificar a qualidade dos requisitos foram utilizadas as métricas de avaliação por validação textual, o *Software Assurance Technology Center (SATC)*. SATC é um padrão de qualidade que se concentra na forma como os requisitos foram descritos textualmente, na coerência da escrita, na interpretação e se referem aos indicadores de escrita que avaliam frases com erros que geram dúvidas ou são incompletos (FANTECHI et al., 2003). Para cada requisito foi atribuída uma nota de avaliação que variou entre zero e um, sendo zero o melhor resultado, pois representa ausência de problemas. Isso significa que os requisitos estão claros, concisos, e sem ambiguidade (MOTTA; BIGIO; STREIT, 2017). Essa avaliação de qualidade foi realizada por dois pesquisadores, um especialista em desenvolvimento de software e outro especialista em IoT.

Os participantes do Grupo A identificaram um total de 54 requisitos utilizando as técnicas de Mapa de Empatia, Diagrama de Afinidade e *Business Model Canvas*. Após a avaliação da qualidade, 45 permaneceram. Os participantes do Grupo B que utilizaram as técnicas de Persona, Mapa Mental e *Business Model Canvas* identificaram um total de 78 requisitos, após a avaliação de qualidade restaram 65 requisitos.

A Tabela 3 apresenta um resumo quantitativo do total dos dados coletados e

mostra a média de requisitos identificados por técnica.

Tabela 3 – Resumo Quantitativo do Número de Requisitos

Técnicas de DT	RI	FP	RF	RIoT	Média
Mapa de Empatia	20	2	18	12	1,63
Personas	15	1	14	7	1,16
Diagrama de Afinidade	19	5	14	13	1,27
Mapa Mental	44	9	35	20	2,91
Business Model Canvas	34	5	29	14	1,26
Legenda:					
RI: requisitos identificados inicialmente; FP: falsos positivos; RF: requisitos finais; RIoT: requisitos IoT; Média: média de requisitos por técnica.					

Ao realizar uma análise inicial, pôde-se observar que os participantes que utilizaram o Mapa Mental (técnica do Grupo B) registraram 35 requisitos e obtiveram a maior média de 2,91, comparada a outras técnicas. Os participantes que utilizaram o Mapa de Empatia (técnica do Grupo A) registraram 18 requisitos e tiveram uma média igual a 1,63, sendo a segunda maior. A terceira maior média foi de 1,27 no uso do diagrama de afinidade (técnica do grupo B), os quais registraram um total de 14 requisitos. No que se refere ao uso combinado das técnicas, não foi realizada uma análise em relação a ordem de uso das mesmas, pois os participantes as utilizavam da maneira que consideravam adequadas.

Em ambos os grupos, os participantes não apenas foram capazes de identificar requisitos de software, mas também requisitos relacionados à IoT, conforme mostra a coluna "RIoT" da Tabela 3. É possível observar que a técnica do Mapa de Empatia se destacou na identificação dos requisitos relacionados à categoria de identificação de *stakeholders* do Universo de Seleção. Por outro lado, o Mapa Mental contribuiu mais para a identificação de requisitos da categoria de Organização de Informações. No entanto, não pode-se afirmar que o Mapa Mental foi a "melhor" para elicitare requisitos, uma vez que, o mais eficaz é fazer uma combinação de técnicas de acordo com as necessidades do projeto (MISHRA; MISHRA; YAZICI, 2008). acreditamos que ela tenha apoiado a identificar um numero maior de requisitos por oferecer vantagens específicas, como a capacidade de capturar e organizar uma grande quantidade de informações de maneira estruturada, bem como a flexibilidade para utilizar o template e criar uma visão ampla e detalhada dos requisitos. Além disso, no que se refere à categoria de negócios, a técnica

do Business Model Canvas também se destacou em termos de quantidade de requisitos identificados. Estes requisitos identificados nas diferentes técnicas abordam informações sobre IoT, estão relacionadas ao envolvimento dos atores, interações entre dispositivos, integração entre sistemas, tipo de conectividade e interface de comunicação.

Para validar essas observações, foi realizada uma análise quantitativa com o teste estatístico não paramétrico de *Mann-Whitney*, que comparou os dois grupos independentes, apoiado pela ferramenta estatística *SigmaPlot 12.0*¹ e significância estatística de $\alpha = 0.05$, motivada pelo tamanho pequeno da amostra. Os dados utilizados no teste, foram os números de requisitos identificados por cada participante, como mostra a Tabela 4. A análise não mostrou diferença estatística significativa entre os grupos, o que sugere que ambos obtiveram resultados semelhantes ao utilizar as técnicas de DT para elicitar requisitos em sistemas IoT. Nesse sentido, a hipótese nula não foi refutada.

Tabela 4 – Número de requisitos por participante

Grupo A		Grupo B	
Participante	Nº Requisitos	Participante	Nº Requisitos
P1	3	P12	2
P2	5	P13	5
P3	10	P14	8
P4	1	P15	3
P5	5	P16	3
P6	4	P17	7
P7	2	P18	2
P8	5	P19	5
P9	4	P20	10
P10	4	P21	2
P11	2	P22	9
-	-	P23	9

No gráfico de *boxplots* apresentado na Figura 7, pode-se observar que medianas dos dois grupos são semelhantes (Grupo A = 4; Grupo B = 5). No entanto, o gráfico mostra que os participantes do Grupo B obtiveram melhores resultados. O resultado obtido pelo método *Mann-Whitney* não mostrou diferença estatística significativa entre os grupos ($p = 0.383$). Os resultados mostram que os dois grupos obtiveram um número de requisitos semelhantes utilizando os dois conjuntos de técnicas de DT. Desta maneira, a hipótese nula não foi refutada.

¹ <https://sigmaplot.com/>

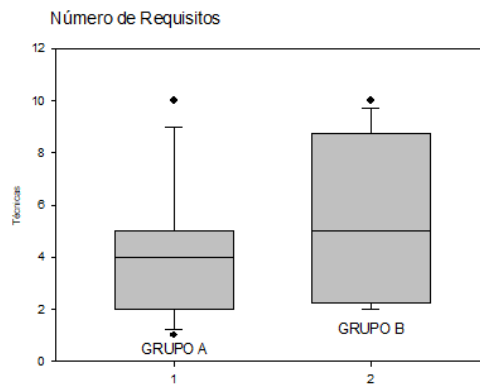


Figura 7 – *Boxplot* para o número de requisitos

Contudo, é importante ressaltar que a análise quantitativa não revela as causas subjacentes aos resultados obtidos. Portanto, é necessário realizar uma compreensão mais aprofundada sobre a facilidade de uso das técnicas de DT. Dessa forma, será possível obter *insights* mais significativos e compreender os motivos por trás dos resultados entre os grupos.

3.5 Análise de *feedback* sobre o uso das técnicas

Após a análise quantitativa, os formulários para obter *feedback* sobre o uso das técnicas foram avaliados para entender a percepção dos participantes com relação à facilidade de uso. A facilidade de uso considera o grau que o participante acredita que o uso das técnicas de DT não envolverá esforço adicional para elicitar requisitos IoT. Para isso, os participantes responderam a um formulário com questões em uma escala *Likert* (LIKERT, 1932) de cinco pontos, são eles: "Concordo Totalmente", "Concordo", "Indiferente", "Discordo" e "Discordo Totalmente". Essas questões serviram para analisar e identificar se os participantes entendiam e lembravam como preencher os campos do *template*. Considerando que os indicadores quantitativos não apresentam informações sobre a experiência dos participantes durante o uso dos *templates*, decidiu-se coletar mais informações por questões abertas sobre a percepção de facilidade de uso das técnicas, visando identificar pontos positivos, dificuldades no uso dos *templates* e sugestões de melhorias.

Inicialmente, os comentários registrados nos formulários foram transcritos para uma planilha eletrônica. Os comentários foram agrupados em três categorias: "pontos positivos", "dificuldades encontradas" e "sugestões de melhoria". A categoria dos "pontos positivos", está relacionada aos ganhos obtidos no uso das técnicas de DT durante a eliciação de requisitos. Na categoria "dificuldades encontradas", os participantes relatam dificuldades ao utilizar as técnicas de DT para realizar a eliciação de requisitos IoT. A categoria de "sugestões de melhoria", descreve propostas de mudanças para aprimorar o uso das técnicas de DT.

3.5.1 Percepção do Grupo A

A Figura 8 apresenta em formato de gráfico as respostas de todos os participantes do Grupo A para fins de análise dos dados.

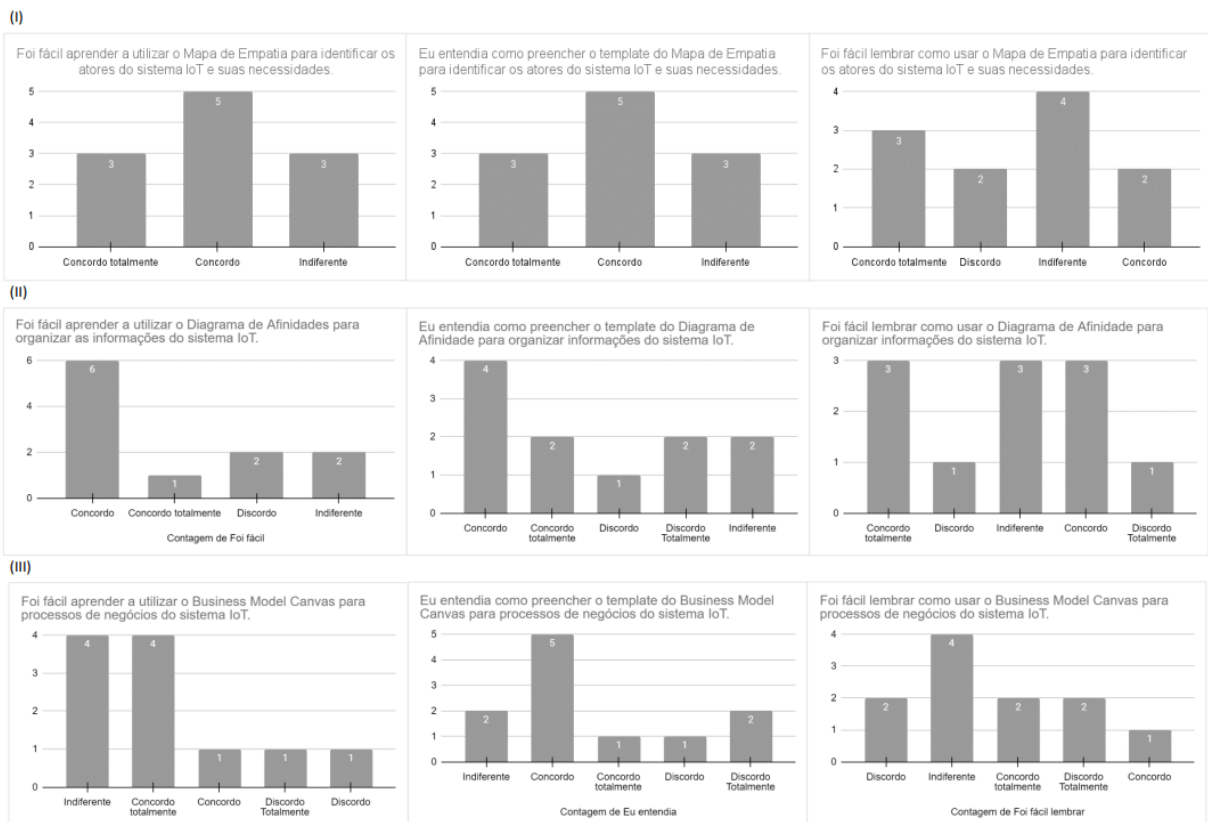


Figura 8 – Facilidade de Uso (Grupo A)

a) **Mapa de Empatia** — No contexto deste estudo, o Mapa de Empatia foi utili-

zado para compreender as necessidades dos atores envolvidos no sistema IoT. Sobre os pontos positivos, foi possível observar que o *template* era simples preencher e foram considerados intuitivos, o que facilitou o entendimento e o preenchimento do mapa. Os participantes destacaram que puderam compreender facilmente as necessidades e dores do usuário através do mapa, como destacam: P3: “[...] o preenchimento do mapa foi simples, rápida e com bastante conexão com as informações que já tinham sido obtidas” e P1: “A parte fácil é que é intuitivo entender as necessidades e dores do usuário pelo mapa”.

No entanto, os participantes relataram dificuldades na identificação dos atores do sistema, especialmente em relação aos sensores. O participante P1 mencionou que “A parte difícil é entender como extrair os atores do sistema IoT por meio dele”, e essa dificuldade foi vivenciada pela maioria dos participantes do Grupo A, apenas o participante P6 considerou os sensores como ator do sistema, conforme mostra o artefato gerado por ele na Figura 9. Além disso, dois participantes relataram dificuldade em lembrar o que preencher nos campos do *template*, conforme exposto pelo participante P3: “Muita informação para lembrar, pode faltar algo que possa interferir na identificação dos autores [...] a parte do “o que ouve?” eu não consegui preencher e nem encaixar nada”.

Assim, foi possível observar que o Mapa de Empatia não é o suficiente para identificar atores-sensores e suas necessidades. E, esses atores em sistemas IoT desempenham um papel fundamental na elicitação de requisitos, pois são responsáveis por coletar e processar dados (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018). Foram identificadas também **sugestões de melhoria**, o participante P9 descreveu que “Muitas questões que o mapa de empatia levantava não eram realmente importantes para o sistema. Poderia continuar sendo direcionado ao ator, mas sem ser tão intrusivo”. Dessa forma, para melhorar o uso do Mapa de Empatia, é sugerido realizar uma revisão cuidadosa das perguntas contidas no *template*, focando na relevância das informações e evitando abordagens que possam ser consideradas intrusivas, mas ainda mantendo o direcionamento aos atores envolvidos.

b) Diagrama de Afinidade — Os dados indicam que somente dois participantes relataram **pontos positivos** em relação ao uso do diagrama de afinidade. O participante P4 menciona que foi fácil agrupar e categorizar as informações: “Foi fácil juntar os grupos e separar por categoria”. O participante P7 destaca que a técnica foi útil para

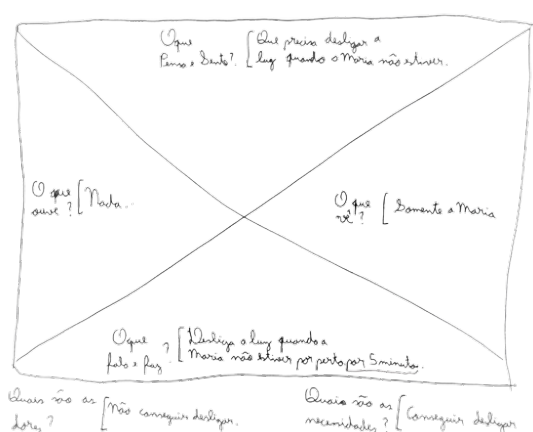


Figura 9 – Mapa de Empatia para o Sensor elaborado pelo participante P6

organizar as informações e complementar outras abordagens: "[...] Foi fácil organizar as informações da entrevista para criar os requisitos, e preencher as outras técnicas". A Figura 10 apresenta o artefato gerado pelo participante P9.

No entanto, nos comentários identificados sobre as **dificuldades encontradas**, foi possível observar que o uso do *template* exigiu mais esforço dos participantes. Os participantes afirmaram que não entendiam como preencher o *template* para organizar as informações, como citado pelos participantes P1: "o *template* não é muito intuitivo" e o P4: "muito difícil de entender o *template*". Além disso, outro participante disse preferir usar outra técnica para organizar informações, como exposto: P9: "Ainda prefiro o Mapa Mental para organizar as ideias [...], considerando que a técnica Mapa Mental seria ideal para organizar ideias".

Como **sugestões de melhorias**, o participante P11 sugeriu inserir no *template* mais descrições e exemplos de como preencher o *template*, como exposto no comentário: P11: "acredito que um *template* mais descritivo [...] poderia ter me ajudado", assim poderiam ser acrescentadas sugestões mais específicas de sistemas IoT, com mais descrições e/ou exemplos relacionadas às particularidades desses sistemas.

c) Business Model Canvas — sobre os **pontos positivos** relacionados a facilidade de uso, quatro participantes concordaram ser fácil aprender utilizar a técnica. Os participantes P5 e P6 fizeram comentários sobre a técnica funcionar bem em diferentes casos para compreender processos de negócio, como exposto nos seguintes comentários: P5: "Acredito que a melhor técnica para entender assuntos relacionados ao negócio em si. Provou

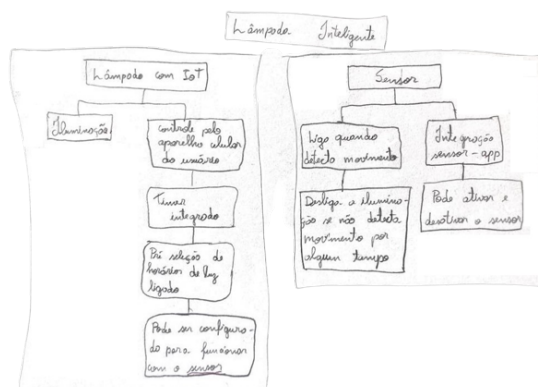


Figura 10 – Diagrama de Afinidade elaborado pelo participante P9

ser bastante útil na atividade” e P6: “O Canvas é uma técnica que funciona muito bem em quase qualquer caso, ela ajuda a encontrar um panorama da ideia, elucidando importantes partes dela”.

Sobre as **dificuldades encontradas** em relação ao uso das técnicas, um participante considerou sentiu necessidade de conhecer o significado de cada termo ao utilizar o *template*, conforme mostra P2: “Acho que o principal para entender o *business model canvas* e saber o que cada termo significa, sem isso é difícil usar ele”, e o participante P8 teve dificuldade no campo específico “nome do projeto”, como mencionado: P8: “Tive problema em estabelecer um nome para o projeto e no quadro de recursos fiquei em dúvida se estava correto”. Assim como o P8, outros participantes deixaram campos vazios por não conhecer os termos e não saber como preencher, os seguintes comentários apresentam evidências disso: P10: “Eu simplesmente não lembrava do que precisava preencher em cada campo da tabela e os títulos de cada campo não pareceram intuitivos o suficiente para eu descobrir sozinha o que pediam” e P5: “Difícil de preencher apenas lendo o título de cada seção [...]”. A Figura 11 apresenta o artefato gerado pelo participante P4 que deixou alguns campos vazios.

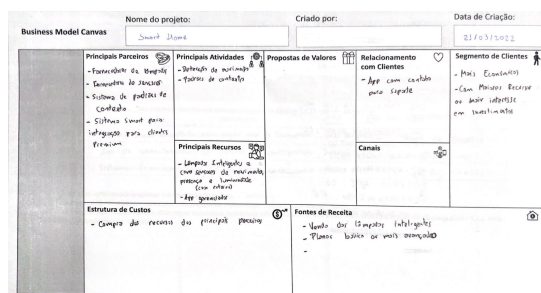


Figura 11 – Business Model Canvas elaborado pelo participante P4

Como **sugestões de melhorias**, o participante P11 sugeriu acrescentar perguntas

no template: “[...] acredito que o template(que neste caso já é bom) ficaria melhor ainda se fossem adicionadas perguntas que direcionam o elicitante a responder melhor aos campos do Canvas [...]”, e sugeriram que poderia ser perguntas direcionadas e parecidas com o Mapa de Empatia: P11 “Digo isso pelo quão claro está cada ponto na hora de aplicar o mapa de empatia quando utilizamos o template do mesmo”.

3.5.2 Percepção do Grupo B

A Figura 12 apresenta os dados em gráficos sobre o uso das técnicas do **Grupo B**.

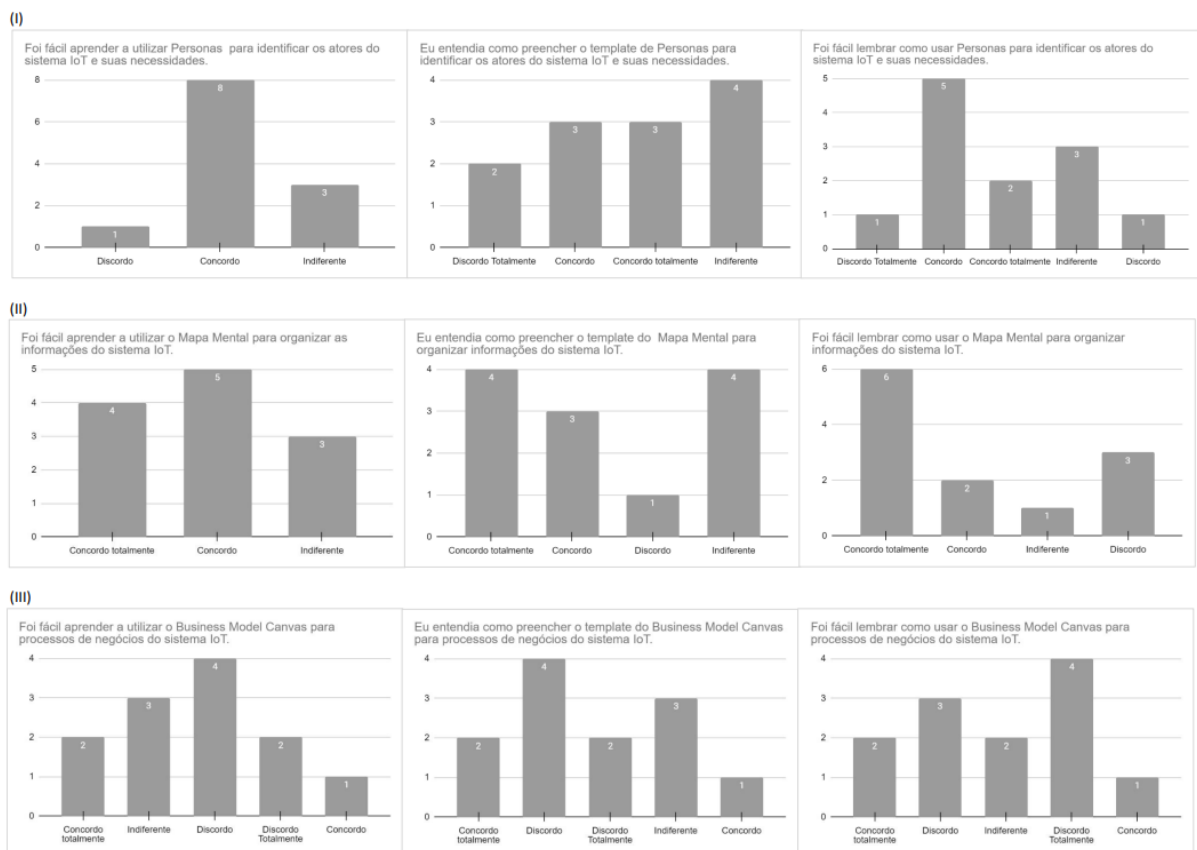


Figura 12 – Facilidade de Uso (Grupo B)

a) Personas — Com relação aos pontos positivos, oito participantes concordaram ser fácil aprender a utilizar o *template* para reunir características significativas dos atores do sistema. No entanto, apenas o participante P21 considerou o sensor como ator do sistema. A partir da Figura 13, é possível observar que o participante identificou

algumas informações de como o sensor pode apoiar no funcionamento da solução proposta.


	Nome: Sensor de movimento	Atributos Chaves: Paralelos, Verticais, Escalares
	Breve Descrição: Uma sensor que consegue detectar o movimento de uma forma digital na forma de movimento vertical por meio de escala para a representação de uma pessoa.	
Objetivos: Desenvolver em um lugar dependendo da necessidade Ajuda a medir em uma atividade, desenvolvimento sensor	Dores Mede de onde desenvolver ajuda é preciso Não ajuda na medida ambiente para ambiente em geral	
Oportunidades: Oportunidade de um util para Maria		

Figura 13 – Persona elaborado pelo participante P21

Isso reflete nas **dificuldades encontradas** pelos participantes, relacionadas ao esforço em lembrar conceitos dos termos presentes no *template* da Persona, os próximos comentários apresentam evidências disso: P3: "Eu tive dificuldade com o campo oportunidades [...]", P4: "[...] alguns dos campos (oportunidades) não eram muito intuitivos", P7: "[...] tive dificuldade de relembrar alguns conceitos", P11: "Esqueci do que se tratava a seção "oportunidades"", e P12: "A técnica de personas foi a mais fácil de aplicar, mas tive dificuldades ao discernir objetivos de oportunidades no contexto da atividade.". Visto isso, é possível verificar que o campo que mais dificultou foi o campo de "oportunidades" o qual se referia a identificação de pontos-chave para a construção de diferentes perfis. Para **sugestões de melhoria** não foram identificados comentários relacionados a esta categoria.

b) Mapa Mental — os participantes consideraram como **pontos positivos** a simplicidade e facilidade de uso do *template*, conforme mostram os seguintes comentários: P1: "achei fácil e ótimo usar o mapa mental, porque é uma técnica simples que estimula a criatividade e as ideias foram surgindo ali durante o uso", e P7: "Por ser flexível e não rígido a um único template, para mim, foi o mais fácil de fazer". A Figura 14 mostra o artefato gerado pelo participante P23, com informações de funcionalidades do sistema.

Além disso, Os participantes: P2, P5, P8 e P10 relataram que esta foi a técnica que mais ajudou na identificação de requisitos e organização das ideias, como mostram os seguintes comentários: P2: "[...] foi a técnica que mais trouxe requisitos", P5: "Achei bom para organizar as ideias do sistema", P8: "Sim, essa foi a técnica que mais me ajudou a entender o que eu precisava para elicitar os requisitos", P10: "foi uma técnica bem útil, talvez até a mais útil das três, pois gerou um ambiente onde as ideias iam surgindo". Em contrapartida,

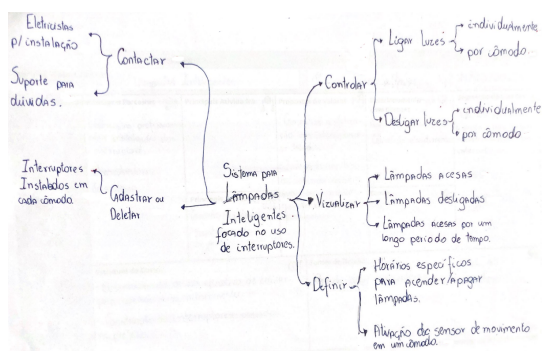


Figura 14 – Mapa Mental elaborado pelo participante P23

outros três participantes relataram que: P4: *"Completamente inútil, foi fácil de usar, mas não me mostrou nada que eu já não sabia"* e P12: *"Foi fácil utilizar, mas como organização de informações eu achei ruim, não me ajudou muito"*, pôde-se observar que os participantes P4 e P12 não viram utilidade no uso das técnicas.

Sobre as **dificuldades encontradas**, a maioria era sobre esquecer como usar o *template* da técnica, como evidenciam os seguintes comentários: P3: *"Achei um pouco difícil de lembrar se era necessário ter interconexões entre as ideias secundárias"*, P9: *"Não consegui lembrar de como foi explicado o uso do Mapa Mental, o que fiz foi muito baseado na intuição do que consistia a técnica"*. No comentário do P10: *"Foi um pouco mais complicado porque eu esqueci de como funcionava exatamente, lembrava só que a partir de um tema principal seriam geradas ideias"*, uma possibilidade de melhoria no *template*, seria apresentar alguns tópicos centrais para preencher com informações necessárias para a construção do sistema IoT. Para a categoria de **sugestões de melhoria** não foram identificados comentários relacionados.

c) **Business Model Canvas** — sobre os **pontos positivos** do uso da técnica, dois participantes relataram que foi a técnica que mais ajudou a elicitar requisitos e foi mais simples e intuitiva para identificar requisitos, conforme exposto em: P1: [...] *Achei que a técnica me ajudou a elicitar os requisitos não funcionais e a amadurecer um pouco os requisitos funcionais já elicitados* e P3: *"O business model canvas foi o mais intuitivo e mais fácil de gerar requisitos"*.

Quando questionados sobre as **dificuldades encontradas**, seis participantes concordaram que o *template* é difícil de usar, e dois comentaram que os campos do *template* não eram intuitivos e afirmaram que isso prejudicou durante a elicitação de requisitos,

como exposto em: P4: *"Eu não entendi o que era para colocar no campo de "segmento de cliente" e "relacionamento com cliente". E devido minha falta de conhecimento no tópico de IoT também não sabia o que colocar nas propostas de valores"*, P8: *"Alguns campos ficaram em branco porque eu realmente não sabia o que preencher"*, P12: *"Ajudou bastante, pena que foi complicado o preenchimento e a utilização"*.

Além disso, um participante considerou que o *template* pode trazer requisitos, mas o uso da técnica não é aplicável para sistemas pequenos como o do cenário proposto neste estudo, conforme mencionado em: P2: *"Foi fácil usar, mas trouxe somente um requisito, ficou a impressão de que porque isso estava ali se era um sistema tão pequeno?"*. Foi possível observar que apesar das dificuldades em preencher os *templates*, os participantes identificaram principalmente requisitos não funcionais e regras de negócio.

Essa análise de *feedback* permitiu a visualização das principais causas que influenciam e impactam a percepção dos participantes sobre a facilidade de uso das técnicas de DT durante a elicitação de requisitos IoT. A Tabela 5 apresenta um resumo.

Como sugestões de melhoria, foram identificadas as seguintes: (i) inserir perguntas mais direcionadas para o Mapa de Empatia e o Business Model Canvas; (ii) Apresentar tópicos centrais e inserir exemplos de como preencher os campos do Diagrama de Afinidade e o Mapa Mental.

Essas informações foram utilizadas como o primeiro passo para a definição das técnicas propostas neste trabalho de dissertação, e também pode servir para a criação de novos métodos/técnicas/abordagens para apoiar a elicitação de requisitos para sistemas IoT. Uma vez que, apesar das dificuldades encontradas, os participantes conseguiram identificar requisitos no paradigma IoT, como a integração de hardware, sistemas, conectividade, mobilidade, sensoriamento e atuação.

3.6 Ameaças à Validade

Este experimento apresenta ameaças que podem influenciar a validade dos resultados. Elas foram divididas em quatro categorias seguindo a abordagem de [Wohlin et al. \(2012\)](#):

Tabela 5 – Resumo da percepção dos participantes com relação à facilidade de uso

Técnicas	Pontos Positivos	Dificuldades
Mapa de Empatia	Simples preencher; Campos intuitivos;	Identificar os atores do sistema (incluindo os sensores); Lembrar de como preencher os campos do <i>template</i> ;
Personas	Simples preencher;	Lembrar de como preencher cada campo do <i>template</i> ; O "campo" oportunidade exigiu muito esforços dos participantes para ser preenchido; Identificar pontos-chave na construção das personas;
Mapa Mental	Simples de preencher; Estimula criatividade; <i>Template</i> Flexível; Apoia a organização das informações; <i>Template</i> intuitivo;	Lembrar de como preencher os campos, se precisava de novas ramificações;
Diagrama de Afinidade	Apoia a organização das informações de forma simples; Apoiou a identificação de informações para preencher as outras técnicas;	Exige mais esforço dos participantes para ser usada; Não é intuitivo;
<i>Business Model Canvas</i>	Cria um panorama da aplicação; Permite a identificação de requisitos não-funcionais e regras de negócio;	Preencher em cada campo do <i>template</i> ; Preencher apenas lendo o termo;

- Validade Interna:** existem três ameaças que podem causar riscos ou má interpretação dos resultados, são elas: (i) efeito do treinamento, (ii) problemas na especificação dos instrumentos, (iii) medição de tempo. Para mitigar a primeira ameaça, os participantes receberam o mesmo treinamento para nivelar os participantes. Para mitigar a segunda ameaça, foram realizados estudos pilotos antes da execução do estudo. Em relação à terceira ameaça, os participantes foram informados antes da entrevista que precisariam ser precisos nos seus questionamentos, ou seja, precisariam ser diretos e organizar a fala de forma clara, porém não há garantia de que isso foi medido cuidadosamente.
- Validade Externa:** Três questões foram consideradas: (1) a representatividade do cenário para a população estudada; (2) representatividade do ambiente experimental; e (3) Definição do cenário para a elicitación de requisitos. Para mitigar a primeira questão, os participantes responderam um formulário de caracterização

para analisar seu nível de conhecimento/experiência sobre desenvolvimento de software, DT e IoT, além disso, receberam um treinamento para que eles pudessem obter características semelhantes de pessoas envolvidas no contexto real. Sobre a segunda questão, o uso das técnicas de elicitação foi aplicado em cenário modelado de um sistema IoT. No entanto, não é possível afirmar que os resultados podem ser generalizados para outros domínios IoT. Com relação a terceira questão, o cenário foi avaliado por outro pesquisador e realizado um estudo piloto.

- **Validade Conclusão:** o tamanho pequeno da amostra pode ser considerado uma ameaça, pois limita a generalização e conclusão dos resultados. Portanto, serão considerados apenas indícios e não resultados conclusivos.
- **Validade Constructo:** a confiabilidade de medição é considerada uma ameaça, pois a validade do experimento depende de julgamento humano. Para minimizar o efeito dessa ameaça, foram usadas métricas de correção e qualidade dos requisitos registrados pelos participantes. Além disso, os requisitos foram avaliados por três pesquisadores.

3.7 Conclusão

Este capítulo descreveu o uso das técnicas de DT durante a atividade de elicitação de requisitos para sistemas IoT. As técnicas foram avaliadas em termos de facilidade de uso e número de requisitos. Foi realizado um estudo experimental para analisar se as técnicas de DT podem ser utilizadas para elicitar requisitos para sistemas IoT. Com os resultados, é possível observar que o uso combinado das técnicas de DT proporcionaram à elicitação de um número significativo de requisitos, que contribuiriam para a construção de um produto.

Durante a análise quantitativa, observou-se que a combinação de uso das técnicas de DT não apresentam diferenças estatísticas significativas. Esses resultados foram confirmados pelo Teste de *Mann-Whitney*. A análise sobre a facilidade de uso permitiu identificar que os participantes sentiram dificuldades em preencher os campos presentes

nos *templates* das técnicas de DT. Além disso, os resultados apresentam sugestões de melhorias das técnicas, como a inserção de exemplos e explicação dos termos presentes nos *templates*. Essas sugestões de melhoria podem ser consideradas úteis para a adaptação das técnicas de DT existentes para o contexto IoT.

Como limitações deste estudo, pode-se mencionar que o uso dos *templates* das técnicas de DT não é o suficiente para identificar todas as características específicas de um sistema IoT para o domínio de *Smart Lighting*, e por ser aplicado em um contexto acadêmico, os resultados não podem ser generalizados. Dessa forma, pretende-se adaptar técnicas baseadas nos conceitos de DT para serem utilizadas durante o desenvolvimento de sistemas IoT, considerando as particularidades desses sistemas e adaptando-as para apoiar a atividade de elicitação de requisitos.

4

PROPOSTA INICIAL DAS TÉCNICAS

Neste capítulo são apresentadas as propostas das técnicas para apoiar a elicitação de requisitos para sistemas IoT, chamadas Mapa da Sensorina e Mind IoT.

4.1 Contexto

Os capítulos anteriores ressaltaram a importância de adaptar e criar técnicas que apoiem a elicitação de requisitos para sistemas IoT. Isso se deve à natureza dinâmica e evolutiva dos sistemas IoT, que exigem requisitos adaptáveis e flexíveis ao longo do desenvolvimento. Para enfrentar esse desafio, é essencial adotar uma abordagem abrangente, considerando a multidisciplinaridade envolvida em sua concepção (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2023). Visto isso, propomos duas técnicas para apoiar engenheiros(as) de software durante o desenvolvimento de sistemas IoT: o Mapa da Sensorina e o Mind IoT. Ambas as técnicas podem ser usadas de forma combinada, pressupondo que o uso de técnicas se completam para criar soluções mais eficazes e centradas no usuário (MISHRA; MISHRA; YAZICI, 2008).

O processo de definição do Mapa da Sensorina e do Mind IoT compreendeu duas etapas principais: o estudo exploratório e a fundamentação teórica. O estudo exploratório foi apresentado em Souza et al. (2022), visando analisar a adequação das técnicas de DT na elicitação de requisitos para sistemas IoT, identificando benefícios de uso resultantes de sua aplicação. Por outro lado, a fundamentação teórica foi baseada no trabalho de (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018), que enfatiza aspectos que

devem ser considerados na concepção e implementação dos sistemas IoT, levando em consideração a diversidade de atores envolvidos, a natureza dinâmica e evolutiva desses sistemas devido às mudanças tecnológicas de hardware, software, integração de novos dispositivos e às alterações nas necessidades dos usuários. Dessa forma, as técnicas apresentadas a seguir visam ser adaptáveis e flexíveis para lidar com essas mudanças.

4.2 Primeira Versão do Mapa da Sensorina

Nos variados domínios da IoT, os atores envolvidos no sistema vão além dos seres humanos, como sensores, atuadores, animais, dispositivos físicos, incluindo também entidades externas convencionais, como usuários e sistemas (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018). Os sensores desempenham um papel fundamental, pois permitem a monitorização contínua e em tempo real do ambiente físico, fornecendo informações atualizadas que podem ser aproveitadas para diversas finalidades, tais como o controle de processos, detecção de falhas, otimização de recursos, monitoramento de condições ambientais, entre outras aplicações (SEHRAWAT; GILL, 2019). Os sensores são responsáveis por coletar diferentes tipos de dados transmitidos para os dispositivos conectados à rede de Internet (FERRARIS; FERNANDEZ-GAGO, 2020). Existem diferentes tipos de sensores, alguns são simples e outros mais complexos. Essa classificação vai conforme as características dos sensores, da forma como convertem informações, os materiais que utilizam, o fenômeno físico que detectam, as propriedades que medem e a área em que são aplicados (SEHRAWAT; GILL, 2019).

Sendo assim, os sensores permitem funcionalidades valiosas sejam identificadas durante a elicitación de requisitos, pois envolvem funções para tomada de decisões, acionar ações automatizadas, fornecer feedback ou informações úteis aos usuários e para aplicações específicas, permitindo uma maior interconexão entre o mundo físico e o mundo digital (YANG; BLAAUW; SYLVESTER, 2017).

Além dessas informações, os resultados do estudo exploratório apresentado no Capítulo 3, mostram que os participantes sentiram dificuldade para identificar os atores

sensores e suas interações em um sistema IoT.

Os resultados mostram também que o uso do mapa de empatia é adequado para elicitare requisitos IoT, visto que ele permitiu identificar o maior número de requisitos adequados para o cenário proposto no estudo exploratório. No entanto, seu uso não é suficiente para descrever as necessidades do ator-sensor. Diante disso, propomos o Mapa da Sensorina, cuja representação é inspirada no design do Mapa de Empatia, conforme mostrado na Figura 15.

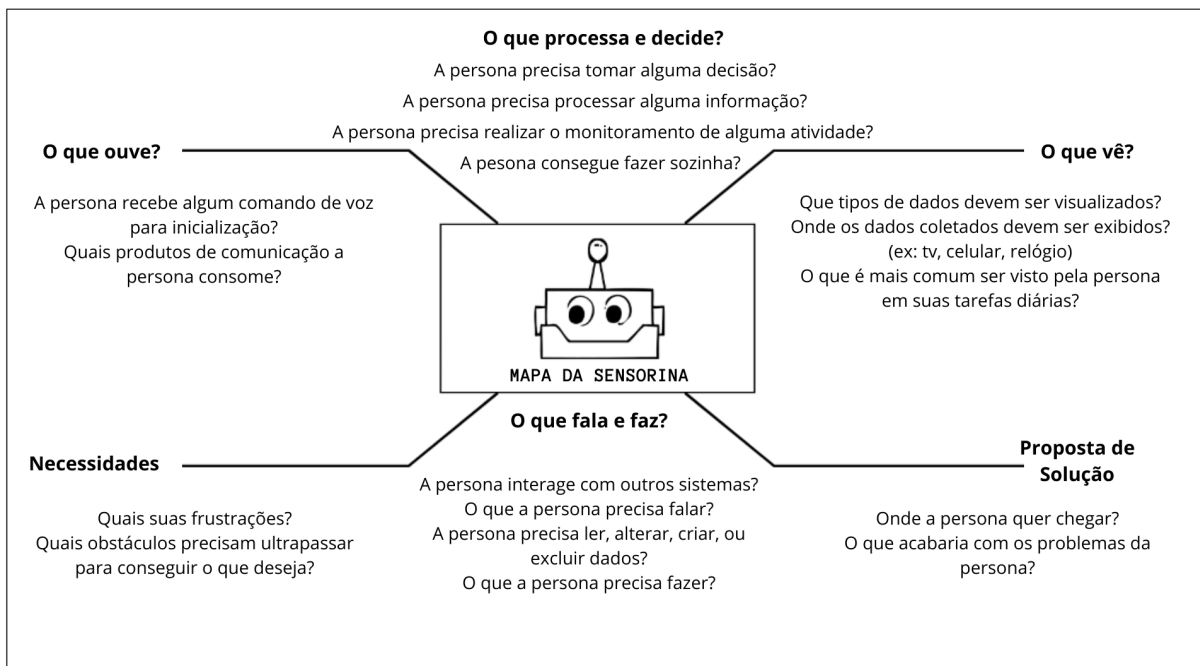


Figura 15 – *Template* do Mapa da Sensorina

Essa técnica dever permitir que engenheiros(as) de softwares envolvidos no desenvolvimento e elaboração de sistemas IoT tenham uma compreensão mais clara das capacidades e comportamentos dos sensores, auxiliando no processo de elicitare requisitos e na tomada de decisões durante o projeto. Assim, o objetivo do Mapa da Sensorina é mapear as interações entre os sensores presentes no sistema, identificando as informações coletadas e as ações possíveis a partir desses dados. Os sensores desempenham funções específicas, o que influencia os tipos de dados que eles coletam. Portanto, o Mapa da Sensorina foi projetado para facilitar a identificação de diversas informações sobre funcionalidades, interações e dados coletados em uma rede IoT. Para alcançar esse propósito, o mapa foi dividido em seis campos, cada um contendo

reflexões que destacam as funções ou situações em que o sensor interage com o sistema. São eles:

- **O que processa e decide?** - Os sensores são os responsáveis por coletar dados do ambiente em que estão inseridos, e esses dados são então transmitidos para outros dispositivos ou sistemas, que assumem a responsabilidade pelo processamento e análise das informações coletadas (GULATI et al., 2022). Dessa forma, esse campo visa descrever como os dados são processados e analisados para realizar ações ou fornecer informações relevantes. Por exemplo, um sistema IoT para controle de temperatura necessita de sensores de temperatura, que coletam e transmitem dados para um sistema. Com base nos dados coletados pelo sensor, é possível manter ou ajustar a temperatura, conforme as necessidades do sistema IoT (KUZUBASOGLU; BAHADIR, 2020). Em resumo, este campo trata do processamento de dados coletados pelos sensores para realizar ações ou fornecer informações relevantes.
- **O que ouve?** - Alguns sensores de áudio captam ondas sonoras e as convertem em sinais elétricos, que são processados e analisados por um sistema de reconhecimento de voz para identificar e interpretar comandos de voz (TURCHET et al., 2020). Esses comandos são então utilizados para acionar ações específicas no sistema ou fornecer uma resposta adequada ao usuário. Sendo assim, esse campo visa descrever como o sinal de áudio deve ser processado e como deve ser enviado para um sistema de reconhecimento de voz, o qual pode analisar as características do áudio para interpretar os comandos de voz. Um exemplo prático é um sistema de segurança residencial que utiliza um sensor de reconhecimento de áudio/voz. Quando o sensor captura um som suspeito, como o som de uma janela quebrando ou uma porta sendo forçada, ele aciona um alarme de segurança e envia uma notificação para o proprietário ou para uma central de monitoramento. Diferentemente do campo "O que processa e decide?", este campo deve abordar como os dados são coletados e quais os comandos para desencadear respostas ou ações específicas.

- **O que vê?** - Sensores detectam a presença de pessoas ou objetos em uma área específica, detectando seu movimento (SEHRAWAT; GILL, 2019). Há também sensores de imagem que capturam a luz do ambiente, esses dados são enviados para sistemas ou dispositivos que os convertem em sinais elétricos, processam esses sinais para formar uma imagem. Dessa forma, esse campo deve descrever como as imagens ou movimentos são captados, quais dados são coletados e como são processados e exibidos. Um exemplo disso são os sistemas de detecção de pragas, onde os sensores de movimento são implantados em áreas agrícolas para detectar a presença de pragas, como roedores ou aves que podem danificar plantações. Assim, o sensor ao detectar movimentos não desejados, pode acionar sistemas de repelência ou alertar os agricultores para tomar medidas preventivas.
- **O que fala e faz?** - Para preencher esse campo, é necessário saber que existem sensores capazes de emitir som, mas são conhecidos como transdutores sonoros. Os transdutores são utilizados para converter os sinais elétricos em ondas sonoras audíveis (GODI et al., 2019). Eles são usados em alto-falantes, campainhas, sirenes e outros dispositivos que emitem som. Sendo assim, podem ser utilizados para emitir alerta e notificações sonoras em dispositivos IoT. Um exemplo de sistemas IoT que emitem sons, são as assistentes virtuais, como a *Amazon Alexa*, *Google Assistant* ou *Apple Siri*, integradas a um dispositivo inteligente, que ao receber comandos por palavras de ativação, como: "*Alexa*", "*Hey Google*" ou "*Hey Siri*", e respondem emitindo sons.
- **Necessidades** - Esse campo refere-se aos requisitos, objetivos e expectativas que o sistema deve atender para atingir seus propósitos específicos. Deve descrever o que é necessário para o sensor funcionar corretamente, verificar incompatibilidade, restrições e limitações do projeto. Por exemplo, para o sistema funcionar corretamente é necessário manter a comunicação e interação com outros dispositivos, sistemas ou plataformas.
- **Proposta de Soluções** - Com base nas informações obtidas nos outros campos, este campo deve, para atender às necessidades ou resolver os problemas identificados no contexto do projeto IoT. Um exemplo disso, é propor uma interface

do usuário amigável e garantir que seja intuitiva, bem como, oferecer opções de conectividades adequadas, considerando a abrangência da solução e os requisitos de transmissão de dados.

Cada campo possui perguntas para guiar engenheiros(as) de software. Ao responder às questões, deve ser possível analisar e descrever as funcionalidades e interações entre os sensores e o sistema IoT. O *template* possui também um robô no centro, que representa o ator, podendo ser substituído por uma representação do sensor.

4.3 Primeira Versão do Mind IoT

O Mind IoT é uma versão adaptada do Mapa Mental adicionando elementos e conceitos-chave relacionados à IoT nos campos, como mostra a Figura 16. A escolha deu-se com base no estudo exploratório apresentado no Capítulo 3, onde apresentam indícios de que o Mapa Mental é adequado para elicitare requisitos IoT, por ter um *template* flexível, simples e intuitivo, além de apoiar a organização de informações (MAHMUD; VENEZIANO, 2011). No entanto, algumas informações podem não ser identificadas, como a identificação dos atores sensores, interações dos dispositivos físicos com o sistema, interface externa de comunicação, comportamento, ambiente de execução e tipo de conectividade (SOUZA et al., 2022). Visto isso, o Mind IoT foi proposto e tem por objetivo apoiar engenheiros(as) de software a identificar informações específicas que poderiam passar despercebidas ou ficarem ausentes.

O Mind IoT deve servir também para organizar visualmente informações e ideias, campos hierárquicos com associações entre os conceitos. Para isso, consideramos o trabalho de Motta, Oliveira e Travassos (2018), o qual apresenta sete facetas IoT que se preocupam com a engenharia de sistemas IoT, que envolvem coisas, interatividade, conectividade, comportamento, inteligência, ambiente, além de considerar o domínio do problema que representa a necessidade de uma solução IoT. A seguir serão descritos os campos do Mind IoT conforme mostra a Figura 16.

- **Ação** - Este campo está centrado na faceta de comportamento, abrangendo a

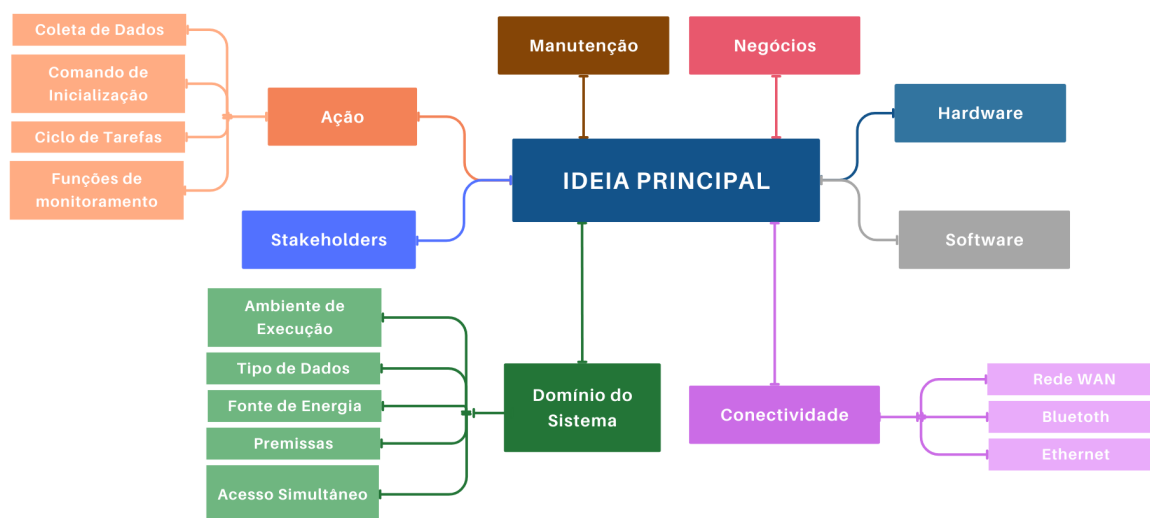


Figura 16 – Primeira versão do Mind IoT

percepção, o tratamento de dados e funções relacionadas à identificação, sensoria-
 mento e atuação (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018). É essencial estabelecer
 ações necessárias para o funcionamento do sistema. Por exemplo, algumas apli-
 cações de IoT são acionadas por comandos de voz, exigindo um comando de
 inicialização, como o utilizado pela *Amazon Alexa*. Quanto à coleta de dados, é
 fundamental descrever o processo e como os dados serão tratados, incluindo
 os tipos de informações coletadas, como temperatura, umidade e distância, e os
 dispositivos responsáveis por essa coleta, como sensores, leitores e *QR Code*. Além
 disso, é importante considerar o ciclo de tarefas, especificando uma sequência de
 operações ou etapas que um dispositivo ou sensor realiza como parte das funções
 de um sistema IoT ou como parte de suas funções ou tarefas programadas.

- **Domínio do Sistema** - Este campo baseia-se na faceta ambiente (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018), referindo-se ao local onde as coisas estão, onde as ações e eventos ocorrem, bem como onde as pessoas estão. Os sistemas IoT são adaptados para diferentes domínios, cada um com características específicas. Por exemplo, um sistema voltado para a área da saúde terá funcionalidades diferentes de um sistema IoT projetado para o entretenimento (SILVA; SOUZA; WERNER, 2021). Portanto, definimos o campo de ambiente de execução, baseado na faceta de

domínio do problema, que deve descrever para qual ambiente o sistema funciona. Os autores citam os seguintes domínios como exemplos: (1) Pessoal e doméstico; (2) Empresa e indústria; (3) Utilidade e (4) Móvel. O ambiente de execução pode incluir rios, mares, galpões com alta ou baixa temperatura, entre outros. Ainda em relação ao ambiente de execução, o campo tipo de dados está baseado na faceta de *Smartness*. Para que um sistema IoT seja considerado inteligente, é necessário um conjunto de ações que muitas vezes dependem dos dados coletados. Portanto, é fundamental definir os tipos de dados a serem coletados para embasar decisões e ações, tais como temperatura, umidade, altura, quantidade, entre outros (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018). Outro campo relevante é o das premissas, que está relacionado a todas as hipóteses e suposições assumidas pela equipe durante o projeto. Por exemplo, pode ser necessário resolver questões internas com fornecedores de hardware antes de iniciar o desenvolvimento do sistema IoT. Por fim, temos o campo de acesso simultâneo, que define a quantidade de pessoas que podem controlar e acessar o sistema, bem como seus níveis de acesso.

- **Conectividade** - A faceta conectividade é uma das principais em sistemas IoT (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018). Diversas opções estão disponíveis, e a escolha adequada deve levar em consideração as especificidades de cada projeto, como a quantidade de dados a serem transmitidos e analisados, bem como as projeções de escalabilidade (AHMAD et al., 2019). Para sistemas IoT, o padrão ideal de conectividade é aquele que combina alta velocidade de transferência de dados (DING et al., 2020). Nesse sentido, este campo deve descrever o meio pelo qual as coisas podem se conectar para materializar o paradigma IoT. Além da conectividade tradicional à Internet, é essencial considerar outras formas de conexão, como *Bluetooth Low Energy* (), *intranet*, *Zigbee*, *Z-wave* e *Radio Frequency Identification* (). Cada uma dessas tecnologias tem suas vantagens e aplicações específicas. Ao especificar o tipo de conexão a ser utilizada, é importante avaliar as necessidades do projeto e garantir que a opção escolhida seja capaz de atender aos requisitos de transferência de dados de forma eficiente e confiável.
- **Stakeholders** - Este campo está relacionado à faceta de interatividade, que aborda

a interação dos atores durante a troca de informações com as "coisas" e a frequência com que isso ocorre (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018). Aqui, devem ser identificadas as pessoas, grupos, organizações ou entidades com interesse nos bens, serviços ou benefícios coletivos que podem influenciar positiva ou negativamente a experiência dos usuários finais. Após a definição dos *stakeholders*, é fundamental registrar suas opiniões e ações para serem consideradas ao longo do ciclo de desenvolvimento do software.

- **Manutenção** - Este campo está relacionado à faceta de Coisas, que envolve dispositivos físicos, e à faceta de Comportamento, que se refere à integração de outros softwares (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018). É importante considerar a manutenção desses sistemas, assim como qualquer sistema de software, que podem surgir necessidades de modificação para corrigir falhas ou aprimorar o desempenho no contexto IoT (EVDOKIMOV et al., 2019). Recomenda-se estabelecer as diretrizes para a manutenção em um contrato firmado com o cliente, mesmo que o software ou hardware raramente necessitem de manutenção (ESPINDOLA; MAJDENBAUM; AUDY, 2004). Neste campo, devem ser descritas informações sobre possíveis alterações no produto após a entrega ao cliente, incluindo correções de erros, atualizações, melhorias de desempenho ou adaptação para outros ambientes. Garantir uma abordagem clara e planejada para a manutenção é essencial para garantir o funcionamento contínuo e a satisfação do cliente.
- **Hardware** - A identificação e autenticação de itens de hardware entre os requisitos são fundamentais para sistemas IoT (YANG; BLAAUW; SYLVESTER, 2017). Baseado na faceta Coisas (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018), este campo deve descrever dispositivos físicos equipados com capacidade de identificação, detecção, ou execução de comportamento e processamento. Esses dispositivos podem se comunicar e cooperar, buscando atingir objetivos que variam conforme os requisitos do sistema. Essas informações devem incluir a especificação de funções dependentes de hardwares e pela necessidade de dispositivos como baterias, adaptadores de *hardware*, microcontroladores, atuadores, memória, botões, e outros. Além disso, pode-se considerar também o tipo de conexão externa, tais como:

TV, *smartphone*, *tablet*, relógios, *dashboard*, onde os dados podem ser exibidos.

- **Software** - Os requisitos de software definem os serviços que devem ser fornecidos para atender aos objetivos do sistema proposto (DOE, 2011). Neste contexto, com base na faceta Comportamento (MOTTA; OLIVEIRA; TRAVASSOS, 2018), é importante considerar também a necessidade de utilizar outras soluções de software, tecnologias semânticas, análise de dados e outras áreas para aprimorar o comportamento das coisas. Portanto, este campo deve descrever tanto a necessidade de integração com outros sistemas, pessoas ou dispositivos de hardware, quanto como o sistema lida com o comportamento e a interação entre esses sistemas integrados.
- **Negócios** - As mudanças tecnológicas frequentemente exigem adaptações nos modelos de negócio (WHITMORE; AGARWAL; XU, 2015). Para alcançar o sucesso, as empresas precisam se ajustar rapidamente aos desafios do mercado. Um exemplo disso é o serviço de pagamento móvel, que surgiu após a proliferação de tecnologias móveis, como *smartphones* e *tablets* (CHAN et al., 2015). No contexto atual, a crescente popularização dos sistemas IoT tem impulsionado a preocupação com os processos de negócios, fazendo com que as empresas precisem colaborar até mesmo com concorrentes. Nesse sentido, este campo visa apresentar uma versão simplificada do *Business Model Canvas*, que se mostrou adequada para elicitar até mesmo requisitos não funcionais e regras de negócios no estudo exploratório apresentado no Capítulo 3. No entanto, os campos do *template* do *Business Model Canvas* não foram considerados intuitivos o suficiente. Portanto, o campo "Negócios" pretende identificar as necessidades ou oportunidades de negócios que podem ser atendidas por meio de um sistema IoT. Isso pode ser impulsionado por objetivos como aumento da qualidade de um produto existente ou desenvolvimento de novos serviços.

Em suma, o Mind IoT deve fornecer uma abordagem visual e estruturada para auxiliar engenheiros(as) de software a identificar informações relevantes para o desenvolvimento de sistemas IoT, abrangendo as diferentes facetas e aspectos do contexto da

IoT, sendo assim, nem todos os campos precisam ser preenchidos.

4.4 Conclusões do Capítulo

Este capítulo apresentou o Mapa da Sensorina e o Mind IoT, duas técnicas de elicitação de requisitos para sistemas IoT. O Mapa da Sensorina é uma representação inspirada no design do Mapa de Empatia, projetado para descrever as necessidades e características dos atores-sensores em sistemas IoT. O Mind IoT, é uma versão adaptada do Mapa Mental que inclui elementos e conceitos-chave relacionados à IoT nos campos do *template*, e visa aprimorar a elicitação de requisitos em sistemas IoT e garantir que as informações relevantes sejam consideradas durante o processo de desenvolvimento.

Ambas as técnicas propostas têm o objetivo de melhorar a elicitação de requisitos em sistemas IoT, permitindo uma compreensão mais completa e detalhada dos elementos envolvidos, como sensores, atores, comportamentos e necessidades de negócios. Com essas técnicas, os engenheiros(as) de software podem obter uma visão mais abrangente e clara dos requisitos, contribuindo para o sucesso na implementação de sistemas IoT.

5

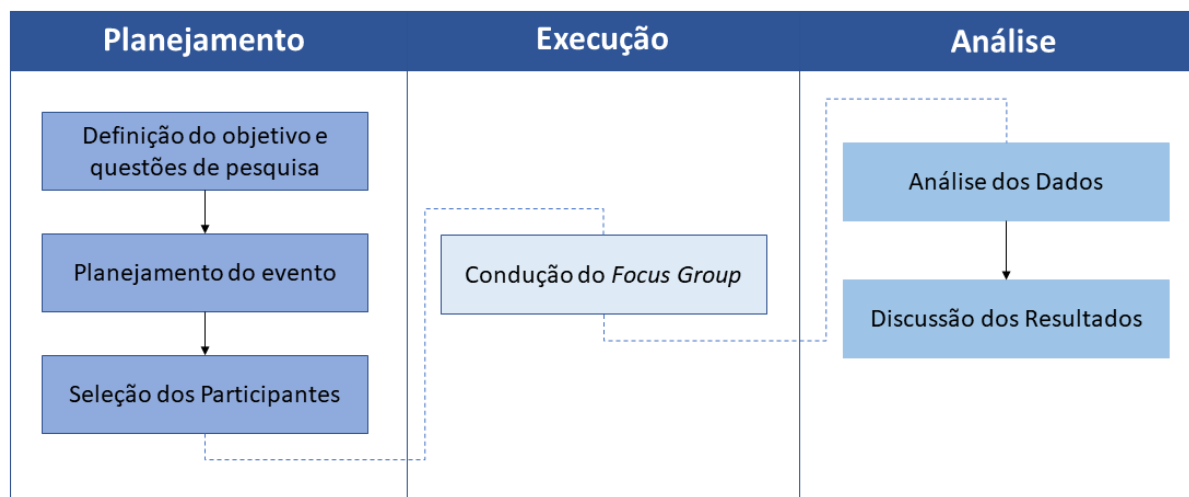
ESTUDO DE VIABILIDADE

Este Capítulo descreve um estudo de viabilidade, em formato qualitativo, utilizando a técnica Focus Group. Ao final, é apresentada a evolução das técnicas a partir dos resultados obtidos no estudo.

5.1 Contexto do Estudo de Viabilidade

Na área de Engenharia de Software (ES), estudos experimentais são conduzidos com o propósito de obter evidências e *insights* sobre o uso de novas tecnologias no desenvolvimento de software (SHULL; CARVER; TRAVASSOS, 2001). Isso porque fatores humanos têm uma forte influência em ES, tornando os estudos experimentais fundamentais para avaliar objetivamente o desempenho e a viabilidade dos novos processos, métodos, técnicas, abordagens e tecnologias (WOHLIN et al., 2012).

Para conduzir este estudo, utilizou-se metodologia de *Focus Group* proposta por Kontio, Bragge e Lehtola (2008). Sendo esta, uma técnica de pesquisa qualitativa, que coleta dados por meio da interação de um grupo que compartilham características comuns e experiências relevantes para o estudo em questão (FRANÇA et al., 2015). O objetivo desse *Focus Group* foi analisar a facilidade de uso do Mapa da Sensorina e do Mind IoT. Para isso, o estudo foi em etapas, como mostra a Figura 17, e serão descritas nas seções a seguir.

Figura 17 – Adaptado de [Kontio, Bragge e Lehtola \(2008\)](#)

5.2 Planejamento do Estudo de Viabilidade

Este Focus Group, conduzido no âmbito acadêmico para explorar as percepções dos participantes com relação à facilidade de uso do Mapa da Sensorina e do Mind IoT para verificar se as técnicas ajudam a identificar informações necessárias para o desenvolvimento de um sistema IoT. Para atingir esse objetivo, foram definidas duas questões com possíveis respostas que não impliquem em “sim”, “não” e “porque”, para evitar o risco de colocar pressão nos participantes e fazer com que eles tenham atitudes ou comportamentos não naturais. Abaixo estão as questões definidas.

- **Q1:** Como o *template* do Mapa da Sensorina facilitou ou dificultou a elicitación de requisitos para sistemas IoT?
- **Q2:** Como o *template* do Mind IoT facilitou ou dificultou a elicitación de requisitos para sistemas IoT?

Foram convidados 13 estudantes de graduação matriculados nos cursos de Engenharia de Software, Engenharia da Computação e Ciência da Computação da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Estes participantes haviam cursado a disciplina de Introdução à Engenharia de Software no semestre anterior e realizaram exercícios práticos anteriores envolvendo o uso de técnicas de DT para elicitar requisitos para sistemas IoT. No entanto, antes de sua participação neste estudo, os participantes

passaram por um treinamento intitulado "*Design Thinking v2.0*", sendo este um curso de capacitação oferecido pelo projeto SUPER¹, visando aprimorar as habilidades dos alunos em relação aos conceitos básicos sobre a engenharia de requisitos em contextos específicos como a IoT, utilizando abordagens do DT e sobre as técnicas propostas.

Para possibilitar o uso do Mapa da Sensorina e o Mind IoT, foram elaborados os seguintes materiais: (i) slides para o treinamento; (ii) um roteiro com as especificações da atividade; (iii) o *template* das técnicas propostas; e o (iv) modelo de relatório para especificação de requisitos. Antes do estudo principal, foi realizado um estudo piloto com um aluno do segundo ano de doutorado, para identificar possíveis melhorias nos materiais e questões. Os resultados desse estudo piloto foram considerados para aprimorar a formulação das perguntas. Tais artefatos estão disponíveis no Apêndice B e na página desta dissertação (<<https://tiny-figolla-364ca3.netlify.app/>>).

5.3 Execução do Estudo de Viabilidade

A execução deste estudo foi dividida em três etapas: (i) treinamento; (ii) adoção do Mapa da Sensorina e do Mind IoT para elicitare requisitos IoT; e o (iii) Focus Group. Houve a necessidade do treinamento para revisar conceitos sobre ER, DT, IoT e para introduzir o Mapa da Sensorina e o Mind IoT. O treinamento teve a duração de uma hora e 30 minutos, e devido ao isolamento da pandemia em decorrência da COVID-19, o estudo foi realizado de forma remota por meio da plataforma *Google Meet*². Ao final do treinamento, foram disponibilizados os artefatos e as instruções para a utilização das técnicas.

Para a adoção das técnicas, os participantes foram divididos em duplas e propuseram cenários IoT que ilustravam soluções em diferentes ambientes, conforme mostra a Tabela 6. Exceto o D3 que utilizou individualmente. Para avaliar esses cenários, contamos com a expertise de dois especialistas em Engenharia de Software. Para realizar a atividade de elicitação de requisitos, foi dado o prazo de quatro dias (contando a partir do dia do treinamento) para os participantes. Após utilizar o Mapa da Sensorina e o

¹ Projeto Super: <https://super.ufam.edu.br/>

² <https://meet.google.com/>

Mind IoT, os participantes disponibilizaram os artefatos no *ColabWeb*.

Tabela 6 – Cenários propostos de soluções IoT

Duplas	Resumo das Aplicações
D1	Um sistema para transporte coletivo inteligente
D2	Um sistema para um chuveiro inteligente
D3*	Um sistema para estufa inteligente
D4	Um sistema de segurança inteligente para residências
D5	Um sistema para o gerenciamento inteligente de consumo de água
D6	Um sistema para identificação inteligente de situações críticas de saúde
D7	Um sistema de coleira inteligente

Para conduzir o focus group houveram duas moderadoras, as quais informaram aos participantes sobre o escopo da pesquisa, as regras e a natureza voluntária da participação no estudo. O focus group foi dividido em duas sessões: uma para discutir a percepção dos participantes em relação ao uso do Mapa da Sensorina e outra para o Mind IoT. As sessões foram gravadas em áudio e vídeo usando a ferramenta *OBS Studio*³ para transcrição posterior e documentação dos pontos abordados. A moderadora assegurou a confidencialidade e o anonimato das discussões.

Antes de iniciar o protocolo, foi realizado um exercício de quebra-gelo com perguntas sobre a experiência dos participantes na definição de sistemas IoT e nas entrevistas. Isso permitiu que os participantes interagissem e se familiarizassem antes das discussões formais. Durante as sessões, as questões de avaliação foram lidas em voz alta para que os participantes pudessem responder e promover a discussão. A primeira sessão sobre o Mapa da Sensorina teve a duração de 45 minutos, enquanto a segunda sobre o Mind IoT durou 31 minutos, totalizando uma hora e 16 minutos de estudo em uma sala virtual do Google Meet⁴.

Em ambas as sessões, observou-se que alguns participantes não se envolviam ativamente nas discussões. Nesses momentos, a moderadora interveio fazendo perguntas direcionadas para incentivar a participação desses indivíduos e para poderem compartilhar suas experiências em relação ao uso das técnicas. Essas intervenções foram aplicadas quando era notada a falta de contribuição de alguns participantes.

³ <https://obsproject.com/>

⁴ <https://meet.google.com/>

5.4 Análise e Discussão dos Resultados do Focus Group

Essa análise qualitativa foi realizada utilizando a ferramenta Atlas.ti⁵ para apoiar o processo de organização e análise dos dados. Esta escolha foi motivada para evitar o processo habitual em que se utilizam papel e marcadores de texto, tornando menos árdua a análise com muitos dados.

O método de análise baseou-se no processo proposto por [Strauss e Corbin \(1998\)](#), utilizando a técnica de codificação. A codificação envolve a associação de palavras-chave ou códigos a trechos específicos dos dados, estabelecendo relações entre as referências e os códigos. Esses códigos são empregados como dispositivos de classificação em diferentes níveis de abstração, permitindo a criação de conjuntos de unidades de informação relacionadas para fins de comparação ([FRIESE, 2012](#)). Na Figura 18, é apresentado um exemplo ilustrativo do processo de codificação utilizado neste estudo.

P8 - Foi legal de fazer, não foi tão fácil, mas ele foi uma parte bem mais fácil porque com base na Sensorina, como a gente tinha falado no projeto, a gente teve um stakeholder que foi um aplicativo e a gente fez um mix entre o mapa da Sensorina e o mapa de empatia pra poder conseguir responder às perguntas e conseguir realizar a definição daquele mapa.

◇ É possível combinar o uso com o Mapa de Empatia

P13 - "A parte de sensores foi mais difícil de pensar e se colocar no lugar de sensor, que é já difícil se colocar no lugar de outra persona, imagine de um sensor que é algo não vivo, mas conforme a gente foi tendo as entrevistas, foi coletando várias opiniões que foram bastante relevantes que a gente conseguiu casar com as outras técnicas."

◇ É difícil ter empatia pelo sensor

Figura 18 – Exemplo de Codificação.

5.4.1 Análise Qualitativa do Mapa da Sensorina

Para analisar a percepção dos participantes sobre a facilidade de uso do **Mapa da Sensorina**, foi criada uma rede, conforme mostrado na Figura 19, com a seguinte categoria: "Percepção sobre o uso do Mapa da Sensorina".

O código "O mapa é útil e facilita a compreensão e a conceituação do sensor de forma abrangente", que foi gerado a partir do comentário de um dos participantes, o P3:

⁵ <https://atlasti.com/>

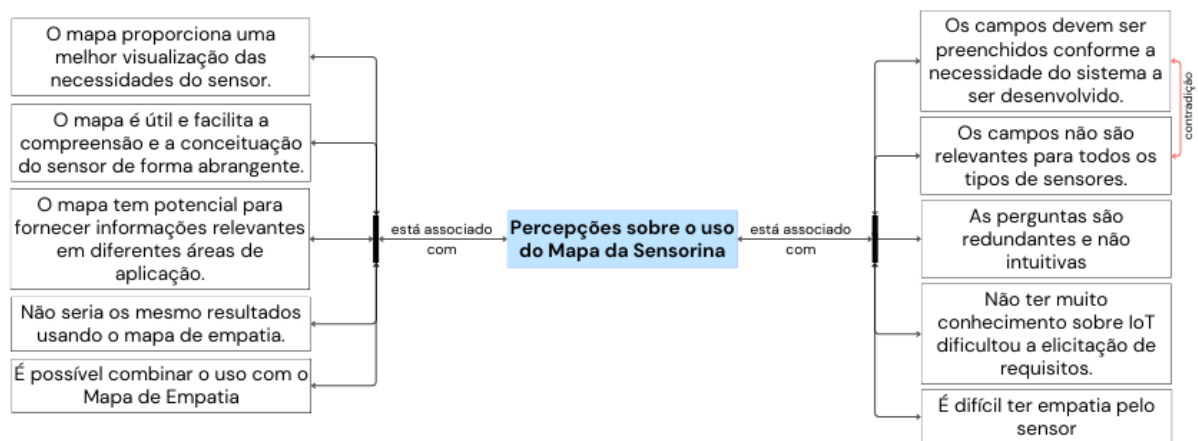


Figura 19 – Representação visual da categoria Percepções sobre o uso do Mapa da Sensorina.

"o mapa possibilitou essa visão ampla de integrar/conceituar a parte teórica e empático do sensor, com o lado técnico. Achei bastante interessante e útil". Esse código destaca a importância do Mapa da Sensorina ao permitir uma visão ampla e integrada da parte teórica e empática do sensor, juntamente com o lado técnico.

No que se refere ao código "O mapa proporciona uma melhor visualização das necessidades do sensor", ele está relacionado ao comentário do participante P6: "Achei que foi muito útil e eu gostei muito de ter usado. Ele consegue fazer a gente visualizar melhor o que nosso sensor quer" (P6). É possível observar que as necessidades de um sensor são ressaltadas através do Mapa da Sensorina, evidenciando também a utilidade da técnica.

Entretanto, ao considerarmos o código "Não seriam os mesmos resultados usando o mapa de empatia", baseado nas percepções de P6, surge a reflexão de que o uso do Mapa de Empatia não é tão intuitivo quando aplicado em um contexto que envolve sensores. O participante destaca: "Se falassem para usarmos o Mapa de Empatia para um sensor, eu acho que eu faria provavelmente errado" (P6). Além disso, é relevante mencionar a possibilidade de combinar o Mapa de Empatia com o Mapa da Sensorina, como apontado no código "É possível combinar o uso com o Mapa de Empatia" e por P8, que sugere que essa combinação facilita a eliciação de requisitos para sistemas IoT. Conforme o comentário de P8: "A gente teve um stakeholder que foi um aplicativo e a gente fez um mix entre o Mapa da Sensorina e o Mapa de Empatia para poder conseguir responder às perguntas e conseguir realizar a definição daquele mapa" (P8).

Em relação à empatia com os sensores, alguns participantes destacaram a dificuldade. Os códigos "É difícil ter empatia pelo sensor" e "A falta de conhecimento sobre IoT dificultou a eliciação de requisitos" refletem essas percepções, pois os participantes expressaram a dificuldade em compreender as necessidades dos sensores devido à sua natureza não viva e à falta de familiaridade com essa abordagem. Isso pode ser observado nos seguintes comentários "*É muito difícil praticar a empatia com o sensor*" (P6), "*Achei estressante olhar pelo lado empático, eu olho para o sensor pelo lado técnico e não pelo lado empático*" (P3), "*Senti essa dificuldade de se colocar no lugar de um sensor*" (P11) e "*Foi mais difícil se colocar no lugar de sensor. Já é difícil se colocar no lugar de outra persona, imagina de um sensor que é algo não vivo*" (P13).

No entanto, é importante notar que os participantes indicaram que o uso do **Mapa de Empatia** não é necessariamente intuitivo. Alguns participantes tiveram dificuldade em entender a não obrigatoriedade de preencher todos os campos do Mapa da Sensorina, como destaca P1 em "*Algumas perguntas pareceram mais inúteis, por exemplo: nem todo sensor ouve e nem todo sensor ver*" (P1). Assim, foi criado o código "Os campos não são relevantes para todos os tipos de sensores". Por outro lado, P8 afirma que as perguntas do Mapa da Sensorina são relevantes para o sistema, e que cada pessoa deve responder conforme as capacidades e características do seu próprio sensor. A contradição pode ser observada no seguinte comentário: "*As perguntas são muito boas. O P1 falou que não foi relevante, mas se não for relevante, a gente não vai incluir, apesar de estar lá. Se for relevante para você, você vai lá e responde (...). O meu sensor está vendo alguma coisa? O meu sensor está ouvindo alguma coisa? Se ele não estiver ouvindo, você não vai responder aquilo que não é cabível ao seu sistema, mas se ele estiver vendo alguma coisa, você vai colocar*" (P8). Com isso, o código "Os campos devem ser preenchidos de acordo com as necessidades do sistema a ser desenvolvido" também foi criado.

Ainda sobre a relevância dos campos do Mapa da Sensorina, o código "As perguntas são redundantes e não intuitivas" foi criado com base no comentário "*Achei algumas perguntas não tão interessantes. Destaco duas que achei interessante: "necessidades" e "proposta de solução", foram dois tópicos que me chamaram bastante atenção, mas os demais que vem em forma de pergunta, eu achei que foram meio redundantes em alguns casos*" (P10).

Isso mostra que o Mapa da Sensorina apresenta oportunidades para aplicação de melhorias. O P10 sugere que a formulação das perguntas poderia ser mais amigável e intuitiva, facilitando a compreensão imediata dos campos através do comentário *"Acho que melhorar essas perguntas deixaria muito mais claro o objetivo para gente na hora de descrever a respeito do sensor (...) ou campos para pontos positivos a respeito do sensor, ou até pontos negativos. Falaria muito mais a respeito do sensor, sem deixar redundante"*.

5.4.2 Análise Qualitativa do Mind IoT

A análise das percepções sobre a facilidade de uso do **Mind IoT** gerou a categoria "Percepções sobre o uso do Mind IoT". A categoria e seus respectivos códigos são apresentados na Figura 20.

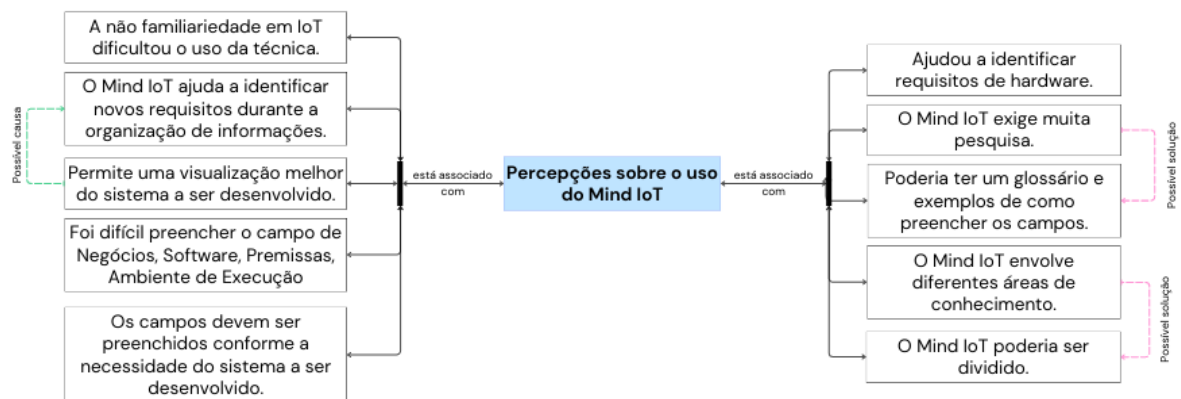


Figura 20 – Representação visual da categoria Percepções sobre o uso do Mind IoT

O código "Permite uma visualização melhor do sistema a ser desenvolvido" surgiu com base em comentários dos participantes, como os de P7, que mencionou: *"A gente conseguiu ter uma visão mais geral de todo o sistema"*. Além disso, P8 destacou que o Mind IoT proporcionou: *"Permitiu uma melhor visualização do sistema, não somente como a parte de software envolvida, mas como a parte de hardware"*. A sensação de clareza quanto ao rumo do projeto também foi expressa por P11: *"Foi muito satisfatório terminar de fazê-lo, pela sensação de clareza quanto ao rumo que o projeto deveria seguir para ter sucesso"*. Esses comentários mostram que o Mind IoT foi bem recebido pelos participantes durante a

elicitação de requisitos, proporcionando uma visão abrangente do sistema, integrando aspectos de hardware e software e facilitando a organização das informações. Assim, o código "Ajudou a identificar requisitos de hardware" foi criado.

Através dos comentários de P12, percebe-se que a organização de informações é crucial após a construção de personas, entrevistas e identificação de sensores, e que o Mind IoT foi fundamental nesse processo, permitindo enxergar e estruturar partes do sistema que não existiam anteriormente, o que resultou na identificação de requisitos para o sistema, como menciona em *"Após construção de personas, entrevistas, identificação de sensores e muitas pesquisas, a organização de tudo isso é crucial (...) me ajudou a enxergar e estruturar partes do sistema que até então não existiam, e deu origem a muitos dos requisitos identificados para o sistema"* (P12). Da mesma forma, P6 aponta que o Mind IoT pode gerar ainda mais requisitos, em *"O Mind IoT gerou muitos requisitos e acho que poderia gerar mais"*. Esses comentários evidenciam que a organização de informações pode influenciar os usuários do Mind IoT na elicitação de requisitos, levando à criação do código "O Mind IoT ajuda a identificar novos requisitos durante a organização de informações".

O desafio relacionado ao código "A não familiaridade em IoT dificultou o uso da técnica" é novamente mencionado pelos participantes, com o P13 sugerindo que o Mind IoT parece mais adequado para especialistas em IoT: *"Acho que o Mind IoT é feita para pessoas que entendem de IoT"* (P13). Os termos técnicos presentes no mapa são um dos fatores que influenciam neste ponto, conforme ressaltado nos comentários *"Tive dúvidas com campo negócio"* (P2), *"No campo manutenção que eu nem coloquei nada"* (P4), *"Algumas palavras que são muito específicas, que abrem margens para muita coisa, por exemplo, 'premissas', premissas do quê?"* (P8), *"Termos que senti dificuldade: software-comportamento; domínio do sistema: premissas; Domínio do sistema-ambiente de execução"* (P11), e *"Cria uma certa dificuldade quando temos que passar a pensar em cada detalhe, como as ramificações de negócios e manutenção"* (P12).

Para resolver essa questão, é sugerido a criação de um glossário e a inclusão de mais exemplos que ilustrem a forma correta de preencher a técnica, como P8 aponta: *"Ter um glossário ajudaria, tendo os conceitos do que seria e exemplos (...). Acredito que poderiam ser disponibilizados exemplos da utilização dessa técnica porque só com o template foi muito*

difícil", "Poderia ter mais exemplificação" (P8), "Se tivesse descrição de algumas coisas, por exemplo: "nessa ramificação você tem essas opções" (P10) e "O Mind IoT apenas foi confuso por não trazer consigo um glossário das categorias" (P11). Portanto, o código "Poderia ter um glossário e exemplos de como preencher os campos" foi criado.

O código "O Mind IoT exige muita pesquisa" foi criado com base nos seguintes comentários: "Algumas coisas a gente pesquisava no Google e outras mesmo pesquisando não entendia" (P6), "Ele exige pesquisa e estudo para identificar as ramificações" (P10) e "A gente precisou pesquisar muito e não entendeu muita coisa. Às vezes uma coisa mais rápida poderia ter sido melhor" (P13). Esses comentários destacam a importância de criar artefatos de apoio ao uso das técnicas. Além disso, o participante P12 menciona que o Mind IoT envolve diferentes áreas em "Envolviam outras áreas de conhecimento" (P12). Dessa forma, o código "O Mind IoT envolve diferentes áreas do conhecimento" foi originado. Para solucionar isso, dois participantes sugerem que o Mind IoT deveria ser dividido, gerando mapas independentes a partir de algumas categorias, conforme indicado em "Na parte de processos de negócios poderia dissolver. Poderia fazer um Business Model Canvas para aplicar somente em iot" (P13) e "Se fosse para dissolver a técnica em si, poderia muito dividir a parte de hardware" (P8). Por consequência, o código "O Mind IoT poderia ser dividido" foi criado.

Os participantes também ressaltam que nem todos os campos precisam ser preenchidos e que o contexto do sistema em desenvolvimento é o que determina os campos. P11 comenta: "Faltou ficar claro o que era obrigatório e o que não era" (P11), e "eu não consegui preencher por não ter conhecimento, por exemplo, em manutenção, eu não fazia ideia do que colocar, só deixei lá porque achei que precisava dessa ramificação" (P10). Esses comentários ressaltam que nem todos os campos precisam ser preenchidos, dado o contexto do sistema que está sendo desenvolvido. Conforme evidenciado por P10, a falta de conhecimento prévio também está relacionado a forma que um campo será preenchido ou não, visto a não obrigatoriedade de utilizar todos os campos.

Esta análise mostra que o Mind IoT pode ser uma técnica útil durante a elicitación requisitos de sistemas IoT, mas que os desafios relacionados ao conhecimento necessário na área de IoT, a exigência de pesquisa para preencher o mapa, e ao entendimento dos

campos de forma intuitiva precisam ser trabalhados na técnica. As sugestões feitas pelos participantes, como a inclusão de um glossário, de exemplos que ilustram o preenchimento da técnica podem aprimorar o uso do Mind IoT em futuras versões.

5.5 Refinamento das Técnicas de Elicitação

Com base na análise realizada do estudo de viabilidade e nas sugestões dos participantes, as técnicas foram refinadas e aprimoradas. O refinamento das técnicas baseou-se nas experiências e feedback dos próprios participantes, garantindo que as mudanças estejam alinhadas com as necessidades e desafios enfrentados pelos usuários durante o uso das técnicas.

5.5.1 Segunda Versão do Mapa da Sensorina

O **Mapa da Sensorina** foi refinado para uma segunda versão, como mostra a Figura 21. A partir da análise do estudo de viabilidade, observou-se a necessidade de realizar algumas melhorias, incluindo:

(1) Reformular as perguntas para eliminar ambiguidades e simplificar o entendimento; (2) Detalhar os termos nas perguntas para facilitar a compreensão; (3) Adicionar mais exemplos de como preencher os campos, visto que, o exemplo apresentado no treinamento teve uma influência significativa no preenchimento do Mapa da Sensorina; e (4) Deixar claro que os campos das técnicas devem ser preenchidos conforme as necessidades do sistema IoT a ser desenvolvido. Nem todos os campos precisam ser preenchidos, e o engenheiro de software tem a liberdade de criar novos campos.

Em relação ao ponto (1) alguns campos foram revisados e simplificados para torná-los mais intuitivos e fáceis de preencher, especialmente para aqueles que não possuem conhecimentos técnicos avançados em IoT. Quanto ao ponto (2), foi incluído um exemplo prático do Mapa da Sensorina, demonstrando como preenchê-los corretamente em diferentes cenários de sistemas IoT. A Figura 22 apresenta um exemplo preenchido. Ao invés de fornecer apenas uma definição abstrata de um termo como "sensor de

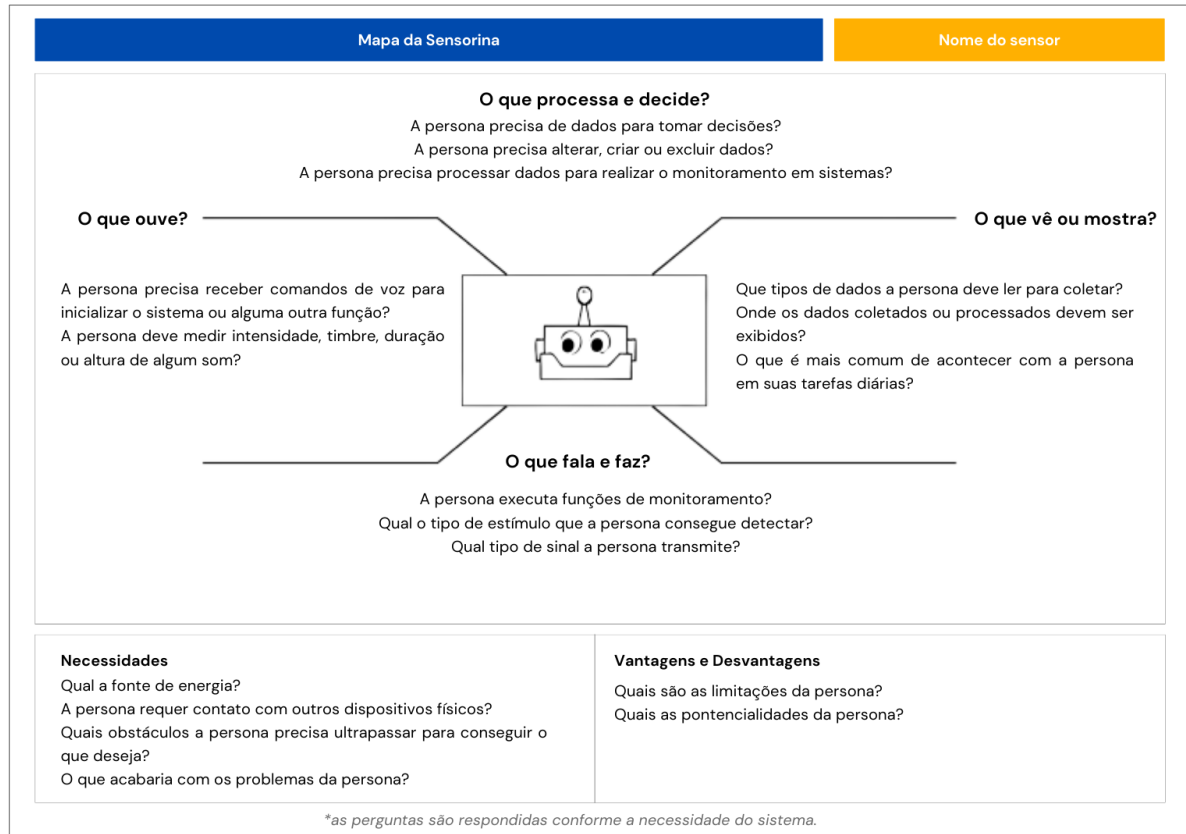


Figura 21 – Segunda Versão do Mapa da Sensorina

temperatura", definimos o seguinte cenário: "Imagine que você esteja projetando um sistema de monitoramento de temperatura para um motor de veículo. Nesse sistema, um sensor de temperatura seria responsável por medir a temperatura do motor e fornecer dados precisos para controle e proteção". Nesse caso, os usuários podem considerar fatores como faixa de medição de temperatura, a resistência a altas temperaturas, a resposta rápida do sensor para detecção precoce de anomalias, a confiabilidade e a precisão das medições, além de possíveis requisitos de comunicação para integrar os dados do sensor ao sistema de controle do veículo.

Quanto ao ponto (3), foi necessário verificar se o exemplo fornecido estava influenciando de forma inadequada a elicitação de requisitos. No entanto, foi observado que os requisitos identificados a partir do exemplo eram adequados para os sistemas propostos. Portanto, concluímos que o exemplo foi bem construído e não distorceu a natureza dos requisitos, fornecendo uma referência útil para os usuários. No exemplo, o campo "O que ouve?" não está preenchido e com a informação de que não se aplica, isso

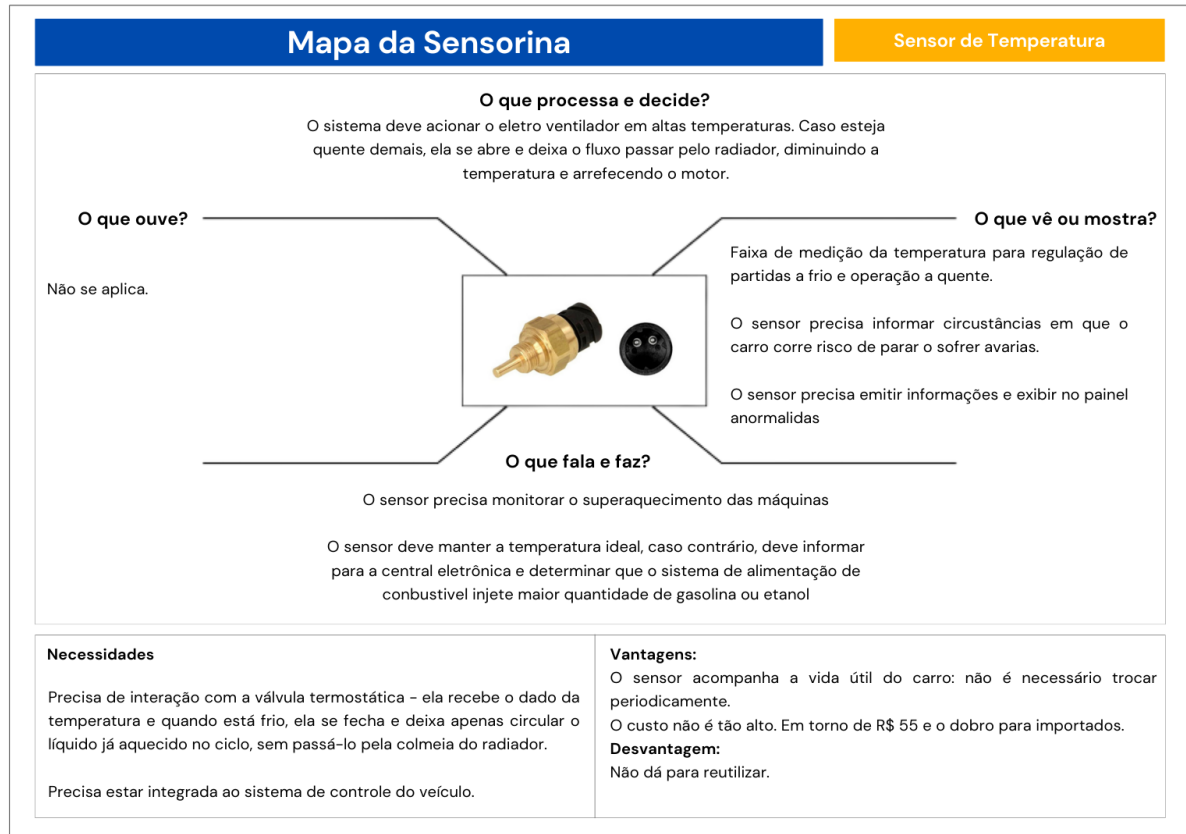


Figura 22 – Exemplo preenchido do Mapa da Sensorina

refere-se ao contexto do sistema e para deixar claro aos usuários a não obrigatoriedade de preenchimento dos campos, como destacado no ponto (4). A seguir, estão detalhadas as modificações realizadas em cada campo do Mapa da Sensorina.

- No campo "**O que processa e decide?**" em ambas as versões, o conjunto de perguntas busca explorar as necessidades da persona em relação ao processamento dos dados. Na primeira versão, as perguntas eram mais amplas e abordavam a persona de uma maneira mais geral, enquanto na segunda versão, as perguntas se concentram especificamente na necessidade da persona em ter acesso aos dados e no processo decisório associado.
- Para o campo "**O que ouve?**" as perguntas foram formuladas de maneira mais abrangente, englobando tanto os comandos de voz para inicialização quanto outras funções do sistema. Além disso, esse campo também explora a necessidade de medir características específicas do som, como a intensidade, timbre, duração

ou altura de algum som. Essa abordagem visa obter uma compreensão completa das necessidades relacionadas à capacidade de audição do sistema, permitindo a identificação de requisitos precisos e abrangentes para a implementação eficaz das funcionalidades de áudio no sistema IoT em desenvolvimento.

- Na primeira versão, o mapa priorizava mais como os dados deveriam ser lidos ou coletados. Na versão atual, o campo "O que vê?" foi modificado para "**O que vê ou mostra?**", visando abranger a interface de comunicação com o usuário. Dessa forma, neste campo são descritos os tipos de dados, como devem ser lidos ou coletados, onde devem ser exibidos e processados, além de se concentrar nos padrões de comportamento da persona em relação à visualização de dados e suas tarefas diárias. Essa atualização busca ampliar a compreensão das necessidades da persona em relação à interação visual com o sistema, proporcionando um enfoque mais abrangente na interface de comunicação e garantindo que os requisitos relacionados à apresentação e exibição de dados sejam adequadamente identificados e atendidos no desenvolvimento do sistema IoT.
- No campo "**O que fala e faz?**", as perguntas foram reformuladas, concentrando-se nas atividades de monitoramento realizadas pela persona, nos estímulos ou sinais que ela é capaz de detectar em seu ambiente ou contexto. Além disso, esse campo também aborda o tipo de sinal ou informação que a persona deve transmitir para outros sistemas, dispositivos ou pessoas. Essa reformulação visa aprofundar a compreensão das ações e funções desempenhadas pela persona no contexto de monitoramento, permitindo a identificação mais precisa das capacidades de comunicação e interação do sistema IoT com o ambiente ao seu redor.
- As perguntas no campo de "**Necessidades**" foram reformuladas com o intuito de concentrar-se na identificação de informações relacionadas à fonte de energia, no contato físico com outros dispositivos, nos obstáculos a serem superados e nas possíveis soluções para os problemas enfrentados pela persona. Essa reformulação visa direcionar o foco para essas áreas específicas, em vez de abordar apenas as frustrações da persona e os obstáculos para alcançar os objetivos do sistema. Essa abordagem visa garantir que as necessidades essenciais da persona, relacionadas

à energia, interconectividade e superação de desafios, sejam cuidadosamente compreendidas e consideradas no processo de elicitação de requisitos.

- O campo, anteriormente chamado de "Proposta de Solução", foi renomeado para "**Vantagens e Desvantagens**". Esse campo destina-se a descrever possíveis soluções para problemas e limitações enfrentados pela persona. Portanto, na versão atual do mapa, as perguntas foram ajustadas para se concentrarem em descrever informações sobre as limitações, restrições e potenciais de uso do sensor. Essa mudança de enfoque visa aprofundar a compreensão das vantagens e desvantagens associadas ao sensor, permitindo uma análise mais completa dos cenários em que ele pode ser aplicado. Ao identificar os pontos fortes e fracos do sensor, os requisitos podem ser refinados de maneira mais assertiva, resultando em soluções mais adequadas e eficazes para as necessidades da persona.

Essas melhorias têm o objetivo de tornar o Mapa da Sensorina e o Mind IoT mais acessível, prático e útil na elicitação de requisitos para sistemas IoT.

5.5.2 Segunda Versão do Mind IoT

Com base na análise dos comentários dos participantes, algumas sugestões de melhoria para as técnicas do Mind IoT podem ser identificadas: (1) Criar artefatos de apoio ao uso da técnica: A criação de um glossário com os termos técnicos presentes no mapa pode ajudar os usuários que não estão familiarizados com a área de IoT a compreenderem melhor os conceitos e facilitar o preenchimento dos campos. Além disso, a inclusão de mais exemplos sobre como preencher cada campo pode esclarecer as dúvidas dos usuários e tornar a técnica mais acessível. (2) Especificar a obrigatoriedade dos campos: É importante deixar claro quais campos são obrigatórios e quais são opcionais no preenchimento do mapa. Isso ajudaria os usuários a entenderem que nem todos os campos precisam ser respondidos, e que isso depende do contexto do sistema em desenvolvimento. (3) Dividir o mapa de acordo com a área de conhecimento: considerando que o Mind IoT envolve a definição de requisitos de software, hardware e processos de negócios, do ponto de vista dos participantes do estudo de viabilidade, uma possível

solução é dividir a técnica em mapas independentes. As mudanças estão representadas na Figura 23 e descritas a seguir.

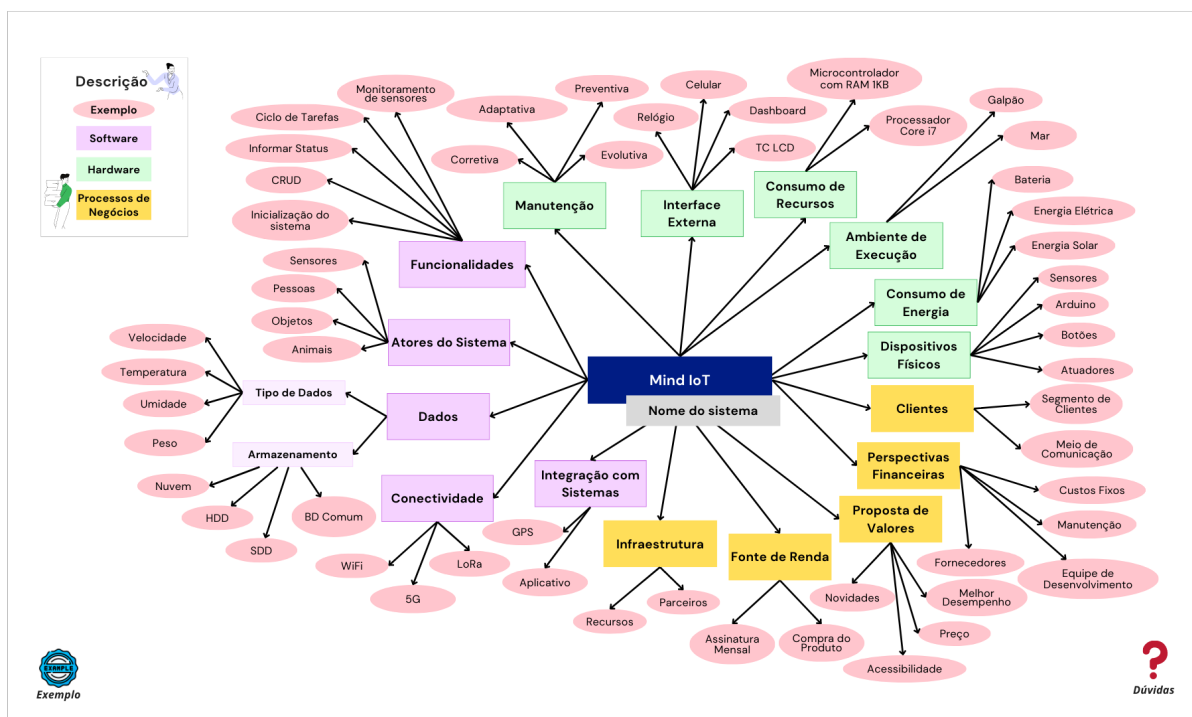


Figura 23 – Segunda versão do Mind IoT

Em relação ao ponto (1), foram propostos dois artefatos de apoio: o Glossário e um exemplo preenchido do mapa. O glossário possui os termos que representam os campos do Mind IoT, suas descrições e exemplos de como preencher esses campos. A Figura 24 apresenta um extrato desse glossário. Ele pode ser acessado ao clicar no botão "dúvidas", na parte inferior à esquerda do *template* e no link <<https://shre.ink/aBfm>>.

Em relação ao exemplo, ele pode ser acessado ao clicar o botão "exemplo", na parte inferior à direita do *template*. Este exemplo foi criado com base no sistema *Less Water*, proposto por Oliveira e Schimiguel (2019), um sistema automatizado que deve ser usado para auxiliar no cultivo de hortaliças, permitindo gerenciar e monitorar a temperatura do ar, umidade do solo e do ar, como mostra a Figura 25.

Sobre o ponto (2) Especificar a obrigatoriedade dos campos, foi incluída uma nota no *template* do Mapa da Sensorina com a seguinte mensagem: "*As perguntas são respondidas conforme a necessidade do sistema". O objetivo dessa nota é deixar claro que os campos das técnicas não precisam ser preenchidos obrigatoriamente, permitindo

MIND IOT

Técnica de Elicitação

Os campos do Mind IoT são preenchidos conforme a necessidade de cada sistema IoT a ser desenvolvido. Aqui está um exemplo de uso da técnica.

- **Funcionalidades:** existem diferentes tipos de funcionalidades para um sistema IoT, as mais comuns respondem os seguintes questionamentos: (i) quais as principais tarefas o sistema deve executar? (ii) o sistema precisará executar alguma função de monitoramento? (iii) o sistema precisará executar alguma função de controle? (iv) o sistema precisará de alguma função de inicialização? (v) um ator precisa criar, armazenar, alterar, ler ou excluir dados no sistema? (vi) um ator precisa inserir informações no sistema? (vii) um ator precisa ser informado sobre determinadas ocorrências no sistema? Além disso, pode ser informado se há ciclos de tarefa ou se as tarefas devem ocorrer em um determinado espaço de tempo. Exemplos: a Alexa recebe comandos de voz para inicialização; lâmpadas inteligentes possuem sensores que monitoram presença que resultam ações para os atuadores; geladeiras inteligentes mostram status da quantidade de produtos.
- **Interações do sistema:** está relacionado aos atores que interagem com os sistemas para trocar informações com as coisas e a quantidade de vezes que isso acontece. Esses atores não são limitados a humanos, eles podem ser qualquer objeto no ambiente, por exemplo, entidades vivas (animais, plantas), objetos em movimento (carros, aviões, barcos), objetos imóveis (casas, fábricas), eletrônicos (eletrodomésticos, dispositivos móveis), itens pessoais (relógios, roupas, óculos) e até mesmo comestíveis (alimentos). É interessante ter uma breve descrição, que defina o ator e sua responsabilidade em relação ao sistema IoT.

MIND IOT

Existem alguns métodos de manutenção com uso de sensores, por exemplo, os sensores de temperatura conseguem detectar se o funcionamento do sistema está adequado, caso haja uma variação, mínima que seja, o sensor irá alertar para realizar manutenções. Outro exemplo são os sensores de vibração conectados às máquinas e analisam padrões de vibração dos equipamentos, assim enviam dados para algum tipo de interface avisando também sobre a necessidade de manutenção.

- **Interface Externa:** é uma interface de comunicação e varia de acordo com o tipo da aplicação. Em alguns casos, pode ocorrer a troca de informações de entrada-saída com usuários através de algum tipo de interface de usuário, exemplos disso são as telas LCD, celulares, relógios, teclas e botões, diodos emissores de luz (LEDs), Dashboard, Power BI, e outros dispositivos que possam mostrar ou coletar alguma informação dos usuários.
- **Consumo de Recursos:** são requisitos de descrevem as restrições dos dispositivos envolvidos no sistema. Exemplos disso são restrições de processador, disco e memória, bem como qual dispositivo externo que possa ser acessado.
- **Consumo de Energia:** grande parte dos sistemas IoT são alimentados por algum tipo de fonte limitada a energia. Então essas informações são requisitos que descrevem o gerenciamento e consumo de energia do sistema, por exemplo: baterias portáteis, energia elétrica, energia solar, etc.
- **Dispositivos físicos:** são as "coisas" que existem no reino físico capazes de conectar e interagir com outros objetos. Esses dispositivos são apropriados para manter comunicação, processamento que podem se comunicar e cooperar para alcançar um objetivo. Exemplo: sensores, atuadores, tags, botões, telefones celulares e todo hardware que podem substituir o computador, placa Arduino, placa protoboard.

Figura 24 – Artefato de apoio ao Mind IoT - Glossário



Figura 25 – Mind IoT (V2)

flexibilidade aos usuários na elicitação de requisitos. Cada sistema é único e pode exigir diferentes abordagens, e o *template* agora enfatiza essa adaptabilidade, encorajando os usuários a preencherem apenas os campos relevantes para o contexto específico de seu projeto.

Com relação ao ponto (3), dividir o mapa em áreas de conhecimento foi uma sugestão dos participantes do estudo de viabilidade. No entanto, [Nasr, McDermid e](#)

Bernat (2002) mencionam que no contexto de sistemas integrados a dispositivos físicos, como os sistemas IoT, é difícil separar hardware de software, pois estão fortemente acoplados e são altamente interativos, uma vez que possuem softwares que controlam diferentes componentes de hardware. Entretanto, considerando essa sugestão e com o intuito de manter uma visão única do sistema IoT a ser desenvolvido, o Mind IoT não foi dividido em três mapas, mas os campos foram categorizados por cores e em: software, hardware e processos de negócios.

Na **Categoria de Software**, os requisitos de software estão representados pela cor lilás. Essa categoria envolve os campos de funcionalidades, atores, conectividade, dados e integração com outros sistemas, visando descrever as principais funcionalidades do sistema IoT. Os termos utilizado na versão anterior da técnica, dificultavam o preenchimento, bem como: ação, stakeholders, software, domínio do sistema. Os dados que antes eram definidos no campo de “ação”, foram separados em outros campos, possibilitando a descrição dos tipos de dados e armazenamento. Além disso, os novos campos podem ajudar engenheiros de software a lembrarem de informações que poderiam passar despercebidas apenas com uma entrevista.

A **Categoria de Hardware** representada pela cor verde, possui seis campos. O campo de manutenção de hardware tem relação com o processo de melhorias e correções de um software ou hardware envolvido e para substituição de componentes ou limpezas dos mesmos. Podendo ser definidas como manutenções semanais, preventivas ou corretivas, entre outras. O campo de interface de comunicação se refere a uma interface (gráfica ou não) em que apresenta algum tipo de informação, por exemplo, dados que estão coletados em tempo real. No campo “consumo de recursos”, podem ser definidos requisitos dos mais variados componentes de hardware que interferem no desempenho do sistema. Os campos de “ambiente de execução” e “consumo de energia” podem ser considerados uma melhoria do campo de “domínio de sistema” na primeira versão da técnica, pois se acredita que esse termo e a não categorização dificultavam o preenchimento da técnica. Para o campo de “dispositivos físicos” devem ser definidos os dispositivos físicos que permitem comunicação com outros dispositivos.

A **Categoria de Processos de Negócios**, representada pela cor amarela, gerou

dúvidas entre os participantes, levando à adição de novos fatores. Esses fatores foram incluídos com base no trabalho de [Ju, Kim e Ahn \(2016\)](#), que destaca a importância do desenvolvimento de modelos de negócios para o sucesso do serviço de IoT e analisa diferentes aspectos dos modelos de negócios IoT. A segunda versão do Mind IoT sugere cinco perspectivas principais para a categoria de Processos de Negócios: (i) clientes (canal de comunicação com o cliente, segmento de clientes); (ii) perspectivas financeiras (estrutura de custos, incluindo a manutenção, pois dispositivos em rede podem aumentar os gastos com manutenção); (iii) propostas de valor (diferenciais competitivos do produto); (iv) fonte de renda (retorno financeiro); e (v) infraestrutura (parceiros-chave e recursos-chave).

5.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou o primeiro estudo experimental para avaliar as técnicas Mapa da Sensorina e o Mind IoT. Os resultados do estudo de viabilidade mostram que ambas as técnicas foram bem aceitas pelos participantes durante a elicitação de requisitos para sistemas IoT. No entanto, elas podem ser aprimoradas para tornar o processo mais intuitivo e adaptável às diferentes situações.

Os comentários dos participantes destacaram que o Mapa da Sensorina proporcionou uma visão abrangente que integra aspectos teóricos e empáticos do sensor. Já o Mind IoT permitiu uma melhor visualização do sistema a ser desenvolvido, integrando aspectos de hardware, software e ajudando na organização das informações. Entretanto, os participantes tiveram desafios relacionados aos termos técnicos, especialmente no Mind IoT. O que dificultou o preenchimento das técnicas, e alguns participantes mencionaram o fato de ter pouco conhecimento em IoT. Os participantes mencionaram também que a elaboração dos mapas demandaram pesquisas para obter informações sobre sensores e aspectos técnicos. Isso evidencia a importância de aprimorar o suporte à utilização das técnicas e fornecer informações detalhadas para facilitar o preenchimento dos campos. Para isso, as técnicas foram refinadas com base nas experiências e feedback dos próprios participantes, garantindo que as mudanças estejam alinhadas

com as necessidades e desafios enfrentados pelos usuários reais da técnica. Apesar do refinamento das técnicas, reconhece-se a necessidade de aprofundar ainda mais o entendimento dessas técnicas em novos estudos experimentais com diferentes cenários e com perfis de usuário.

6

ESTUDO DE OBSERVAÇÃO

Este Capítulo apresenta o planejamento e os resultados do estudo de observação conduzido para analisar a segunda versão do Mapa da Sensorina e do Mind IoT.

6.1 Contexto do Estudo de Observação

Uma vez que os resultados obtidos com o estudo de viabilidade, apresentado no Capítulo 5, foi possível seguir a quarta etapa da metodologia definida para este trabalho, o estudo de observação. Segundo [Shull, Carver e Travassos \(2001\)](#), estudos de observação são ferramentas úteis para obter um conhecimento detalhado sobre a aplicação de um novo processo. Por meio desses estudos, é possível examinar minuciosamente como o processo é implementado e compreender os diferentes aspectos envolvidos. As seções a seguir apresentam a definição, planejamento, e execução do estudo, bem como análise e interpretação dos dados.

6.2 Definição do Estudo de Observação

O objetivo deste estudo é caracterizar o uso combinado das técnicas e obter *insights* sobre a facilidade e utilidade das técnicas propostas durante o desenvolvimento de sistemas IoT. Para isso, definimos as seguintes questões de pesquisa:

- O uso combinado das técnicas é útil para os engenheiros(as) de software durante

a elicitação de requisitos?

- Os artefatos de apoio (glossário e exemplos) facilitaram o uso das técnicas durante a elicitação de requisitos?

A seguir serão apresentadas as etapas executadas no estudo de observação do Mapa da Sensorina e o Mind IoT.

6.3 Planejamento do Estudo de Observação

O estudo foi realizado em uma Universidade, com alunos de Ciências da Computação, que cursavam a disciplina de Introdução à Engenharia de Software. Um total de 16 alunos (diferentes do estudo de viabilidade), concordaram em participar do estudo e assinaram a um Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) e preencheram um formulário para caracterizar os participantes nas seguintes áreas: Desenvolvimento de Software (DSW), Engenharia de Requisitos (ER) com foco na atividade de elicitação e Internet das Coisas (IoT), como mostra na Tabela 7. O objetivo dessa caracterização foi avaliar o nível de conhecimento e experiência dos participantes, a fim de fornecer um treinamento adequado às suas necessidades. Como os participantes possuíam noções básicas sobre os tópicos, foi ministrado um treinamento, com duração aproximada de duas horas, sobre ER, DT, IoT e as técnicas propostas também foram apresentadas.

Além do TCLE e do formulário de caracterização, foram definidos os seguintes materiais: (i) relatório para documentar os requisitos; (ii) *template* das técnicas e seus artefatos de apoio (um exemplo preenchido de cada técnica e um glossário para o Mind IoT); (iii) slides para o treinamento; e o (iv) o formulário de feedback com perguntas fechadas que possuíam uma escala *Likert* (DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989), e perguntas abertas para obter percepções dos participantes sobre os indicadores de **utilidade** (para medir o grau que as pessoas acreditam serem, auxiliados/apoiados pelas técnicas durante a execução da atividade de elicitação de requisitos) e **facilidade de uso** (para medir o grau de crença de que o uso das técnicas exige pouco esforço), do Mapa da Sensorina e o Mind IoT.

Tabela 7 – Caracterização de Participantes do Estudo de Observação

Participantes	DSW	ER	IoT
P1	Médio	Baixo	Médio
P2	Baixo	Baixo	Médio
P3	Baixo	Baixo	Nenhum
P4	Baixo	Baixo	Baixo
P5	Baixo	Baixo	Baixo
P6	Baixo	Baixo	Baixo
P7	Alto	Baixo	Médio
P8	Alto	Baixo	Médio
P9	Baixo	Baixo	Baixo
P10	Baixo	Nenhum	Nenhum
P11	Baixo	Baixo	Médio
P12	Baixo	Médio	Médio
P13	Médio	Baixo	Nenhum
P14	Alto	Baixo	Alto
P15	Baixo	Baixo	Baixo
P16	Baixo	Baixo	Baixo

Legenda:
Nenhum: não possui conhecimento e experiência;
Baixo: noções básicas adquiridas em sala de aula, livros ou internet;
Médio: participação em projetos acadêmicos;
Alto: participação em projetos industriais;

Vale ressaltar que antes de disponibilizar os materiais para os participantes, foi realizado um estudo piloto para garantir sua qualidade dos mesmos. Todos esses materiais estão disponíveis no Apêndice C e em <<https://tiny-figolla-364ca3.netlify.app/>>.

Para este estudo, foram definidos dois indicadores: (i) utilidade das técnicas, para medir o grau que as pessoas acreditam sere, auxiliados/apoiados pelas técnicas durante a execução da atividade de elicitação de requisitos; e (ii) facilidade de uso das técnicas, para medir o grau de crença de que o uso das técnicas exige pouco esforço.

6.4 Execução do Estudo de Observação

O estudo foi conduzido em cinco etapas distintas. Na **primeira etapa**, os participantes receberam e assinaram o TCLE e o formulário de caracterização, fornecidos pelos pesquisadores. Na **segunda etapa**, os participantes participaram de um treinamento,

onde foram abordados tópicos relacionados a (i) ER, com ênfase nas definições e nas atividades iniciais do ciclo de desenvolvimento de software; (ii) DT, explorando suas definições e técnicas de apoio; e (iii) IoT, com foco em suas definições e aplicações. A **terceira etapa**, consistiu em disponibilizar os materiais para os participantes. Em seguida, na **quarta etapa**, os participantes realizaram uma entrevista coletiva com um cliente real, com duração aproximada de 20 minutos, seguindo o cenário definido para o estudo, sendo ele:

- O cenário proposto refere-se a uma pessoa que vende ovos caipiras e enfrenta desafios no transporte desses ovos de uma cidade para outra. Alguns desses desafios incluem buracos nas estradas, calor, a velocidade que o caminhão realiza o transporte e paradas inesperadas no trajeto, o que resulta na quebra dos ovos, e conseqüentemente a adição de custos e perda de mercadoria. Para resolver esse problema, propõe-se o uso de um caminhão inteligente conectado à internet, equipado com sensores de temperatura e geolocalização. Esses sensores devem permitir o monitoramento dos produtos em tempo real e verificar se o transportador está seguindo a rota correta, mantendo a velocidade adequada e evitando paradas não programadas. Os sensores de temperatura seriam utilizados para garantir que os ovos sejam mantidos em condições ideais durante todo o percurso, evitando variações que poderiam comprometer sua qualidade. Com a adoção dessa solução, a pessoa que vende os ovos caipiras teria maior controle sobre o transporte, reduzindo os riscos de quebra e minimizando os custos e perdas. Além disso, os clientes poderiam ter mais confiança na qualidade dos ovos, uma vez que estariam sendo transportados sob condições adequadas.

Durante essa etapa, os participantes tiveram a oportunidade de aplicar as técnicas aprendidas e obter informações relevantes dos clientes para realizar a elicitação de requisitos da solução IoT a ser desenvolvida. Após a elicitação de requisitos e o preenchimento das técnicas, na **quinta etapa**, os participantes receberam um formulário para avaliar a utilidade e facilidade de uso das técnicas propostas.

6.5 Análise e Interpretação dos Dados do Estudo de Observação

Nesta subseção, são apresentados os resultados quantitativos e qualitativos sobre as percepções dos participantes em relação à utilidade e facilidade de uso do Mapa da Sensorina e do Mind IoT. Para a análise, foram consideradas as respostas às questões fechadas, assim como as justificativas e sugestões de melhorias fornecidas nas questões abertas. Os tópicos analisados incluíram o uso combinado das técnicas, a utilidade dos artefatos de apoio das técnicas, bem como as expectativas dos participantes com relação ao uso futuro das técnicas.

6.5.1 Análise da Percepção dos Participantes Sobre a Utilidade do Mapa da Sensorina e do Mind IoT

Essa análise é importante para compreender o valor percebido pelos participantes e para a identificação de possíveis pontos fortes em relação à utilização das técnicas durante o processo de elicitação de requisitos IoT. Para isso, os participantes foram solicitados a fornecer *feedbacks* sobre o uso do Mapa da Sensorina e do Mind IoT por meio de formulários de *feedbacks* individuais. As questões fechadas possuíam respostas com escala *Likert* (DAVIS; BAGOZZI; WARSHAW, 1989), e dividida em cinco escalas, sendo elas: totalmente útil (5), útil (4), neutra (3), inútil (2) e totalmente inútil (1). Além disso, os participantes responderam as seguintes perguntas abertas:

P1: "Como você avalia a utilidade do Mapa da Sensorina?" **P2:** "Como você avalia a utilidade do Mind IoT?" **P3:** "Como você avalia a utilidade do uso conjunto das duas técnicas?"

A Figura 26 apresenta os resultados obtidos quanto a utilidade das técnicas. Para obter uma compreensão mais aprofundada das razões por trás desse resultado, foram analisadas as respostas das questões abertas.

O gráfico mostra que 13 participantes (81,3%) avaliaram a **utilidade do Mapa da Sensorina**, oito concordaram ser útil e cinco, totalmente útil, enquanto os outros três participantes (18,7%) não expressaram uma opinião definitiva e se mantiveram neutros

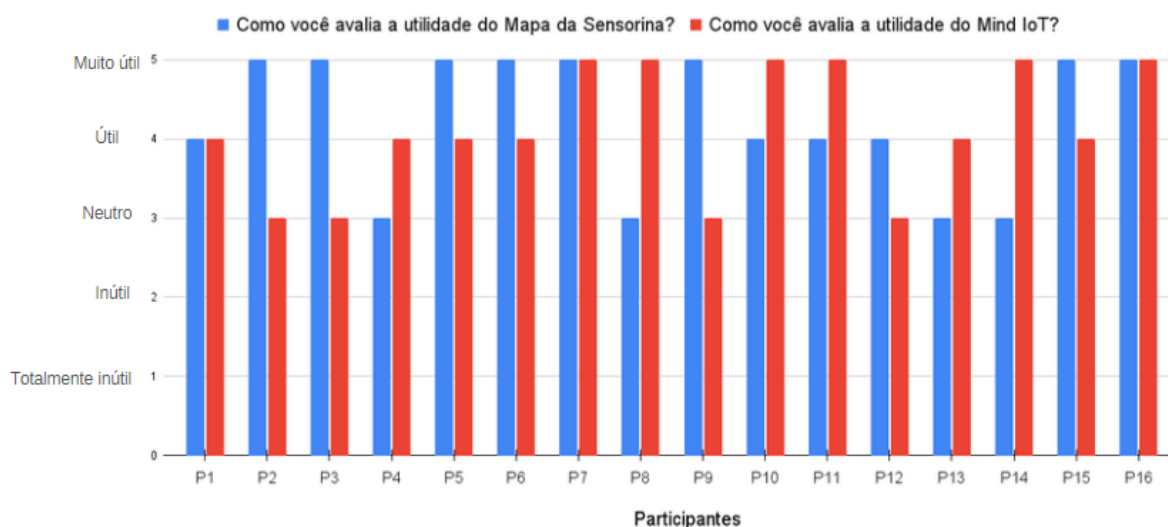


Figura 26 – Grau de aceitação dos participantes com relação à utilidade das técnicas

em relação à utilidade das técnicas. Além disso, o uso do Mapa da Sensorina ajudou a verificar o funcionamento dos sensores e coletar dados sobre o uso dos sensores, conforme mencionado por alguns participantes: P1 - *"Achei bem útil porque me fez pensar bem especificamente no funcionamento do sensor, o que acabou me fazendo ter mais ideias para o sistema geral (...)";* P2 - *"Permite a coleta de dados extremamente específicos acerca do funcionamento dos sensores individualmente (...) os requisitos não funcionais se destacam uma vez que surgem a partir das necessidades dos sensores"*. Isso indica que o Mapa da Sensorina é eficaz e identifica informações detalhadas e específicas sobre os sensores, incluindo os requisitos não funcionais. Além disso, os participantes mencionam que o mapa permite uma perspectiva empática, ajudando os usuários a entenderem melhor as necessidades e funcionamento do sensor, como mostram os seguintes comentários: *Me fez pensar como se eu fosse o sensor e o que eu precisaria para trabalhar sendo ele, assim facilitando a forma de pensar* (P15) e *"Ajuda a realmente verificar se o sensor que pensamos ser o ideal"* (P8). Por outro lado, o participante P4 expressa uma opinião contrária em relação à utilidade do campo "O que ouve?" como menciona em: *"Dedicar uma parte inteira do Mapa da Sensorina para "o que ouve" não foi útil, já que não usei nenhum sensor que ouve"*. Esse comentário destaca a importância de deixar claro no *template* que os campos devem ser preenchidos conforme o tipo de sensor em questão.

Outros participantes questionaram a importância dos campos de vantagens e

desvantagens do Mapa da Sensorina. As seguintes citações foram destacadas: P1 - *"Não entendi o porquê a parte de vantagens e desvantagens é importante"* e P13 - *"No geral também ajudou bastante, mas achei que a seção de vantagens e desvantagens não foram muito relevantes"*. Isso pode ser uma oportunidade para melhorar a explicação do campo de vantagens e desvantagens, e considerar o feedback dos usuários para aprimorar o *template* e torná-lo mais útil e compreensível para seus usuários.

No que diz respeito à **utilidade do Mind IoT**, 12 participantes (75%) consideraram a elicitação de requisitos IoT com essas técnicas como útil (6 participantes) ou totalmente útil (6 participantes). Enquanto outros quatro participantes (25%) permaneceram neutros em relação à sua utilidade. Isso mostra que os participantes tiveram uma boa aceitação do mapa com relação a sua utilidade.

A categorização do mapa em hardware, software e processos de negócios apresentou uma perspectiva positiva sobre o uso do mapa, pois auxilia na organização e visualização de ideias relacionadas ao sistema, como exposto pelos participantes: *"Me fez pensar no sistema todo, porque ele aborda todas as partes do software separadas (...) as partes mais necessárias são de "Funcionalidades", "Dados", "Dispositivos físicos" e "Consumo de energia (P1), "Gostei das categorias e como elas são separadas. Dá uma visão geral interessante do sistema" (P4), "É mais fácil termos uma visão geral do sistema" (P8), e "Ajuda a pôr as ideias gerais do sistema no lugar, as listando de uma forma bem intuitiva e facilitando a visualização de como tudo funciona" (P16)*. Esses comentários destacam como a categorização dos campos facilita a compreensão e proporcionar uma visão geral do funcionamento do sistema IoT.

Os participantes destacaram também importância da categoria de processos de negócios durante a elicitação de requisitos. Enquanto o participante P1 reflete uma falta de compreensão sobre a importância desses campos, o participante P11 demonstra uma visão mais aberta para explorar e aprofundar os aspectos relacionados aos negócios para melhorar a estratégia de desenvolvimento de software, como destacam os seguintes comentários: P1 - *"Em questão de levantamento de requisitos, não entendi porque a parte de negócios é importante"* e P11 - *"Creio que a parte de processos de negócios pode ser pensado a parte e talvez de modo mais detalhado até, possibilitando melhores estratégias"*.

Quanto à percepção sobre a **utilidade do glossário** como ferramenta de apoio, a Figura 27 mostra que nove (56,6%) participantes responderam que, se não tivessem usado o glossário, teriam dificuldade para preencher o *template*. Outros quatro (25%) participantes afirmaram que, sem o glossário, não conseguiriam preencher o Mind IoT. Por outro lado, três (18,4%) participantes conseguiriam preencher o *template* sem o glossário, mas nenhum participante afirmou que o glossário mais atrapalhou do que ajudou.

Sobre a utilidade do glossário como artefato de apoio

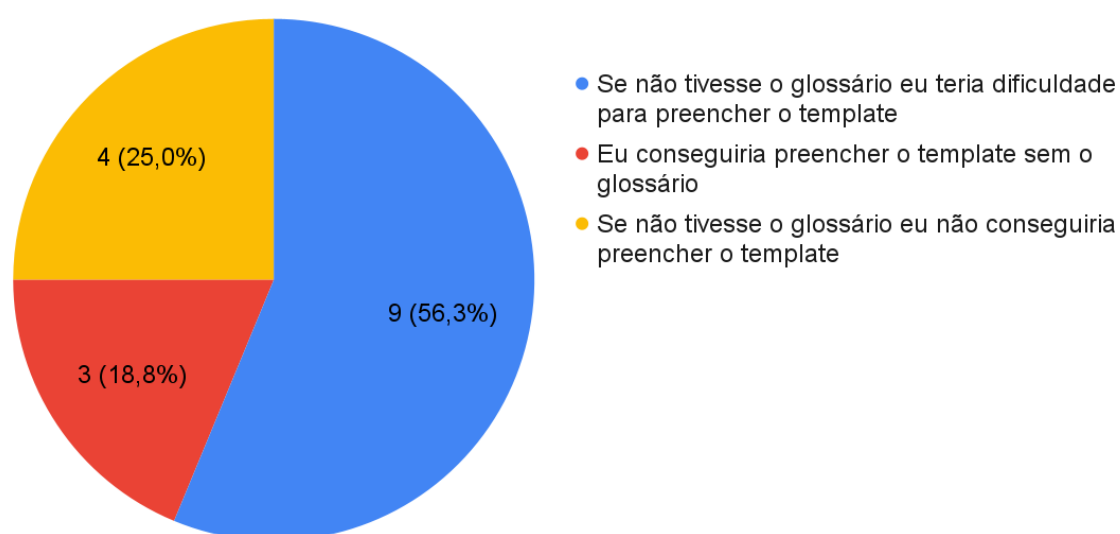


Figura 27 – Grau de aceitação do glossário como artefato de apoio para o Mind IoT

Alguns participantes afirmaram que o glossário é útil, pois auxiliou no preenchimento correto dos campos do Mind IoT, conforme indicado pelos comentários a seguir: *"Vários termos no Mind IoT que não foram claros por si só, então o glossário me auxiliou bastante (...) foi bem esclarecedor na parte do hardware"* (P1), *"Sem o glossário e os exemplos, certamente não teria conseguido preencher o Mind IoT"* (P5); *"Alguns termos do glossário me deixaram confuso de primeira"* (P7), *"O glossário foi essencial para eu conseguir preenchê-lo"* (P8); *"Precisa ser lido para preencher de maneira correta"* (P9); *"Me perdi quando vi o Mind IoT pela primeira vez, mas quando olhei o glossário e percebi as cores, ficou mais fácil de associar"* (P11), *"O glossário ajuda a entender perfeitamente o que deve ser preenchido"* (P14), *"Praticamente todos os campos da área de processo de negócios também me fizeram consultar*

o glossário" (P15), e "Foi muito útil para tirar dúvidas" (P16). Dessa forma, observou-se que os participantes tiveram uma boa aceitação do glossário como uma ferramenta de apoio ao uso do Mind IoT durante a eliciação de requisitos, provando que o glossário é útil em seu propósito.

No entanto, alguns participantes tiveram dificuldades em compreender alguns termos, mesmo com a descrição no glossário, sendo eles: infraestrutura, interface externa, dispositivos físicos, fonte de renda, consumo de recursos, clientes e perspectivas financeiras, como exposto em: "Mesmo com o glossário e os exemplos, tiveram algumas partes que respondi sem ter certeza. É o caso de "Infraestrutura", "Fonte de renda" e "Perspectivas financeiras". Mas foi bem esclarecedor na parte do hardware" (P1), "Alguns termos do glossário me deixaram confuso de primeira, como, infraestrutura e interface externa" (P7), "Mesmo com o exemplo e com glossário eu ainda fiquei um pouco confusa em relação a alguns campos" (P13), "O campo consumo de recursos e dispositivos físicos a princípio parecem muito similares" (P15).

Foram analisadas também as percepções dos participantes sobre a **utilidade dos exemplos** disponibilizados para usar as técnicas, conforme mostra a Figura 28.

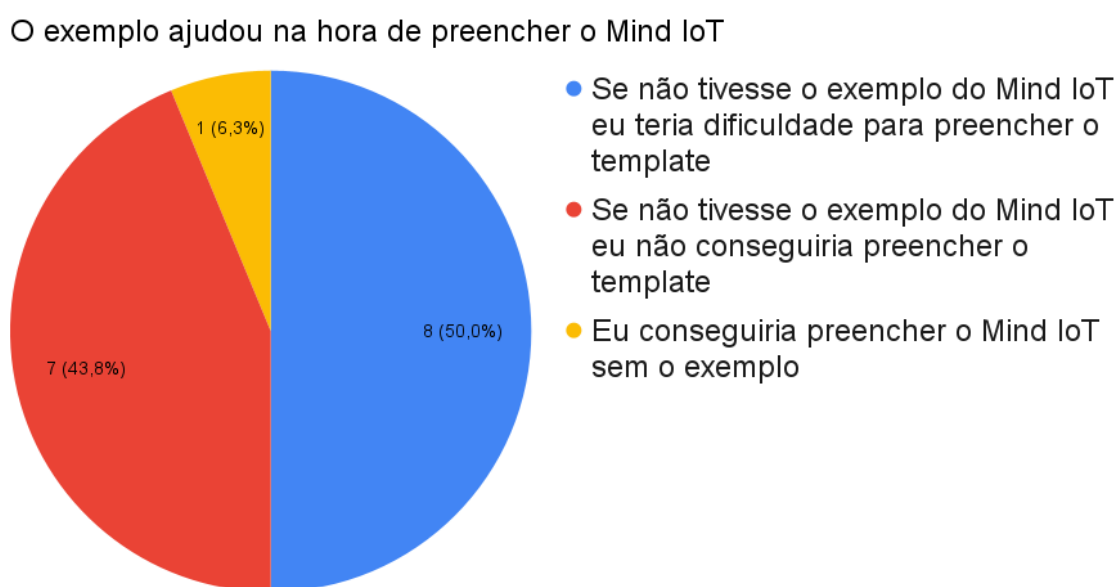


Figura 28 – Grau de aceitação do exemplo para apoiar o uso Mind IoT

Foi possível observar que os comentários apresentam uma perspectiva positiva sobre o uso dos exemplos como artefatos de apoio, tanto do sensor de temperatura

quanto do Mind IoT. Os artefatos auxiliaram os participantes a compreender e aplicar as técnicas, pois forneceram orientações práticas, permitindo uma melhor compreensão dos campos a serem preenchidos, como destacados em:

"O exemplo do sensor de temperatura me ajudou a entender e a aplicar a técnica com sensores diferentes" (P1);

"O exemplo do Mind IoT pode ajudar a pessoas que estão realizando seu primeiro contato com a técnica" (P2);

"Tive uma visão melhor sobre o que colocar em cada campo do Mind IoT e do Mapa de Sensorina" (P3);

"Os exemplos me ajudaram a ter uma ideia do que preencher em cada campo" (P4);

"Com os exemplos eu pude ver com mais clareza o que cada campo estava se referindo, digo o mesmo sobre o glossário do Mind IoT" (P5);

"Achei necessário o exemplo do Mind IoT, pois possuía muitos campos que com o exemplo e glossário ficaram mais entendíveis" (P10);

"Os exemplos ajudaram a entender o que cada um dos campos pedia. Se não fossem os exemplos, alguns dos meus campos ficariam repetidos" (P12);

"Os exemplos do Mapa de Sensorina e do Mind IoT facilitaram o entendimento" (P13).

Dessa forma, os exemplos não apenas ajudam na compreensão, mas também servem como guias práticos, ajudando a identificar requisitos durante o uso das técnicas. Isso é importante para garantir a precisão e a qualidade das informações.

Em relação ao **uso combinado das técnicas**, a Figura 29 mostra que sete (43,8%) participantes consideraram essa abordagem útil. Outros sete (43,8%) acharam o Mapa da Sensorina mais útil que o Mind IoT. No entanto, houve apenas um (6,3%) participante que contrariou ao considerar o Mind IoT mais útil. Outro participante afirmou que não conseguiria obter os mesmos resultados usando outras técnicas.

Foram destacadas também algumas citações relacionadas ao uso combinado das técnicas. Notou-se a partir desses comentários, que os participantes consideram as técnicas úteis e que elas se complementam, pois o Mapa da Sensorina ajuda a identificar requisitos sobre interações dos sistemas com os sensores e o Mind IoT possibilita uma visão geral do sistema IoT. Esses resultados apresentam evidências positivas sobre a

Sobre o uso combinado das técnicas

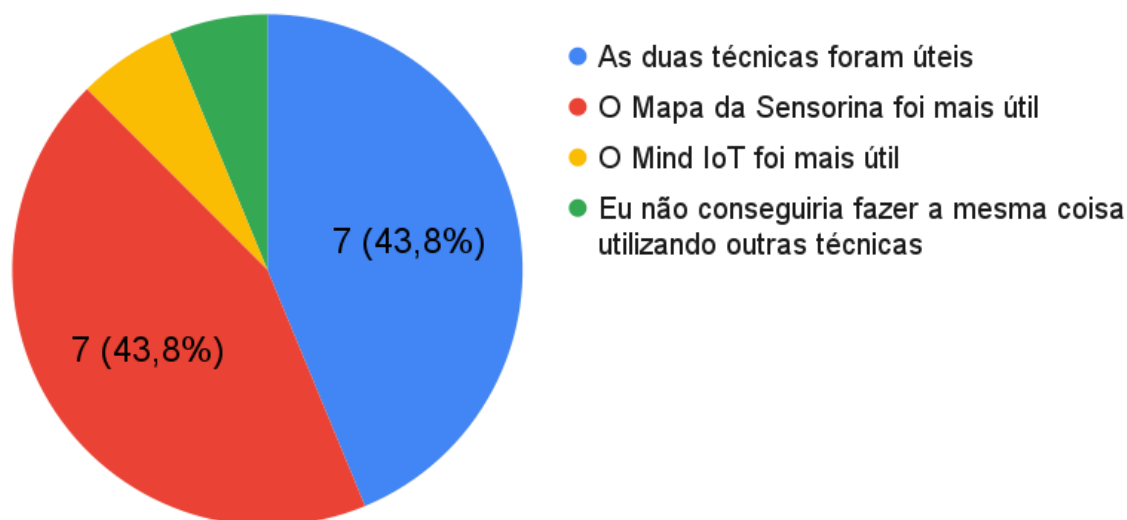


Figura 29 – Percepção dos Participantes sobre o Uso Combinado de Técnicas

utilidade do Mapa da Sensorina e do Mind IoT durante a elicitação de requisitos, bem como o uso dos artefatos de apoio (exemplos e glossário), como exposto nos seguintes comentários: "Acredito que ambas se complementam bem juntos, nos levam a pensar em coisas a mais" (P1), "Eu considerei as duas técnicas muito úteis. Senti que com o Mapa da Sensorina eu pude ter uma visão mais detalhada dos requisitos dos sensores, enquanto através do Mind IoT eu pude ter uma visão mais geral (por cima) dos requisitos do sistema como um todo" (P5), "O Mapa Sensorina me deu vislumbres melhores sobre como resolver o problema e possíveis soluções. O Mind IoT me fez gerar pontos para conseguir completá-lo. Essa diferença entre as minhas experiências me fez optar por escolher o Mapa de Sensorina como mais útil" (P6), "Acho que com o Mind IoT é mais fácil termos uma visão geral do sistema além da parte tecnológica. Por outro lado, o Mapa da Sensorina nos ajuda a realmente verificar se o sensor que pensamos ser o ideal realmente o é" (P8), "Para o cenário abordado, o mapa da Sensorina foi mais útil para encontrar os requisitos. Entretanto, o Mind IoT foi útil para organizar o sistema como um todo" (P9), "O Mapa de Sensorina me deu uma visão do papel dos sensores no projeto de IoT, mas o Mind IoT pode me esclarecer de modo geral como o projeto irá funcionar abordando partes que não foi possível perceber no Mapa de Sensorina (...) combinar os dois foi uma boa experiência" (P11).

6.5.2 Análise da Percepção dos Participantes Sobre a Facilidade de Uso do Mapa da Sensorina e do Mind IoT

Essa análise da facilidade de uso das técnicas se refere à medida que os participantes percebem o quão fácil é utilizar o Mapa da Sensorina e o Mind IoT durante a atividade de elicitação de requisitos. Durante o estudo, os participantes foram questionados individualmente sobre a facilidade de uso das técnicas, tanto por meio de perguntas fechadas quanto abertas.

As perguntas fechadas utilizaram uma escala *Likert* que variavam de muito fácil (5), fácil (4), neutro (3), difícil (2) e muito difícil (1), para expressar sua percepção. Essas respostas permitem obter uma visão geral sobre como os participantes avaliaram a facilidade de uso das técnicas.

Na Figura 30, pode-se observar que 11 (68,8%) participantes consideraram o Mapa da Sensorina como uma técnica muito fácil de usar, enquanto 5 (31,2%) participantes consideraram fácil. Isso mostra uma boa aceitação da técnica em relação à facilidade de uso. As percepções sobre o Mind IoT foram diversas entre os participantes. Alguns consideraram a técnica fácil, enquanto outros tiveram uma percepção negativa ou permaneceram neutros. Observa-se uma percepção negativa por parte de um participante (6,3%), outros sete participantes (43,7%) não tinham opinião formada ou ficaram neutros em relação a isso, sete (43,7%) consideraram a técnica "fácil" e um (6,3%) a considerou "muito fácil". Para identificar as possíveis causas, os participantes precisaram responder as seguintes questões abertas:

- P1: *Como você avalia a facilidade de uso do Mapa da Sensorina?*
- P2: *Como você avalia a facilidade de uso do Mind IoT?*
- P3: *Como você avalia a facilidade do uso conjunto das duas técnicas?*

As evidências sobre a facilidade do uso combinado das técnicas mostram que quatro (25%) participantes consideraram o uso combinado "muito fácil", enquanto outros oito (50%) o consideraram "fácil". Três participantes (18,8%) ficaram neutros em relação a essa questão, e um participante (6,2%) afirmou que foi "difícil", conforme mostra a Figura 31.

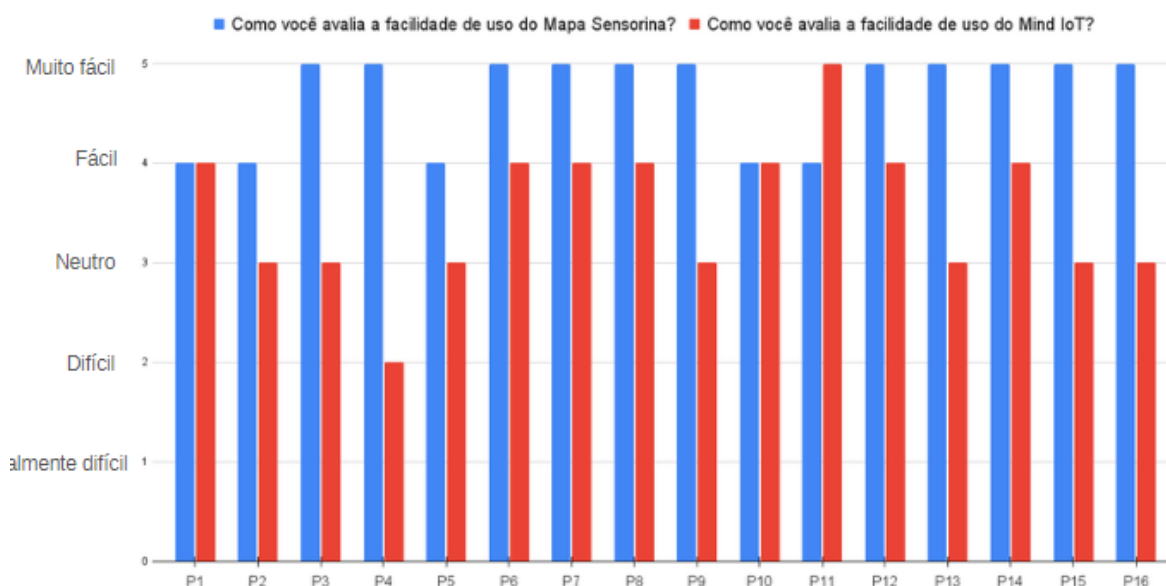


Figura 30 – Grau de aceitação dos participantes com relação à facilidade das técnicas

Sobre a facilidade do uso combinado das técnicas

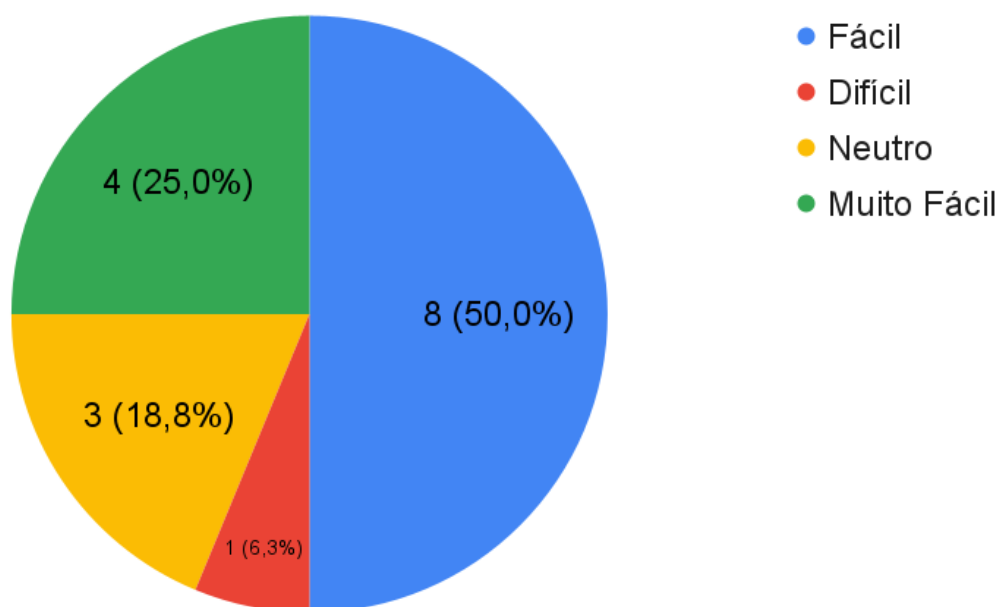


Figura 31 – Percepção dos participantes sobre a facilidade do uso combinado das técnicas

Além disso, o formulário de feedback possuía uma questão sobre a facilidade em compreender os termos presentes nas técnicas, e os resultados mostraram que

12 (75%) participantes afirmaram que os campos do Mapa da Sensorina foram mais fáceis de compreender em comparação ao Mind IoT. Apenas um participante P11 (6,3%) contrariou essa informação, afirmando que os campos do Mind IoT foram mais fáceis de compreender do que os do Mapa da Sensorina. Outro participante (6,3%) teve dificuldade em compreender os campos do Mind IoT. isso pode ser observado no seguinte comentário: *"O Mind IoT por ter muitos campos, e muitos dos quais eu não sabia explicar, me deixou confuso, me levando a dar algumas respostas vagas"* (P4).

Outros dois (12,4%) participantes, P1 e P3, sentiram dificuldade em preencher ambas as técnicas. O P1 justificou da seguinte forma: *"Sobre o Mind IoT (...) pensei que alguns pontos ficariam grandes demais para ficar num balão e tive receio que se eu não organizasse direito, ficaria difícil de entender"*. Ele relatou que escreveu em outra folha, o que acabou demandando mais tempo. O mesmo aconteceu quando estava usando o Mapa da Sensorina. Já o participante P3 relatou: *"O que mais achei difícil foi encaixar conceitos específicos no Mind IoT"*. Esses comentários ressaltam a importância de considerar as limitações de espaço para organizar as informações, neste sentido, a técnica deve oferecer uma estrutura flexível e adaptável para detalhar as informações.

"Por serem duas técnicas boas, dificilmente a junção delas seria ruim" (P6);

"O Mind IoT precisa de um olhar mais minucioso aos detalhes, o que leva estudar mais o problema para estruturar uma solução melhor" (P7);

"No Mapa da Sensorina eu senti que fiquei me repetindo muito como quando pergunta o que vê e mostra e o que fala/faz (...). O Mind IoT achei muito completo, mas quando fui fazer ficou bem bagunçado" (P10);

"No Mind IoT fiquei perdida em algumas partes, mas na maioria dos campos consegui preencher e entender normalmente. Já o Mapa da Sensorina, foi o mais fácil de preencher, creio que por focar em um só sensor, isso limita as respostas e deixa mais focado o pensamento do que é preciso" (P13);

"Achei o Mind IoT mais técnico e um pouco mais complexo de entender. Ainda assim, ambas as técnicas funcionam muito bem" (P14);

"O Mapa da Sensorina foi mais intuitivo, pois é mais fácil pensar nos sensores como se fossem "pessoas", um sensor por vez, e as perguntas ajudam a direcionar a geração de ideias" (P15);

"O Mapa da Sensorina foi mais intuitivo de entender o funcionamento (...) era só responder às perguntas que estavam no template. Quanto ao Mind IoT, tinham alguns campos como infraestrutura e clientes que geraram alguma confusão" (P16).

O participante P2 observou que o Mind IoT pode se tornar mais complexo quando não se tem conhecimento prévio sobre IoT, conforme mencionado neste comentário: *"O Mind IoT pode ser difícil para aqueles que não possuem contato prévio com a área de IoT"*. Além disso, outro participante expressou uma opinião semelhante, mencionando que o Mind IoT abrangeu áreas nas quais ele não tinha conhecimento imediato de como preencher, mas ressaltou que, consultando o glossário e o exemplo, conseguiu preencher o template: *"Precisei consultar continuamente o glossário e o exemplo para preenchê-lo, mas achei-o mais completo" (P10).*

Outros comentários dos participantes destacaram que o número de campos presentes no Mind IoT e sua especificidade dificultaram o preenchimento da técnica, levando-os a preencher os campos de forma mais genérica, conforme exposto nos seguintes comentários:

"O Mapa da Sensorina (...) foi mais simples de aplicar. O Mind IoT por ter muitos campos (...) me deixou confuso, me levando a dar algumas respostas vagas" (P4);

"No Mapa Sensorina, além de ter menos campos, os campos são descritos de uma forma mais "natural". Enquanto no Mind IoT, existem termos mais técnicos e detalhes que não soube como preencher" (P5);

"O Mapa da Sensorina é bem direto, mas o Mind IoT tem algumas categorias que podem ser um pouco mais confuso, devido à quantidade de itens que especifica" (P8);

"Os campos do Mapa da Sensorina são mais objetivos, enquanto o Mind IoT apresentam campos muito específicos que só podem ser preenchidos com conhecimento aprofundado da técnica" (P9);

"O fato de o mapa de IoT ter muitos campos para serem preenchidos dificultou um pouco o entendimento do que deveria ser feito e como de veria ser feito" (P13);

Por outro lado, o participante P1, embora tenha relatado dificuldades ao preencher as duas técnicas, destacou que os campos específicos do Mind IoT foram úteis

nesse processo: *"Algo que facilitou bastante para mim o uso do Mind IoT foi o fato dos campos serem bem específicos"* (P1).

6.6 Discussão dos Resultados do Estudo de Observação

Quanto à percepção geral do Mapa da Sensorina e do Mind IoT, observou-se que, a maioria dos participantes teve uma boa aceitação em relação ao uso individual e o combinado das técnicas. No entanto, as respostas relacionadas à facilidade de uso mostraram evidências mais positivas em relação ao Mapa da Sensorina, provavelmente devido à sua menor quantidade de campos específicos. Entretanto, é importante ressaltar que a quantidade de campos do Mind IoT é necessária, pois permite que os participantes identifiquem informações que não seriam obtidas apenas durante entrevistas.

Em relação ao Mapa da Sensorina, as dificuldades observadas pelos participantes estavam relacionadas aos termos que pareciam fornecer informações repetidas, como nos campos "O que Processa e Decide?" e "O que Fala e Faz?". No entanto, os participantes consideraram o Mapa da Sensorina mais intuitivo e com uma linguagem mais natural. Em relação ao Mind IoT, os participantes o consideraram útil, mas apontaram a necessidade de melhorias em termos de facilidade de uso. Alguns participantes que enfrentaram dificuldades também sugeriram algumas melhorias, como mencionado por P1: *"Eu pensei que alguns pontos ficariam grandes demais para ficar num balão e tive receio que se eu não organizasse direito (...) seria melhor para ser preenchido no computador (...). No Mapa da Sensorina tive um ponto de dificuldade similar ao Mind IoT, achei o formato difícil de se organizar no papel"*. O P7 mencionou: *"Dar mais exemplos de certos campos do Mind IoT para facilitar o entendimento"*. E o P12 sugeriu: *"Utilizar mais exemplos quando for apresentar a técnica para pessoas que nunca usaram"*.

Com base nessas informações, os resultados indicam evidências de utilidade e facilidade de uso da segunda versão das técnicas. A boa aceitação do Mapa da Sensorina pelos participantes sugere que essa técnica também é adequada para ser utilizada por engenheiros de software, sendo recomendada para profissionais acadêmicos e da indústria interessados em desenvolver sistemas IoT.

No que diz respeito aos pontos que dificultaram o uso do Mind IoT, verifica-se a necessidade de melhorias para atender às necessidades dos engenheiros de software durante a atividade de elicitação de requisitos. Com base nas dificuldades apontadas, algumas melhorias foram implementadas no glossário, conforme mostra a Tabela 8, visando aprimorar sua facilidade de uso.

Essas melhorias implementadas no glossário do Mind IoT visam aprimorar a facilidade de uso da técnica, considerando as dificuldades mencionadas pelos participantes. Acrescentar exemplos e a apresentação mais clara dos campos devem ajudar os usuários a entender melhor e utilizar a técnica de forma mais eficiente. As atuais versões estão disponíveis no Apêndice D e na página desta dissertação (<<https://tiny-figolla-364ca3.netlify.app/>>).

Outro ponto de discussão é sobre o uso futuro das técnicas. Como mostra a Figura 32, as respostas indicaram que onze participantes (68,8%) utilizariam ambas as técnicas novamente, enquanto três participantes (18,8%) optariam apenas pelo Mapa da Sensorina e dois participantes (12,5%) escolheriam utilizar novamente apenas o Mind IoT.

6.6.1 Ameaças à Validade do Estudo de Observação

O estudo apresenta ameaças que poderiam afetar a validade dos resultados, sendo mitigadas quando possível. Elas foram divididas em quatro categorias seguindo a abordagem de Wohlin et al. (2012). As principais ameaças foram:

- **Validade Interna:** (1) Efeito do treinamento, (2) Especificação do material experimental; (3) Interação entre os participantes. Em relação ao efeito do treinamento, os participantes receberam um único treinamento, incluindo exemplos das duas técnicas. Para mitigar a ameaça a especificação do material experimental, realizamos um estudo piloto para observar a compreensão dos materiais utilizados em cada estudo. Quanto a interação entre os participantes, isso poderia influenciar suas respostas e comportamentos, levando a um viés nos resultados. Para mitigar essa ameaça, os pesquisadores asseguraram aos participantes que suas respostas

Tabela 8 – Melhorias realizadas no glossário

Termos	Versão 2
Infraestrutura	São os custos necessários para o funcionamento e suporte do sistema. Ela engloba tanto os elementos físicos quanto os elementos virtuais que permitem a conexão, comunicação, processamento e armazenamento de dados dos dispositivos IoT. Por exemplo: dispositivos IoT, armazenamento de dados, computação em nuvem, segurança e integração com sistemas.
Fonte de Renda	Refere-se à forma como o sistema gera receita ou lucro para a organização que o desenvolve e opera. Em outras palavras, é a maneira pela qual o sistema é monetizado. Existem diferentes modelos de negócio que podem ser aplicados a sistemas IoT para obter receita. Alguns exemplos comuns incluem: venda de dispositivos físicos, assinaturas e licenciamento, modelos freemium e serviços adicionais que agregam valor.
Perspectivas Financeiras	é importante para compreender o impacto financeiro e os aspectos relacionados aos recursos financeiros envolvidos no desenvolvimento, operação e manutenção desse sistema IoT. Deve abordar diferentes aspectos financeiros como investimento inicial, custo operacional, como, por exemplo: equipe de desenvolvimento, especialistas, fornecedores, custos fixos (água, luz, energia, internet, aluguel).
Interface Externa	A interface externa pode ser relacionada a interação com usuários, onde ocorre a troca de dados ao apresentar uma interface, como telas LCD, celulares, relógios, teclas e botões, diodos emissores de luz (LEDs), Dashboard, Power BI, e outros. Outro tipo de interface externa é através de outros sistemas integrados, e inclui o uso de APIs e outras interfaces necessárias, por exemplo, o Apple Watch, um aplicativo utilizado para controlar smartwatch.
Dispositivos Físicos	Os dispositivos físicos do IoT são equipados com sensores, atuadores e circuitos eletrônicos que permitem a coleta de informações do mundo real, como temperatura, umidade, luz, movimento, localização, entre outros. Esses dados são então processados e transmitidos para a nuvem ou para outros dispositivos, onde podem ser armazenados, analisados e utilizados para tomar decisões ou executar ações. Exemplo: câmeras, smartphones, câmeras de segurança, fechaduras inteligentes, entre outros.
Clientes	Os clientes são as entidades externas à organização, que interagem com o processo e são beneficiadas pelos produtos ou serviços. Eles devem ser identificados para compreender características, requisitos, preferências e prioridades. Nesse campo, os clientes podem ser classificados, por exemplos, por idade, classe social e informações que sejam relevantes e úteis para os clientes envolvidos.

Você usaria as técnicas novamente?

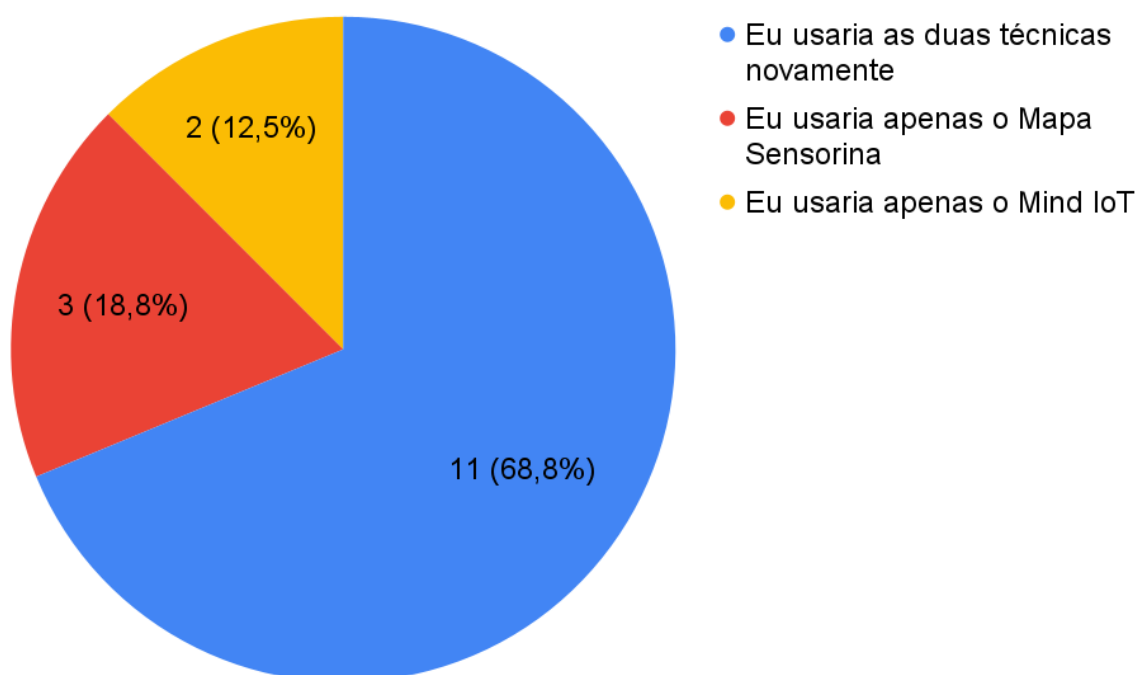


Figura 32 – Percepção dos participantes sobre o uso futuro das técnicas

seriam tratadas de forma confidencial. Além de ter um observador no ambiente experimental, para não permitir o compartilhamento do material experimental durante o experimento.

- **Validade Externa:** Outra ameaça à validade externa é a (1) Representatividade do cenário utilizado. Embora os resultados não possam ser aplicados diretamente aos profissionais da indústria, Shull *et al.* (SHULL; CARVER; TRAVASSOS, 2001) afirmam que os ambientes acadêmicos são adequados para este tipo de estudo. Ao realizar esses estudos na academia, permite-se que novos conceitos sejam testados antes de sua transferência para indústria.
- **Validade Conclusão:** Neste estudo, foi considerada a seguinte questão como ameaça à validade de conclusão: (1) Tamanho da amostra. O pequeno número de participantes pode não ser o ideal do ponto de vista estatístico. Devido a este fato, há uma limitação nos resultados, o que não permite generalizar o resultado, pois os resultados são indícios de viabilidade.

- **Validade Constructo:** foi identificada a seguinte ameaça: (1) Os sujeitos do estudo se comportam de maneira diferente ao serem observados. Para mitigar essa ameaça, os participantes dos estudos foram informados que seu desempenho durante a atividade de elicitación de requisitos IoT não seriam avaliados, apenas a participação destes seria considerada.

6.7 Conclusões do Capítulo

Este capítulo apresentou o estudo de observação realizado para analisar a aplicação das técnicas Mapa da Sensorina e Mind IoT, e assim avaliar o refinamento das técnicas. A única melhoria foi aplicada no glossário do Mind IoT, pois foram identificadas dificuldades relacionadas ao número de campos do mapa, no entanto, essa quantidade é necessária, pois correspondem as especificidades dos sistemas IoT. Ainda neste contexto, foram identificados poucas dificuldades sobre o uso do Mapa da Sensorina, apenas a sugestão de preencher no computador, podendo ser investigadas em futuras mudanças das técnicas. Entretanto, observa-se que esta pode ser sugerida para profissionais da academia e indústria, que tenham interesse em desenvolver sistemas IoT.

7

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Este capítulo apresenta as considerações finais deste trabalho de mestrado. Além disso, são discutidas as limitações, ameaças à validade, perspectivas de trabalhos futuros e contribuições.

7.1 Considerações Finais

O objetivo desta pesquisa foi apoiar engenheiros(as) de requisitos durante a atividade de elicitação de requisitos para sistemas IoT. Com esse propósito, foram desenvolvidas duas técnicas: o Mapa da Sensorina e o Mind IoT. O Mapa da Sensorina visa mapear os sensores, suas interações e funcionalidade para o sistema IoT a ser desenvolvido. Já o Mind IoT busca representar de forma visual os diversos aspectos relacionados a um sistema IoT. Ambas as técnicas foram definidas e fundamentadas com base nos conceitos de DT, na ER para IoT e no trabalho de [Motta, Oliveira e Travassos \(2023\)](#), que apresenta facetas que influenciam o desenvolvimento dos sistemas IoT. A seguir são apresentados os resultados relacionados aos objetivos específicos, descritos no Capítulo 1:

- **Identificação de tendências e benefícios do uso das técnicas de DT durante a elicitação de requisitos para sistemas IoT** - Para identificar tendências e benefícios, foi executado um estudo exploratório para analisar se as técnicas de DT são

adequadas para elicitare requisitos para sistemas IoT. Os resultados apresentaram evidências de que o uso das técnicas de DT são adequadas para o contexto IoT e apresentaram os seguintes pontos: simples de preencher, estimula a criatividade e organiza as ideias, no entanto, foi visto que apenas dois dos 23 participantes conseguiram identificar o ator sensor do cenário proposto para a elicitação de requisitos. Os outros participantes não conseguiram identificar os atores sensores, suas interações e funcionalidades, além de nem sempre conseguirem associar todos os termos dos *templates* às particularidades desses sistemas. Os resultados apontaram também sugestões de melhoria, as quais serviram como base para elaborar as técnicas, tais como: inserir perguntas nos *templates* para facilitar, sugestões de como preencher os campos. Além disso, foi possível observar que os participantes de ambos os grupos conseguiram identificar requisitos IoT, tais como: o envolvimento dos atores, interações entre dispositivos, integração entre outros sistemas, tipo de conectividade e a interface de comunicação.

- **Adaptação de técnicas de DT para identificar características específicas de sistemas IoT para apoiar a elicitação de requisitos** - Para adaptar as técnicas foram considerados os resultados do estudo exploratório, o qual apontou também sugestões de melhorias, tais como: inserir perguntas nos *templates* para facilitar, sugestões de como preencher os campos considerando as particularidades dos sistemas IoT. Essa adaptação das técnicas resultou no desenvolvimento do Mapa da Sensorina e Mind IoT.
- **Obter evidências sobre a aplicabilidade das técnicas propostas** - Para isso, foram planejados e executados dois estudos experimentais, o **(i) estudo de viabilidade** foi realizado para obter evidências sobre a percepção dos engenheiros de requisitos sobre a facilidade de uso das técnicas, e os *feedbacks* foram obtidos por meio de um *focus groups*, onde apontaram evidências de melhorias nas técnicas. A partir disso, as técnicas foram refinadas e propomos o uso de artefatos de apoio: a) exemplos de preenchimento para as técnicas; e b) um glossário com a descrição e exemplos de como preencher os campos do Mind IoT. Outro estudo foi o **(ii) estudo de observação** para analisar a utilidade e facilidade de uso das técnicas

e dos artefatos de apoio. Os resultados mostram que as técnicas foram bem aceitas pelos participantes, especialmente o Mapa da Sensorina que não apresentou evidências de melhorias, por outro lado, para o Mind IoT, foi necessário refinar o glossário. As versões finais estão listadas no Apêndice D e Apêndice E.

Ao analisar os resultados dos estudos é importante levar em consideração as possíveis limitações, as quais podem afetar a validade dos estudos. Embora as técnicas propostas tenham mostrado benefícios e utilidade na elicitação de requisitos para sistemas IoT, é importante destacar que o uso do Mapa da Sensorina e do Mind IoT, assim como as técnicas tradicionais existentes, requerem um esforço manual que pode impactar o tempo e os recursos necessários para os participantes realizarem a elicitação de requisitos.

7.2 Limitações

- A falta de um apoio computacional para automatização das técnicas ou a disponibilização dos *templates* digitais. Esse apoio permitiria tornar o processo de aplicação de ambas as técnicas (Mapa da Sensorina e Mind IoT) mais eficiente;
- Não se pode generalizar os resultados, uma vez que os estudos realizados não incluem dados da indústria. Assim, o ciclo proposto por [Shull, Carver e Travassos \(2001\)](#) não pôde ser concluído devido à limitação de tempo na realização de estudos na indústria.

7.3 Perspectivas Futuras

A realização desta pesquisa possibilitou a criação de técnicas de elicitação de requisitos, o Mapa da Sensorina e o Mind IoT para apoiar engenheiros de requisitos durante o desenvolvimento de sistemas IoT, e alguns resultados obtidos abriram novas perspectivas de pesquisa, que podem ser exploradas em trabalhos futuros, e alguns são detalhados a seguir.

- **Realizar estudos de caso na indústria** - Segundo [Shull, Carver e Travassos \(2001\)](#), condução das etapas da metodologia proposta nesta pesquisa permitem que as técnicas propostas atinjam um grau de maturidade razoável que possibilitam ser avaliadas em contexto industrial. Dessa forma, pretende-se caracterizar a aplicação das técnicas no contexto de ciclo de vida de desenvolvimento de sistemas IoT, e avaliar a adequação das técnicas em ambiente industrial.
- **Melhorar a usabilidade das técnicas** - Futuramente, pretende-se criar uma ferramenta para automatizar a atividade de elicitação de requisitos, para facilitar sua aceitação e uso contínuo nas empresas de desenvolvimento de software.
- **Aumentar a abrangência das atividades de engenharia de requisitos** - Atualmente, a técnica serve somente para apoiar engenheiros(as) de requisitos durante a atividade de elicitação de requisitos, posteriormente, pretende-se envolver as atividades de análise, documentação, verificação, validação e gerenciamento de requisitos.
- **Análise das técnicas como ferramenta de apoio ao ensino de IoT para novos engenheiros de requisitos** - Embora as técnicas tenham como objetivo apoiar engenheiros(as) de requisitos durante a elicitação de requisitos, vimos a oportunidade de realizar estudos acadêmicos para verificar a aplicabilidade do Mapa da Sensorina e do Mind IoT no ensino da elicitação de requisitos em contextos específicos de desenvolvimento de software.

7.4 Contribuições e Publicações

Diferentes contribuições podem ser identificadas ao ler esta dissertação. De forma objetiva, as principais contribuições podem ser apresentadas da seguinte maneira:

- Identificar tendências e benefício sobre o uso das técnicas de DT no contexto IoT;
- Elaboração de novas técnica de elicitação de requisitos (Mapa da Sensorina e Mind IoT) para apoiar engenheiros de requisitos a atender as particularidades de

sistemas IoT;

- Avaliações experimentais sobre o Mapa da Sensorina e do Mind IoT, apresentando indícios e percepções sobre sua viabilidade em relação à facilidade de uso e utilidade. Além dos pontos de melhoria incorporados na versão atual das técnicas;

Como parte dos resultados obtidos na realização deste mestrado, destacam-se as seguintes publicações:

- Souza, S., Meireles, M., Duarte, C., Maldonado, J. C., Conte, T. **Design for IoT: An Experimental Study to Understand How Design Thinking Can Help in the Elicitation of Requirements for IoT Systems.** In: *Proceedings of the XXI Brazilian Symposium on Software Quality*. 2022. p. 1-10.
- Meireles, M., Souza, S., Duarte, J. C., Maldonado, J. C., Conte, T. **Evaluating Approaches to Selecting Design Thinking Techniques: Quantitative and Qualitative Analysis.** In: *Proceedings of the XXI Brazilian Symposium on Software Quality*. 2022. p. 1-10.
- Oliveira, S., Cristo, A., Geovane, M., Xavier, A., Silva, R., Rocha, S., Marques, L., Gomes, G., Gadelha, B., Conte, T. **UXNator: a tool for recommending UX evaluation methods.** In: *International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS)*. 2023. p. 336-343.
- Souza, E., Façanha, C., Rocha, C., Barbosa, M., Souza, S., Gomes, G., Lauschner, T., Gadelha, B., e Conte T. **IoThinking: A Design Thinking Technique to Support The Design of IoT Systems.** In *XXXVII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software* 2023.
- Meireles, M., Souza, S., Maldonado, J. C., Conte, T. **An experience report on the use of Active Learning in Empirical Software Engineering Education: Understanding the pros and cons from the student's perspective.** (Em revisão).
- Souza, S., Souza, E., Meireles, M., Lauschner, T., Carvalho, L., Maldonado, J. C., Conte, T. **Techniques for Eliciting IoT Requirements: Sensorina Map and Mind IoT.** (Em elaboração).

- Souza, E., Souza, S., Façanha, C., Lauschner, T., Conte, T. **Exploring the Design Thinking toolbox applied to the Internet of Things paradigm through a controlled experiment.** (Em elaboração).

REFERÊNCIAS

- AGUILAR-CALDERÓN, J.-A. et al. Requirements engineering for internet of things (iot) software systems development: a systematic mapping study. *Applied Sciences*, MDPI, v. 12, n. 15, p. 7582, 2022. [30](#)
- AHMAD, M. et al. A review of internet of things (iot) connectivity techniques. *Recent trends and advances in wireless and IoT-enabled networks*, Springer, p. 25–36, 2019. [68](#)
- AL-JARRAH, M. A. et al. Decision fusion for iot-based wireless sensor networks. *ieee internet of things journal*, IEEE, v. 7, n. 2, p. 1313–1326, 2019. [30](#)
- AL-TURJMAN, F.; ABUJUBBEH, M. Iot-enabled smart grid via sm: An overview. *Future Generation Computer Systems*, Elsevier, v. 96, p. 579–590, 2019. [32](#)
- AL-TURJMAN, F.; MALEKLOO, A. Smart parking in iot-enabled cities: A survey. *Sustainable Cities and Society*, Elsevier, v. 49, p. 101608, 2019. [32](#)
- ALEXA, L.; AVASILCAI, S. The requirement elicitation process of designing a collaborative environment—the cre@tive.biz case. In: EDP SCIENCES. *MATEC Web of Conferences*. [S.l.], 2018. v. 184, p. 04010. [17](#), [23](#)
- ALMEIDA, E. M. de. Modelo para amparar o desenvolvimento de protótipos de sistemas iot. In: SBC. *Anais do XXV Congresso Ibero-Americano em Engenharia de Software*. [S.l.], 2022. p. 400–407. [16](#), [17](#)
- ARAÚJO, R.; ANJOS, E. G. dos; SILVA, D. R. Trends in the use of design thinking for embedded systems. In: ICCSA (*Short Papers/poster papers/PhD student showcase works*). [S.l.: s.n.], 2015. p. 82–86. [40](#)
- ASHTON, K. et al. That ‘internet of things’ thing. *RFID journal*, Hauppauge, New York, v. 22, n. 7, p. 97–114, 2009. [30](#)
- BASILI, V.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. Goal question metric paradigm. *encyclopedia of software eng.* 1994. [38](#)
- BELGUIDOUM, M.; GOURARI, A.; SEHILI, I. Mdmsd4iot a model driven microservice development for iot systems. In: SPRINGER. *International Conference on Model and Data Engineering*. [S.l.], 2023. p. 176–189. [15](#), [16](#), [31](#)
- BELLINI, P.; NESI, P.; PANTALEO, G. Iot-enabled smart cities: A review of concepts, frameworks and key technologies. *Applied Sciences*, MDPI, v. 12, n. 3, p. 1607, 2022. [32](#)

- BITTNER, E.; SHOURY, O. Designing automated facilitation for design thinking: A chatbot for supporting teams in the empathy map method. In: *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*. [S.l.: s.n.], 2019. 28
- BOSCHE, A. et al. Unlocking opportunities in the internet of things. *Bain & Company*, 2018. 30
- BOUANAKA, C. et al. A review of iot systems engineering: Application to the smart traffic lights system. In: IEEE. *2020 International Conference on Advanced Aspects of Software Engineering (ICAASE)*. [S.l.], 2020. p. 1–8. 18
- BOUTOT, P.; TABASSUM, M. R.; MUSTAFIZ, S. Ucm4iot: A use case modelling environment for iot systems. In: IEEE. *2021 ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems Companion (MODELS-C)*. [S.l.], 2021. p. 767–776. 39
- BRENNER, W.; UEBERNICKEL, F.; ABRELL, T. Design thinking as mindset, process, and toolbox. In: *Design thinking for innovation*. [S.l.]: Springer, 2016. p. 3–21. 27
- BROWN, T. *Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias*. [S.l.]: Alta Books, 2020. 17, 26
- BUCHMANN, R. A. et al. Streamlining semantics from requirements to implementation through agile mind mapping methods. In: SPRINGER. *International Working Conference on Requirements Engineering: Foundation for Software Quality*. [S.l.], 2018. p. 335–351. 29
- CARVER, J. et al. Issues in using students in empirical studies in software engineering education. In: IEEE. *Proceedings. 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry (IEEE Cat. No. 03EX717)*. [S.l.], 2004. p. 239–249. 40
- CHAN, H. C. et al. Internet of things business models. *Journal of service science and management*, Scientific Research Publishing, v. 8, n. 04, p. 552, 2015. 70
- COMMITTEE, S. E. S. et al. Ieee standard for software maintenance. *IEEE Std*, p. 1219–1998, 1998. 25
- COSTA, B.; PIRES, P. F.; DELICATO, F. C. Specifying functional requirements and qos parameters for iot systems. In: IEEE. *2017 IEEE 15th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 15th Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 3rd Intl Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTech)*. [S.l.], 2017. p. 407–414. 18, 35
- COUGHLAN, J.; MACREDIE, R. D. Effective communication in requirements elicitation: a comparison of methodologies. *Requirements Engineering*, Springer, v. 7, n. 2, p. 47–60, 2002. 25
- DANTAS, D. L. et al. Detecting iot applications opportunities and requirements elicitation: A design thinking based approach. In: SPRINGER. *International Conference on Human-Computer Interaction*. [S.l.], 2020. p. 85–100. 30, 33
- DAVIS, F. D.; BAGOZZI, R. P.; WARSHAW, P. R. User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management science*, INFORMS, v. 35, n. 8, p. 982–1003, 1989. 93, 96

- DING, J. et al. Iot connectivity technologies and applications: A survey. *arXiv preprint arXiv:2002.12646*, 2020. [68](#)
- DOCHERTY, C. *Perspectives on design thinking for social innovation*. [S.l.]: Taylor & Francis, 2017. 719–724 p. [26](#)
- DOE, J. Recommended practice for software requirements specifications (ieee). *IEEE, New York*, 2011. [70](#)
- DOSI, C. et al. Measuring design thinking mindset. In: *DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1991–2002. [27](#)
- DUARTE, J. C. et al. Aplicando técnicas de design thinking para a especificação de cenários na elicitação de requisitos. In: *Anais do XXIV Workshop em Engenharia de Requisitos (WER 2021), 2021, Brasil*. [S.l.: s.n.], 2021. [29](#)
- ESPINDOLA, R. S. de; MAJDENBAUM, A.; AUDY, J. L. N. Uma análise crítica dos desafios para engenharia de requisitos em manutenção de software. In: *WER*. [S.l.: s.n.], 2004. p. 226–238. [69](#)
- EVDOKIMOV, I. V. et al. A cost estimation approach for iot projects. In: IOP PUBLISHING. *Journal of Physics: Conference Series*. [S.l.], 2019. v. 1176, n. 4, p. 042083. [69](#)
- FANTECHI, A. et al. Applications of linguistic techniques for use case analysis. *Requirements Engineering*, Springer, v. 8, n. 3, p. 161–170, 2003. [46](#)
- FAROOQ, M. S. et al. A survey on the role of iot in agriculture for the implementation of smart farming. *Ieee Access*, IEEE, v. 7, p. 156237–156271, 2019. [33](#)
- FERNÁNDEZ, D. M. et al. Naming the pain in requirements engineering. *Empirical software engineering*, Springer, v. 22, n. 5, p. 2298–2338, 2017. [23](#)
- FERRARIS, D.; FERNANDEZ-GAGO, C. Trustapis: a trust requirements elicitation method for iot. *International Journal of Information Security*, Springer, v. 19, n. 1, p. 111–127, 2020. [18](#), [35](#), [62](#)
- FERREIRA, B. M.; BARBOSA, S. D.; CONTE, T. Pathy: Using empathy with personas to design applications that meet the users' needs. In: SPRINGER. *International Conference on Human-Computer Interaction*. [S.l.], 2016. p. 153–165. [29](#)
- FRANÇA, B. B. N. de et al. Using focus group in software engineering: lessons learned on characterizing software technologies in academia and industry. In: *CibSE*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 351. [72](#)
- FRIESE, S. *ATLAS. ti 7 user manual*. Berlin: *ATLAS. ti Scientific*. [S.l.]: Software, 2012. [76](#)
- GODI, B. et al. Evms: Explosive vehicle monitoring system with iot. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 2019. [65](#)
- GULATI, K. et al. A review paper on wireless sensor network techniques in internet of things (iot). *Materials Today: Proceedings*, Elsevier, v. 51, p. 161–165, 2022. [64](#)
- HADZOVIC, S.; MRDOVIC, S.; RADONJIC, M. Identification of iot actors. *Sensors*, MDPI, v. 21, n. 6, p. 2093, 2021. [23](#)

- HEHN, J. et al. On integrating design thinking for human-centered requirements engineering. *IEEE Software*, IEEE, v. 37, n. 2, p. 25–31, 2019. [27](#)
- HEHN, J.; UEERNICKEL, F. The use of design thinking for requirements engineering: an ongoing case study in the field of innovative software-intensive systems. In: IEEE. *2018 IEEE 26th international requirements engineering conference (RE)*. [S.l.], 2018. p. 400–405. [17](#), [25](#)
- HICKEY, A. M.; DAVIS, A. M. Elicitation technique selection: how do experts do it? In: IEEE. *Proceedings. 11th IEEE International Requirements Engineering Conference, 2003*. [S.l.], 2003. p. 169–178. [25](#)
- HRIBERNIK, K. A. et al. Co-creating the internet of things—first experiences in the participatory design of intelligent products with arduino. In: IEEE. *2011 17th International Conference on Concurrent Enterprising*. [S.l.], 2011. p. 1–9. [29](#)
- INAYAT, U. et al. Learning-based methods for cyber attacks detection in iot systems: a survey on methods, analysis, and future prospects. *Electronics*, MDPI, v. 11, n. 9, p. 1502, 2022. [16](#)
- JABBOUR, C. J. C. et al. Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: an integrative framework and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, v. 144, p. 546–552, 2019. [31](#)
- JOKELA, T.; LUCERO, A. Mixednotes: a digital tool to prepare physical notes for affinity diagramming. In: *Proceedings of the 18th International Academic MindTrek Conference: Media Business, Management, Content & Services*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 3–6. [29](#)
- JU, J.; KIM, M.-S.; AHN, J.-H. Prototyping business models for iot service. *Procedia Computer Science*, Elsevier, v. 91, p. 882–890, 2016. [16](#), [90](#)
- KING, C. E.; SARRAFZADEH, M. A survey of smartwatches in remote health monitoring. *Journal of healthcare informatics research*, Springer, v. 2, n. 1, p. 1–24, 2018. [33](#)
- KONTIO, J.; BRAGGE, J.; LEHTOLA, L. The focus group method as an empirical tool in software engineering. In: *Guide to advanced empirical software engineering*. [S.l.]: Springer, 2008. p. 93–116. [9](#), [72](#), [73](#)
- KUZUBASOGLU, B. A.; BAHADIR, S. K. Flexible temperature sensors: A review. *Sensors and Actuators A: Physical*, Elsevier, v. 315, p. 112282, 2020. [64](#)
- LEMENEN, S. et al. Industrial internet of things business models in the machine-to-machine context. *Industrial Marketing Management*, Elsevier, v. 84, p. 298–311, 2020. [17](#)
- LEMOS, J. et al. A systematic mapping study on creativity in requirements engineering. In: *Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1083–1088. [28](#)
- LEPEKHIN, A. et al. A systematic mapping study on internet of things challenges. In: IEEE. *2019 IEEE/ACM 1st International Workshop on Software Engineering Research & Practices for the Internet of Things (SERP4IoT)*. [S.l.], 2019. p. 9–16. [16](#), [33](#)

- LEVY, M.; HULI, C. Design thinking in a nutshell for eliciting requirements of a business process: A case study of a design thinking workshop. In: IEEE. *2019 IEEE 27th international requirements engineering conference (RE)*. [S.l.], 2019. p. 351–356. [28](#)
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*, 1932. [49](#)
- MAHMUD, I.; VENEZIANO, V. Mind-mapping: An effective technique to facilitate requirements engineering in agile software development. In: IEEE. *14th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT 2011)*. [S.l.], 2011. p. 157–162. [29](#), [66](#)
- MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The annals of mathematical statistics*, JSTOR, p. 50–60, 1947. [43](#)
- MARIKYAN, D.; PAPAGIANNIDIS, S.; ALAMANOS, E. A systematic review of the smart home literature: A user perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, v. 138, p. 139–154, 2019. [31](#)
- MARTINS, H. F. et al. Design thinking: Challenges for software requirements elicitation. *Information*, MDPI, v. 10, n. 12, p. 371, 2019. [28](#)
- MEIRELES, M. et al. Organizing the design thinking toolbox: Supporting the requirements elicitation decision making. In: *Brazilian Symposium on Software Engineering*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 285–290. [28](#), [29](#), [39](#)
- MENDONÇA, M. et al. Using observational pilot studies to test and improve lab packages. In: *Proceedings of the 2006 ACM/IEEE international symposium on Empirical software engineering*. [S.l.: s.n.], 2006. p. 48–57. [44](#)
- MICHELI, P. et al. Doing design thinking: Conceptual review, synthesis, and research agenda. *Journal of Product Innovation Management*, Wiley Online Library, v. 36, n. 2, p. 124–148, 2019. [26](#), [27](#)
- MISHRA, D.; MISHRA, A.; YAZICI, A. Successful requirement elicitation by combining requirement engineering techniques. In: IEEE. *2008 First International Conference on the Applications of Digital Information and Web Technologies (ICADIWT)*. [S.l.], 2008. p. 258–263. [18](#), [19](#), [47](#), [61](#)
- MOTTA, R.; BIGIO, M.; STREIT, R. Metricas de qualidade na coleta de requisitos. *Revista Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação*, v. 1, n. 1, p. 88–97, 2017. [46](#)
- MOTTA, R. C.; OLIVEIRA, K. M. de; TRAVASSOS, G. H. On challenges in engineering iot software systems. In: *Proceedings of the XXXII Brazilian symposium on software engineering*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 42–51. [15](#), [51](#), [61](#), [62](#), [66](#), [67](#), [68](#), [69](#), [70](#)
- MOTTA, R. C.; OLIVEIRA, K. M. de; TRAVASSOS, G. H. An evidence-based roadmap for iot software systems engineering. *Journal of Systems and Software*, Elsevier, v. 201, p. 111680, 2023. [16](#), [18](#), [20](#), [36](#), [61](#), [112](#)
- MOTTA, R. C.; SILVA, V.; TRAVASSOS, G. H. Towards a more in-depth understanding of the iot paradigm and its challenges. *Journal of Software Engineering Research and Development*, Sociedade Brasileira de Computação, v. 7, p. 3–1, 2019. [17](#)

- NASR, E.; MCDERMID, J.; BERNAT, G. Eliciting and specifying requirements with use cases for embedded systems. In: IEEE. *Proceedings of the Seventh IEEE International Workshop on Object-Oriented Real-Time Dependable Systems.(WORDS 2002)*. [S.l.], 2002. p. 350–357. [89](#)
- NEWMAN, P. et al. The role of design thinking and physical prototyping in social software engineering. In: *2015 IEEE/ACM 37th IEEE International Conference on Software Engineering*. [S.l.: s.n.], 2015. v. 2, p. 487–496. [29](#)
- OLIVEIRA, J. C.; SCHIMIGUEL, J. Implementando uma plataforma big data para visualização de dados gerados por dispositivo iot. *Revista de Ubiquidade*, v. 2, n. 2, p. 85–111, 2019. [31](#), [87](#), [154](#)
- OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2010. v. 1. [29](#)
- PALDÊS, R. A. et al. Functional requirements elicitation in iot systems: a follow-up study. In: *19th Brazilian Symposium on Software Quality*. [S.l.: s.n.], 2020. p. 1–10. [39](#)
- PARIZI, R. et al. A tool proposal for recommending design thinking techniques in software development. *Journal of Software Engineering Research and Development*, Sociedade Brasileira de Computação, v. 9, p. 19–1, 2021. [26](#), [28](#)
- PARIZI, R. et al. Design thinking in software requirements: What techniques to use? a proposal for a recommendation tool. In: *Proceedings of the XXIII Ibero-American Conference on Software Engineering-CIbSE 2020, 2020, Estados Unidos*. [S.l.: s.n.], 2020. [29](#)
- PIRES, P. F. et al. Integrating ontologies, model driven, and cml in a multi-viewed approach for requirements engineering. *Requirements Engineering*, Springer, v. 16, n. 2, p. 133–160, 2011. [23](#)
- PLAY-PERSONAS: comportamentos e sistemas de crenças no design de jogos centrados no usuário. In: INTERAÇÃO homem-computador - INTERACT 2009: 12a Conferência Internacional IFIP TC 13, Uppsala, Suécia, 24 a 28 de agosto de 2009, Anais, Parte II 12. [S.l.: s.n.]. [28](#)
- PRADEEP, P.; KANT, K. Conflict detection and resolution in iot systems: a survey. *IoT, MDPI*, v. 3, n. 1, p. 191–218, 2022. [16](#)
- PRESTES, M. et al. On the use of design thinking: A survey of the brazilian agile software development community. In: SPRINGER, CHAM. *International Conference on Agile Software Development*. [S.l.], 2020. p. 73–86. [27](#)
- QADRI, Y. A. et al. The future of healthcare internet of things: a survey of emerging technologies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, IEEE, v. 22, n. 2, p. 1121–1167, 2020. [32](#)
- REGGIO, G. A uml-based proposal for iot system requirements specification. In: *Proceedings of the 10th international workshop on modelling in software engineering*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 9–16. [18](#), [34](#)
- SALGADO, C. E. et al. Generating a business model canvas through elicitation of business goals and rules from process-level use cases. In: SPRINGER. *International Conference on Business Informatics Research*. [S.l.], 2014. p. 276–289. [29](#)

- SEHRAWAT, D.; GILL, N. S. Smart sensors: Analysis of different types of iot sensors. In: IEEE. *2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*. [S.l.], 2019. p. 523–528. [62](#), [65](#)
- SHA, K. et al. On security challenges and open issues in internet of things. *Future generation computer systems*, Elsevier, v. 83, p. 326–337, 2018. [30](#)
- SHULL, F.; CARVER, J.; TRAVASSOS, G. H. An empirical methodology for introducing software processes. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, ACM New York, NY, USA, v. 26, n. 5, p. 288–296, 2001. [9](#), [19](#), [20](#), [72](#), [92](#), [110](#), [114](#), [115](#)
- SILVA, D. V. d.; GONÇALVES, T. G.; TRAVASSOS, G. H. A technology to support the building of requirements documents for iot software systems. In: *19th Brazilian Symposium on Software Quality*. [S.l.: s.n.], 2020. p. 1–10. [18](#)
- SILVA, F. N. da; SOUZA, B. P. de; WERNER, C. M. Catálogo para criação de jogos sérios para sistemas baseados em iot. In: SBC. *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*. [S.l.], 2021. p. 675–678. [67](#)
- SIRICHAROEN, W. V. Using empathy mapping in design thinking process for personas discovering. In: SPRINGER. *International Conference on Context-Aware Systems and Applications, International Conference on Nature of Computation and Communication*. [S.l.], 2021. p. 182–191. [28](#)
- SOBIN, C. A survey on architecture, protocols and challenges in iot. *Wireless Personal Communications*, Springer, v. 112, n. 3, p. 1383–1429, 2020. [17](#)
- SOMMERVILLE, I. et al. Engenharia de software.[sl]. *Pearson Education*, v. 19, p. 23, 2011. [9](#), [23](#), [24](#)
- SOUZA, A. F. B. de; FERREIRA, B. M.; CONTE, T. Aplicando design thinking em engenharia de software: um mapeamento sistemático. In: *Ibero-American Conference on Software Engineering: Experimental Software Engineering Latin America Workshop (CibSE-ESELAW)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 719–732. [30](#), [39](#)
- SOUZA, S. R. d. et al. Design for iot: An experimental study to understand how design thinking can help in the elicitation of requirements for iot systems. In: *Proceedings of the XXI Brazilian Symposium on Software Quality*. [S.l.: s.n.], 2022. p. 1–10. [20](#), [38](#), [61](#), [66](#)
- STRAUSS, A.; CORBIN, J. Basics of qualitative research techniques. Citeseer, 1998. [76](#)
- TENG, H. et al. A low-cost physical location discovery scheme for large-scale internet of things in smart city through joint use of vehicles and uavs. *Future generation computer systems*, Elsevier, v. 118, p. 310–326, 2021. [31](#)
- TSCHIMMEL, K. Design thinking as an effective toolkit for innovation. In: THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR PROFESSIONAL INNOVATION MANAGEMENT (ISPIM). *ISPIM Conference Proceedings*. [S.l.], 2012. p. 1. [27](#)
- TURCHET, L. et al. The internet of audio things: State of the art, vision, and challenges. *IEEE internet of things journal*, IEEE, v. 7, n. 10, p. 10233–10249, 2020. [64](#)
- UNIÃO, D. O. D. DECRETO nº N° 9.854, de 25 de junho de 2019. [S.l.]: Art, 2019. [31](#)

- VALENTE, M. T. Engenharia de software moderna. *Princípios e Práticas para Desenvolvimento de Software com Produtividade*, v. 1, 2020. [25](#)
- VEGENDLA, A. et al. A systematic mapping study on requirements engineering in software ecosystems. *Journal of Information Technology Research (JITR)*, IGI Global, v. 11, n. 1, p. 49–69, 2018. [17](#)
- VEIGA, E. F.; BULCÃO-NETO, R. F. Engenharia de requisitos de sistemas iot e ciber-físicos: Resultados preliminares. In: *Anais do WER22-Workshop em Engenharia de Requisitos*. [S.l.: s.n.], 2022. p. 1–14. [16](#)
- VIANNA, M. et al. Design thinking: inovação em negócios. *Design Thinking*, 2012. [29](#)
- VIDAL, L. T.; SEGURA, E. M.; WAERN, A. Sensory bodystorming for collocated physical training design. In: *Proceedings of the 10th Nordic Conference on Human-Computer Interaction*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 247–259. [30](#)
- WHITMORE, A.; AGARWAL, A.; XU, L. D. The internet of things—a survey of topics and trends. *Information systems frontiers*, Springer, v. 17, n. 2, p. 261–274, 2015. [70](#)
- WOHLIN, C. et al. *Experimentation in software engineering*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012. [38](#), [40](#), [57](#), [72](#), [108](#)
- YANG, K.; BLAAUW, D.; SYLVESTER, D. Hardware designs for security in ultra-low-power iot systems: An overview and survey. *IEEE Micro*, IEEE, v. 37, n. 6, p. 72–89, 2017. [62](#), [69](#)
- YOUSUF, M.; ASGER, M. Comparison of various requirements elicitation techniques. *International Journal of Computer Applications*, Citeseer, v. 116, n. 4, 2015. [28](#)

A

INSTRUMENTOS DO ESTUDO EXPLORATÓRIO

Materiais Utilizados no Estudo Exploratório

Artigo: Design for IoT: *"An Experimental Study to Understand How Design Thinking Can Help in the Elicitation of Requirements for IoT Systems"*

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Senhor(a),

Você está sendo convidado(a) a fazer parte de uma pesquisa para coleta de dados, **pedimos gentilmente sua participação nesta pesquisa** para fazermos um estudo sobre a utilização das técnicas de *Design Thinking* usadas no contexto de Engenharia de Requisitos para elicitar requisitos de sistemas IoT. Com sua ajuda, o resultado desta pesquisa irá contribuir para aumentar a qualidade no desenvolvimento de softwares. Vale ressaltar que o que está sendo avaliado é o uso das técnicas de DT e não você, e **sua participação não é obrigatória nesta pesquisa.**

1) Procedimento

As técnicas de DT serão utilizadas durante a elicitação de requisitos para sistemas IoT. Para participar deste estudo solicitamos sua colaboração em: (1) permitir que os dados resultantes dos seus trabalhos sejam estudados, (2) *feedback* com relação às técnicas. Quando os dados forem coletados, seu nome será removido dos mesmos e não será utilizado em nenhum momento durante a análise ou apresentação dos resultados.

2) Tratamento de possíveis riscos e desconfortos

Durante a coleta de dados, **garantimos sua privacidade e seu anonimato**. Os dados coletados durante o estudo destinam-se estritamente ao desenvolvimento da pesquisa sobre o uso das técnicas de *Design Thinking*, não sendo utilizados em qualquer forma de avaliação profissional ou pessoal.

3) Benefícios e Custos

Este estudo contribuirá com resultados importantes para a pesquisa de um modo geral na área de Engenharia de Software. Você não terá gastos ou ônus com a sua participação no estudo. Você não receberá qualquer espécie de reembolso ou gratificação devido à sua participação na pesquisa.

4) Confidencialidade da Pesquisa

Toda informação coletada neste estudo é confidencial e seu nome não será identificado de modo algum, a não ser em caso de autorização explícita para esse fim.

5) Participação

Sua participação neste estudo é muito importante e voluntária. Você tem o direito de não querer participar ou de sair deste estudo a qualquer momento, sem penalidades. Em caso de você decidir se retirar do estudo, favor notificar o avaliador responsável.

6) Declaração de Consentimento

Eu li ou alguém leu para mim as informações contidas neste documento antes de assinar este termo de consentimento. Declaro que toda a linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo de pesquisa foi explicada satisfatoriamente e que recebi respostas para todas as minhas dúvidas. Confirmando também que recebi uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Compreendo que sou livre para me retirar do estudo em qualquer momento, sem qualquer penalidade. Declaro ter mais de 18 anos e dou meu consentimento de livre e espontânea vontade para participar deste estudo.

Você aceita nossos termos?

Sim

Não

FORMULÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO

Prezado(a), o formulário abaixo será utilizado para compreender seu grau de familiaridade com relação a Desenvolvimento de Software, *Design Thinking* e Internet das Coisas.

Conhecimento/Experiência em desenvolvimento de sistemas

Em relação ao seu grau de conhecimento/experiência no desenvolvimento de sistemas, marque os itens abaixo que melhor se aplicam à sua resposta.

- Nenhum. Não possuo conhecimento e/ou experiência em desenvolvimento de sistemas
- Baixa. Tenho algumas noções de desenvolvimento de sistemas adquiridas em aulas ou livros
- Média. Participei de projeto(s) de pesquisa e/ou acadêmicos desenvolvendo sistemas
- Alta. Já desenvolvi de 1 a 3 sistemas na indústria
- Muita Alta. Já desenvolvi mais de 3 sistemas na indústria

Conhecimento/Experiência sobre Elicitação de Requisitos

Em relação ao seu grau de conhecimento/experiência sobre elicitación de requisitos, marque os itens abaixo que melhor se aplicam à sua resposta.

- Nenhum. Não possuo conhecimento e/ou experiência em elicitación de requisitos
- Baixa. Tenho algumas noções de elicitación de requisitos adquiridas em aulas ou livros
- Média. Participei de projeto(s) de pesquisa e/ou acadêmicos elicitando requisitos
- Alta. Participei de 1 a 3 elicitaciones de requisitos na indústria
- Muita Alta. Participei de mais de três elicitaciones de requisitos na indústria

Conhecimento/Experiência sobre técnicas de *Design Thinking* (DT)

*Em relação ao seu grau de conhecimento sobre *Design Thinking*, marque os itens abaixo que melhor se aplicam à sua resposta.*

- Nenhum. Não possuo conhecimento e/ou experiência sobre DT
- Baixa. Tenho algumas noções de técnicas de DT adquiridas em aulas ou livros

() Média. Participei de projeto(s) de pesquisa e/ou acadêmicos utilizando as técnicas de DT

() Alta. Participei de 1 a 3 projetos na indústria utilizando técnicas de DT

() Muita Alta. Participei em mais de 3 projetos na indústria utilizando técnicas de DT

Você já utilizou técnicas de DT na faculdade ou na indústria? Se sim, quais as técnicas você utilizou?

Conhecimento/Experiência sobre IoT

Em relação ao seu grau de conhecimento referente a IoT, marque os itens abaixo que melhor se aplicam à sua resposta.

() Nenhum. Não possuo conhecimento e/ou experiência sobre IoT

() Baixa. Tenho algumas noções de IoT adquiridas em aulas ou livros

() Média. Participei de projeto(s) de pesquisa e/ou acadêmicos sobre IoT

() Alta. Participei de 1 a 3 projetos de IoT na indústria

() Muito Alta. Participei de mais de 3 projetos de IoT na indústria

ROTEIRO DA ATIVIDADE

CENÁRIO

Joana busca praticidade na realização das atividades do dia-a-dia. Para isso, vocês irão entrevistar a Joana e utilizar as outras técnicas para realizar a elicitação dos requisitos do sistema IoT, no domínio de *Smart Home*.

Vale ressaltar que o objetivo desta atividade é avaliar a sua percepção com relação à facilidade de uso das técnicas apresentadas na Tabela 9, e para a disciplina, o que está sendo avaliado é o seu conhecimento adquirido durante as aulas. Caso você tenha alguma dúvida relacionada aos instrumentos você poderá contatar algum dos moderadores da pesquisa. Dúvidas com relação à qualidade dos requisitos nem sempre poderão ser atendidas.

Tabela 9 – Técnicas utilizadas

Grupo A	Grupo B	Descrição da técnica
Entrevista	Entrevista	Para iniciar a elicitação
Mapa de Empatia	Persona	Para identificar atores
Diagrama de Afinidade	Mapa Mental	Para organizar informações
<i>Bussiness Model Canva</i>	<i>Bussiness Model Canva</i>	Para definir processos de negócios

A partir da entrevista com a Joana, utilize os templates das técnicas e:

1. Identifique os atores utilizando a técnica definida para o seu grupo;
2. Identifique as funcionalidades do sistema e organize as informações utilizando a técnica definida para o seu grupo;
3. Utilize o *Business Model Canvas* para enxergar o modelo de negócio viável;
4. Após isso, você deverá especificar os requisitos na tabela disponível junto com os templates das técnicas DT;
5. Por fim, você deve responder um formulário de avaliação, e devolver seus papéis com os templates preenchidos.

CENÁRIO DO SISTEMA IOT

Sistema Residencial de Iluminação

Joana é uma QA apaixonada por tecnologia e está cursando o mestrado na USP. A sua rotina consiste em acordar às 06h00, tomar banho, fazer o café com torradas e se atualizar com informações locais e mundiais antes de sair para o trabalho. Um dia, enquanto acompanhava os noticiários, apareceu uma matéria sobre Internet das Coisas e algumas de suas aplicações, incluindo sistemas de iluminação inteligente. Joana ficou interessada, pois sempre esquece as lâmpadas de casa acesas, mesmo quando não está em casa. Então, Joana buscou empresas especializadas em desenvolvimento de aplicações inteligentes e encontrou a TucumãTech, entrou em contato e solicitou uma visita para definir o orçamento.

Dias depois, uma engenheira de software foi até o encontro de Joana para uma visita técnica para realizar uma entrevista e identificar as necessidades do contratante. Além disso, analisar as instalações elétricas da residência e pegar contato de Joana para eventuais problemas.

Após a entrevista, a engenheira de software viu que Joana quer praticidade e reduzir os custos de energia.

A proposta é desenvolver um sistema que permita à Joana ligar e desligar as lâmpadas por comando de voz ou por agendamento. As lâmpadas também devem identificar a presença de pessoas para serem ligadas e na ausência de presenças desligadas.

Para o funcionamento do sistema, toda instalação na rede da residência deve possuir conexão com a internet para manter a comunicação entre as “coisas”. Para isso, serão necessários sensores de movimento e um *smartphone* para controlar o sistema.

TEMPLATES DAS TÉCNICAS

Esses foram os templates utilizados para as técnicas selecionadas para o estudo exploratório.

Figura 33 – Técnicas para identificação de stakeholders

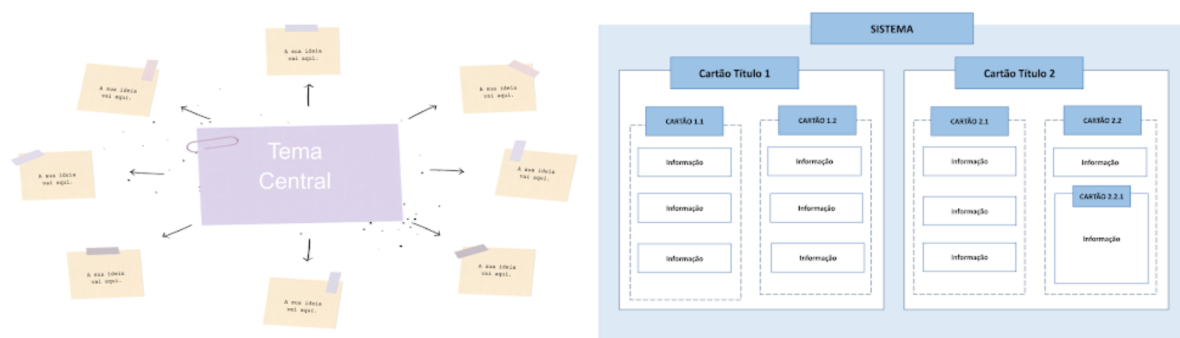


Figura 34 – Técnicas para identificação de organização de informações

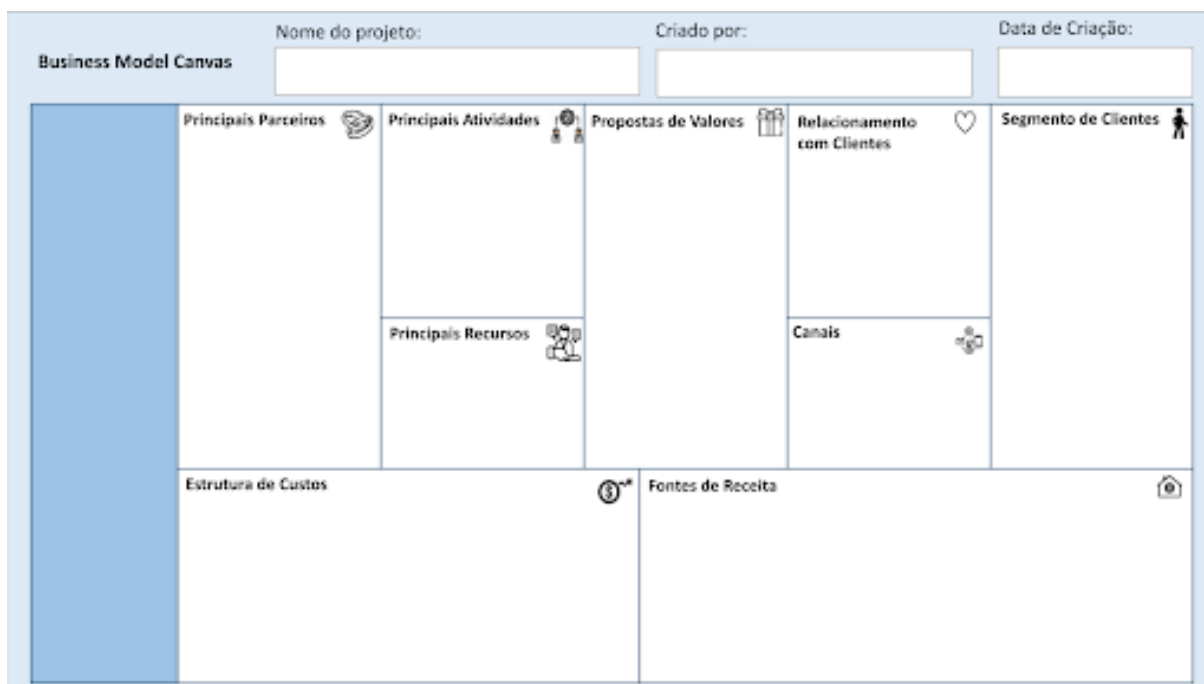


Figura 35 – Técnica para processos de negócios

ID	Descrição	Técnica que Originou?

Figura 36 – Modelo de relatório para especificação de requisitos

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO - GRUPO A

Foi fácil aprender a utilizar o Mapa de Empatia para identificar os atores do sistema IoT e suas necessidades.

- () Discordo Totalmente
- () Discordo
- () Indiferente
- () Concordo
- () Concordo Totalmente

Eu entendia como preencher o *template* do Mapa de Empatia para identificar os atores do sistema IoT e suas necessidades.

Discordo Totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo Totalmente

Foi fácil lembrar como usar o Mapa de Empatia para identificar os atores do sistema IoT e suas necessidades.

Discordo Totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo Totalmente

Hora do seu *feedback*!

Agora não nos poupe! Fala aí, o que você achou fácil ou difícil ao utilizar o Mapa de Empatia?

Foi fácil aprender a utilizar o Diagrama de Afinidades para organizar as informações do sistema IoT.

Discordo Totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo Totalmente

Eu entendia como preencher o *template* do Diagrama de Afinidade para organizar informações do sistema IoT.

Discordo Totalmente

- Discordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

Foi fácil lembrar como usar o Diagrama de Afinidade para organizar informações do sistema IoT.

- Discordo Totalmente
- Discordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

Hora do seu *feedback*! Fala aí! Você achou fácil ou difícil utilizar o Diagrama de Afinidade? Me conte um pouco mais.

Foi fácil aprender a utilizar o *Business Model Canvas* para processos de negócios do sistema IoT.

- Discordo Totalmente
- Discordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

Eu entendia como preencher o *template* do *Business Model Canvas* para processos de negócios do sistema IoT.

- Discordo Totalmente
- Discordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

Foi fácil lembrar como usar o *Business Model Canvas* para processos de negócios do sistema IoT.

Discordo Totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo Totalmente

Hora do seu *feedback*! O que você achou fácil ou difícil ao utilizar o *Business Model Canvas*?

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO - GRUPO B

Foi fácil aprender a utilizar Personas para identificar os atores do sistema IoT e suas necessidades.

- Discordo Totalmente
- Discordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

Eu entendia como preencher o template de Personas para identificar os atores do sistema IoT e suas necessidades.

- Discordo Totalmente
- Discordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

Foi fácil lembrar como usar Personas para identificar os atores do sistema IoT e suas necessidades.

- Discordo Totalmente
- Discordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

Hora do seu *feedback*! Agora não nos poupe! Fala aí, o que você achou fácil ou difícil ao utilizar Personas?

Foi fácil aprender a utilizar o Mapa Mental para organizar as informações do sistema IoT...

- Discordo Totalmente
- Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo Totalmente

Eu entendia como preencher o template do Mapa Mental para organizar informações do sistema IoT.

Discordo Totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo Totalmente

Foi fácil lembrar como usar o Mapa Mental para organizar informações do sistema IoT.

Discordo Totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo Totalmente

Hora do seu *feedback*!

Fala aí! Você achou fácil ou difícil utilizar o Mapa Mental? Me conte um pouco mais.

Foi fácil aprender a utilizar o *Business Model Canvas* para processos de negócios do sistema IoT.

Discordo Totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo Totalmente

Eu entendia como preencher o template do Business Model Canvas para processos de negócios do sistema IoT.

Discordo Totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo Totalmente

Foi fácil lembrar como usar o *Business Model Canvas* para processos de negócios do sistema IoT.

Discordo Totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo Totalmente

Hora do seu *feedback*! O que você achou fácil ou difícil ao utilizar o *Business Model Canvas*?

B

INSTRUMENTOS DO ESTUDO DE VIABILIDADE

ESPECIFICAÇÃO DA ATIVIDADE

Objetivo didático do exercício:

- Permitir à pessoa aluna colocar em prática a teoria apresentada sobre elicitação de requisitos, experimentando diferentes técnicas de elicitação em um problema real. Ter contato com diferentes tipos de stakeholders e entender como o uso de diferentes técnicas pode trazer um maior entendimento do problema que se deseja resolver.

Instruções Gerais:

- Trabalho em Dupla:

- Uma pessoa de cada dupla deve enviar um e-mail para tayana@super.ufam.edu.br, bruno@icomp.ufam.edu.br, sabrina.rocha@icomp.ufam.edu.br, maria.meireles79@usp.br, com sua dupla em cópia. Além disso, informar o sistema IoT escolhido até o dia 13/04/2022 (no máximo 23h50). Este e-mail deve explicar o escopo e deve ser aprovado pela professora e pelos monitores para que a dupla continue o trabalho. Caso o escopo não seja aprovado, a dupla deve informar um novo escopo até obter a aprovação dos monitores e professores.
- A dupla deve descrever de forma resumida o sistema IoT escolhido, e deve informar a fonte do problema, se foi ideia da dupla, se é um problema de alguém externo ou se é de um sistema existente.

- A dupla deve utilizar entrevista para elicitare os requisitos IoT. As entrevistas podem ser fechadas, abertas, semi abertas ou semi estruturadas.
- A dupla deve apresentar o Mapa da Sensorina para os sensores do sistema. Para identificar outros atores do sistema, a dupla deve consultar o “Universo de Seleção” para escolher uma técnica da categoria de Identificação de Stakeholders¹.
- A dupla deve utilizar o Mind IoT para organizar as informações do Sistema IoT.
- A dupla deve especificar os requisitos encontrados. Requisitos preenchidos de qualquer jeito terão descontos significativos na nota.
- A dupla pode usar o *template* do relatório disponibilizado. O relatório contém os links com os templates (Sensorina e Mind IoT) e o Universo de Seleção.

- O que deve ser entregue:

- Relatório do Trabalho;
- Slides de Apresentação;
- Reflexão sobre o aprendizado e o uso das técnicas;

1) Relatório do Trabalho contendo:

- Escopo inicial (o mesmo escopo enviado por e-mail e aprovado pelos professores e monitores)
- Descrever o processo seguido pela dupla na Elicitação de Requisitos (por exemplo, se foram realizadas entrevistas, *brainstorming*, entre outros)
- Deve-se apresentar o Mapa da Sensorina para os atores do sistema, como sensores e os templates preenchidos
- Deve-se apresentar a técnica escolhida da categoria de identificação de stakeholders do Universo de Seleção, e os templates preenchidos
- Deve-se apresentar o Mind IoT com as informações organizadas do sistema e o template preenchido

¹ <https://sites.google.com/view/universodeselecao>

- Os requisitos especificados
- A dupla deve descrever os requisitos de forma clara para bom entendimento
- A dupla deve fazer a rastreabilidade dos requisitos, ou seja, especificar a técnica que originou cada requisito;
- Reflexão sobre aprendizado: Apresente benefícios e dificuldades de todas as técnicas. O que ajudou? O que foi difícil? O que trouxe resultados diferentes do que a dupla inicialmente esperava?

MODELO DE RELATÓRIO PARA ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS

Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Instituto de Computação - ICOMP

Aluno(s): XXXXX

Sistema XXX

1. Escopo Inicial

Breve descrição do sistema IoT escolhido, fonte do problema, perfil de usuário e como aplicaram a entrevista.

2. Identificação de *Stakeholders*

Para esta seção você deve consultar o “Universo de Seleção” para escolher uma técnica da categoria de Identificação de *Stakeholders*. Universo de Seleção: <https://sites.google.com/>

3. Mapa da Sensorina

Apresentar um para cada sensor necessário no sistema escolhido. Template: <https://drive.google.com/file/d/1CIEPq6280KEMR2HN5yWhCbMiDOSMCHr/view?usp=sharing>

4. Mind IoT Utilizar para organizar as informações elicitadas. Pode ser feito mais de um mapa, caso haja módulos no sistema. Template: <https://drive.google.com/file/d/1Sp53fA9d5Ujwq>

5. Especificação de Requisitos

Tabela 10 – Requisitos Identificados no Estudo de Viabilidade

ID	Descrição	Técnica que originou

6. Reflexões e aprendizado

O uso das técnicas facilitou o processo de elicitación e especificação? O que você acha difícil ao utilizar o *template* das técnicas?

C

INSTRUMENTOS DO ESTUDO DE OBSERVAÇÃO

MODELO DE RELATÓRIO PARA DOCUMENTAR REQUISITOS

Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Instituto de Computação - ICOMP

Aluno(s): XXXXX

Sistema XXX

Tabela 11 – Requisitos Identificados no Estudo de Observação

ID	Descrição	Técnica que originou

*Não existe um número mínimo ou máximo de requisitos.

ROTEIRO DAS ATIVIDADES

Objetivo didático deste trabalho:

Permitir à pessoa aluna colocar em prática a teoria apresentada sobre elicitación de requisitos, experimentando diferentes técnicas de elicitación em contextos específicos. Ter contato com diferentes tipos de stakeholders e entender como o uso de diferentes técnicas podem trazer um maior entendimento do problema que se deseja resolver.

Ao realizar este exercício, é importante mostrar que o entendimento do problema foi melhorado por meio da elicitación de requisitos. Como resultado deste exercício, espera-se que cada aluno entenda o valor esperado pelos usuários ao utilizar o software.

Os slides das aulas estão disponíveis em: <https://drive.google.com/file/d/1F4RsbyILk2GsPAbws_8xGxt-yc9NS1PJ/view?usp=sharing>

Instruções Gerais:

- Trabalho Individual:

- Você irá realizar a elicitación de requisitos em contextos específicos de sistemas. Neste exercício, você irá entrevistar um cliente contratante em sala de aula e coletar as informações para desenvolver um sistema IoT.
- Durante o treinamento obtido em sala de aula vimos que sensores podem ser considerados atores dos sistemas IoT, neste caso, você irá utilizar o *template* do Mapa da Sensorina para coletar informações dos atores.
- Para fazer o levantamento de informações dos outros atores, você poderá acessar o Universo de Seleção e escolher outra técnica que considere necessária para este fim.
- A partir dos dados e ideias obtidas durante a entrevista, você deverá utilizar o Mind IoT para organizar essas informações.
- Você receberá um modelo de relatório para fazer a descrição de como o trabalho foi feito e especificação dos requisitos (você não é obrigado(a) a utilizar o mesmo *template*, ele serve apenas como guia do que deve ser apresentado no relatório).
- Por fim, você deverá responder um formulário com perguntas sobre a sua percepção em relação à facilidade de uso e utilidade das técnicas.

O que deve ser entregue:

- *Templates* das técnicas preenchidos;
- Relatório do exercício;
- Formulário sobre suas percepções de uso das técnicas e do trabalho.

1) *Templates* das técnicas:

1.1. Você deve entregar para as monitoras os templates preenchidos.

2) Relatório do Exercício:

2.1. Identificação e descrição dos requisitos. Os requisitos devem estar descritos de forma clara e concisa para bom entendimento.

Obs: a classificação dos requisitos (funcionais ou não funcionais) não valerá nota, mas servirá para analisarmos se estão compreendendo ou não as diferenças.

2.2. Para cada requisito identificado, você terá que informar qual das técnicas ajudou a especificar. A Tabela 1 mostra dois requisitos para uma esteira inteligente.

Tabela 12 – Exemplo de como preencher no relatório

ID	Descrição	Técnica que originou
RF01	Emitir um alarme quando a esteira precisar de manutenção.	Mind IoT
RF02	O sensor deve identificar quando a esteira estiver superaquecida.	Mapa da Sensorina

3) Formulário sobre suas percepções

3.1. Descreva suas percepções sobre utilidade e facilidade de uso das técnicas e dos artefatos de apoio.

FORMULÁRIO DE FEEDBACK

Olá, pessoa.

Neste formulário, você irá comentar suas percepções sobre o uso das técnicas utilizadas para elicitare requisitos IoT.

Seja sincero(a) em suas respostas :D

Qual seu nome?

Sobre a utilidade das Técnicas

1. O uso combinado das técnicas apoiou a elicitaco de requisitos?

- () O Mapa da Sensorina foi mais útil
- () O Mind IoT foi mais útil
- () As duas técnicas foram úteis
- () Eu não conseguiria fazer a mesma coisa utilizando outras técnicas
- () Eu conseguiria fazer a mesma coisa utilizando outras técnicas

2. Como você avalia a utilidade do Mapa da Sensorina

- () 1 - Totalmente inútil
- () 2 - Inútil
- () 3 - Neutro
- () 4 - til
- () 5 - Muito til

3. Como você avalia a utilidade do Mind IoT

- () 1 - Totalmente inútil
- () 2 - Inútil
- () 3 - Neutro
- () 4 - til
- () 5 - Muito til

4. Como você avalia utilidade de uso das duas técnicas juntas?

- () 1 - Totalmente inútil

- 2 - Inútil
- 3 - Neutro
- 4 - Útil
- 5 - Muito útil

Justifique suas respostas anteriores sobre a utilidade das técnicas. Diga o que mais você considerou necessário e o que considerou irrelevante.

Sobre a Facilidade de Uso das Técnicas

1. Sobre a facilidade em compreender os termos presentes nas técnicas

- Os campos do Mapa da Sensorina foram mais fáceis de compreender do que os campos do Mind IoT
- Os campos do Mind IoT foram mais fáceis de compreender do que os campos do Mapa da Sensorina
- Tive dificuldade para entender os termos presentes no *template* do Mapa da Sensorina
- Tive dificuldade para entender os termos presentes no *template* do Mind IoT
- Tive dificuldade para entender os termos presentes no *template* das duas técnicas

2. Como você avalia a facilidade de uso do Mapa da Sensorina?

- Muito difícil
- Difícil
- Neutro
- Fácil
- Muito Fácil

3. Como você avalia a facilidade de uso do Mind IoT?

- Muito difícil
- Difícil
- Neutro
- Fácil
- Muito Fácil

4. Como você avalia facilidade de uso das duas técnicas juntas?

- Muito difícil
- Difícil
- Neutro
- Fácil
- Muito Fácil

Justifique suas respostas anteriores sobre a facilidade de uso das técnicas. Descreva quais pontos dificultaram e quais pontos facilitaram o uso das duas técnicas.

Sobre os artefatos de apoio**1. O exemplo ajudou na hora de preencher o Mapa da Sensorina?**

- Se não tivesse o exemplo do Mapa da Sensorina eu não conseguiria preencher o *template*
- Se não tivesse o exemplo do Mapa da Sensorina eu teria dificuldade para preencher o *template*
- Eu conseguiria preencher o Mapa da Sensorina sem o exemplo
- O exemplo mais atrapalhou do que ajudou

2. O exemplo ajudou na hora de preencher o Mind IoT?

- Se não tivesse o exemplo do Mind IoT eu não conseguiria preencher o *template*
- Se não tivesse o exemplo do Mind IoT eu teria dificuldade para preencher o *template*
- Eu conseguiria preencher o Mind IoT sem o exemplo
- O exemplo mais atrapalhou do que ajudou

3. Sobre o glossário do Mind IoT

- Se não tivesse o glossário eu não conseguiria preencher o *template*
- Se não tivesse o glossário eu teria dificuldade para preencher o *template*
- Eu conseguiria preencher o *template* sem o glossário
- O glossário mais atrapalhou do que ajudou

Justifique suas dificuldades ou pontos que ajudaram dos exemplos e do glossário.

Sobre o uso futuro

1. Você usaria as técnicas novamente?

- Eu usaria apenas o Mapa da Sensorina
- Eu usaria apenas o Mind IoT
- Eu usaria as duas técnicas novamente
- Eu não usaria as duas técnicas novamente

Deixe aqui alguma sugestão ou críticas construtivas para a evolução das técnicas.

D

MAPA DA SENSORINA E ARTEFATO DE APOIO

Mapa da Sensorina

O *template* do Mapa da Sensorina, apresentado na Figura 38, está disponível também no formato digital em: <<https://shre.ink/HtY6>>.

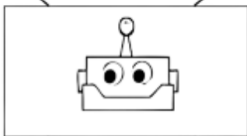
Mapa da Sensorina		Nome do sensor
<p>O que processa e decide? A persona precisa de dados para tomar decisões? A persona precisa alterar, criar ou excluir dados? A persona precisa processar dados para realizar o monitoramento em sistemas?</p>		
<p>O que ouve?</p> <p>A persona precisa receber comandos de voz para inicializar o sistema ou alguma outra função? A persona deve medir intensidade, timbre, duração ou altura de algum som?</p>		<p>O que vê ou mostra?</p> <p>Que tipos de dados a persona deve ler para coletar? Onde os dados coletados ou processados devem ser exibidos? O que é mais comum de acontecer com a persona em suas tarefas diárias?</p>
<p>O que fala e faz?</p> <p>A persona executa funções de monitoramento? Qual o tipo de estímulo que a persona consegue detectar? Qual tipo de sinal a persona transmite?</p>		
<p>Necessidades</p> <p>Qual a fonte de energia? A persona requer contato com outros dispositivos físicos? Quais obstáculos a persona precisa ultrapassar para conseguir o que deseja? O que acabaria com os problemas da persona?</p>	<p>Vantagens e Desvantagens</p> <p>Quais são as limitações da persona? Quais as pontencialidades da persona?</p>	
<p>*as perguntas são respondidas conforme a necessidade do sistema.</p>		

Figura 37 – Mapa da Sensorina - Versão Atual

Artefato de Apoio - Exemplo do Mapa da Sensorina

O exemplo apresentado na Figura 38 é de um sensor de temperatura para um sistema IoT de monitoramento de temperatura em automóveis. Está disponível também em formato digital em: <<https://shre.ink/Ht4z>>.

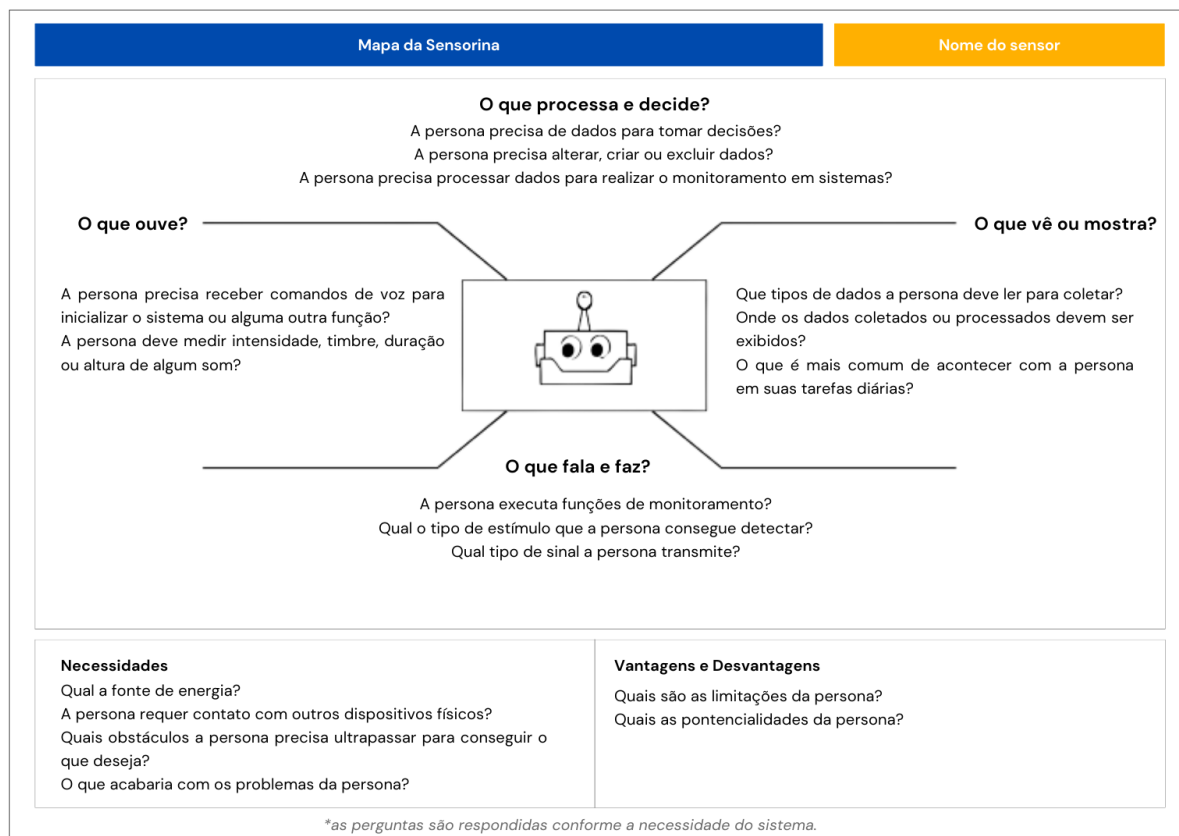


Figura 38 – Mapa da Sensorina - Exemplo Preenchido

E

MIND IOT E E ARTEFATOS DE APOIO

O *template* do Mind IoT apresentado na Figura 39 está disponível também no formato digital em: <<https://shre.ink/ly1C>>.

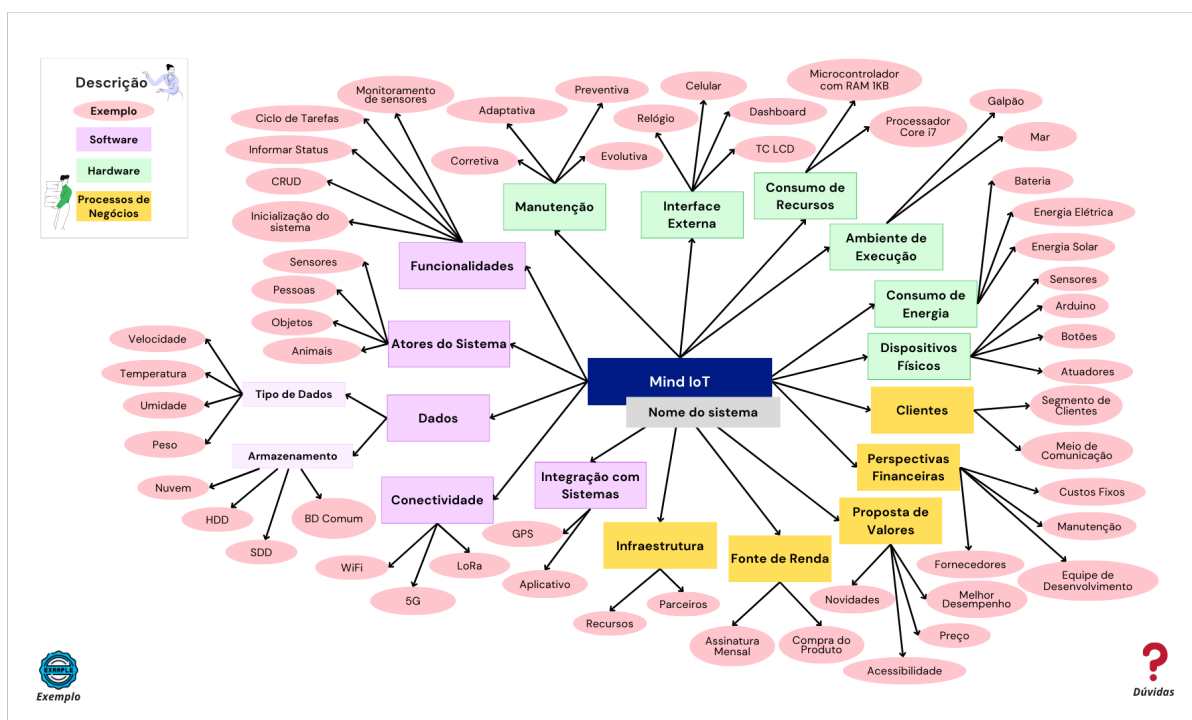


Figura 39 – Versão Final do Mind IoT

Artefato de Apoio - Exemplo do Mind IoT

O exemplo apresentado na Figura 40 é um exemplo de como preencher o *template* para um sistema IoT de irrigação, proposto por Oliveira e Schimiguel (2019). Está disponível também em formato digital em: <<https://shre.ink/Ht6d>>.

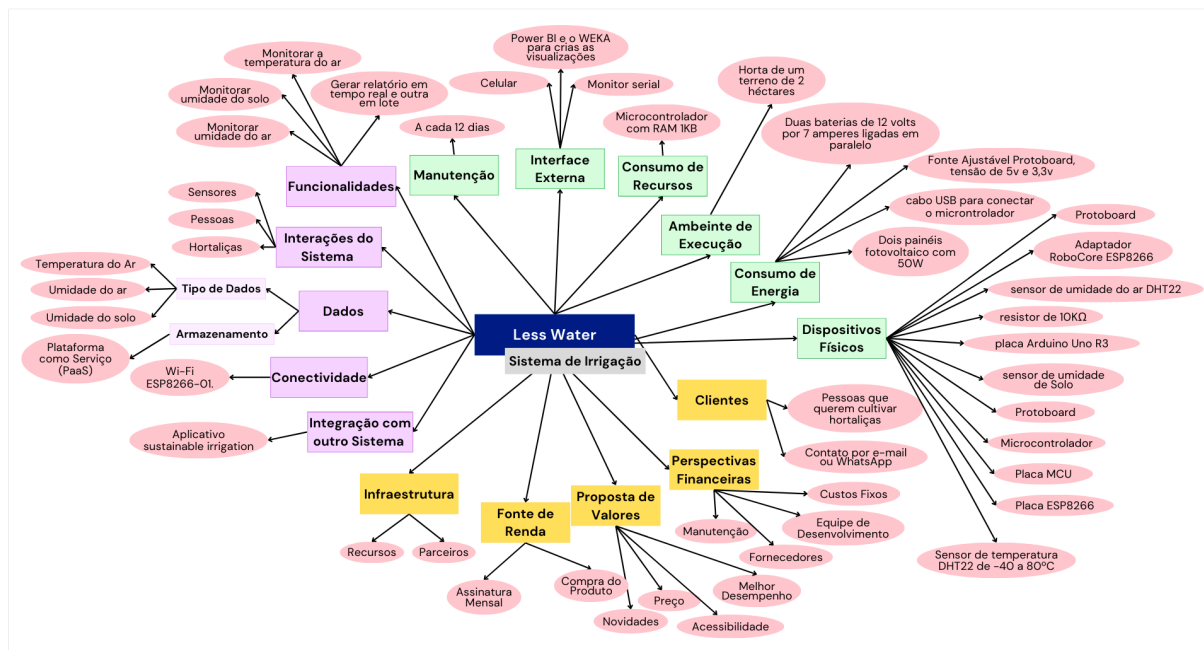


Figura 40 – Exemplo de uso do Mind IoT

Artefato de Apoio - Glossário

Técnica de Elicitação

Os campos do Mind IoT são preenchidos conforme a necessidade de cada sistema IoT a ser desenvolvido. Aqui está um exemplo de uso da técnica.

- **Funcionalidades:** existem diferentes tipos de funcionalidades para um sistema IoT, as mais comuns respondem os seguintes questionamentos: (i) quais as principais tarefas o sistema deve executar? (ii) o sistema precisará executar alguma função de monitoramento? (iii) o sistema precisará executar alguma função de controle? (iv) o sistema precisará de alguma função de inicialização? (v) um ator precisa criar, armazenar, alterar, ler ou excluir dados no sistema? (vi) um ator precisa inserir informações no sistema? (vii) um ator precisa ser informado sobre determinadas ocorrências no sistema? Além disso, pode ser informado se há ciclos de tarefa ou se as tarefas devem ocorrer em um determinado espaço de tempo. Exemplos: a Alexa recebe comandos de voz para inicialização; lâmpadas inteligentes possuem sensores que monitoram presença que resultam ações para os atuadores; geladeiras inteligentes mostram status da quantidade de produtos.
- **Interações do sistema:** está relacionado aos atores que interagem com os sistemas para trocar informações com as coisas e a quantidade de vezes que isso acontece. Esses atores não são limitados a humanos, eles podem ser qualquer objeto no ambiente, por exemplo, entidades vivas (animais, plantas), objetos em movimento (carros, aviões, barcos), objetos imóveis (casas, fábricas), eletrônicos (eletrodomésticos, dispositivos móveis), itens pessoais (relógios, roupas, óculos) e até mesmo comestíveis (alimentos). É interessante ter uma breve descrição, que defina o ator e sua responsabilidade em relação ao sistema IoT.
- **Integração com outros sistemas:** os sistemas IoT podem ser integrados com aplicações de terceiros como: controle de acesso, ar condicionado, relógios, leitores de códigos, GPS, entre outros. Além disso, a integração com outros sistemas é considerado estratégia de negócios para lidar com outros sistemas corporativos para obter, trocar ou processar informações
- **Dados:** uma das principais características de um sistema IoT é a capacidade de comunicação e integração com sensores que facilitam a coleta e análise de dados,

esses dados podem ser volume, peso, umidade, vibração, velocidade, entre outros. Além disso, deve-se definir como os dados devem ser armazenados, por exemplo, em nuvem, HD, SSD, e como será feito o backup dos mesmo.

- **Conectividade:** o tipo de conectividade depende das especificidades de cada projeto, como o volume de dados a serem transmitidos e analisados, bem como o local de implementação, cobertura necessária, largura de banda, protocolos e padrões e até mesmo consumo de energia. Exemplos disso são: 3G/4G/5G, *bluetooth*, WANs, LANs, LoRa e outros.
- **Manutenção:** pode ocorrer em consequência do processo de integração dos sistemas, ou seja, isso pode causar alguns períodos de lentidão ou indisponibilidade dos sistemas. Por isso, é necessário definir com que frequência ou quais profissionais podem acompanhar o desenvolvimento do processo e identificar se há a necessidade de realizar manutenções para evitar esses problemas. Por exemplo: troca de sensores e outros dispositivos de hardware, outro exemplo para a manutenção de software é manutenção preditiva, que podem ser realizadas periodicamente, para que as empresas consigam prever possíveis contratempos que podem surgir e ser evitados, garantindo a continuidade das atividades sem prejuízos. Existem alguns métodos de manutenção com uso de sensores, por exemplo, os sensores de temperatura conseguem detectar se o funcionamento do sistema está adequado, caso haja uma variação, mínima que seja, o sensor irá alertar para realizar manutenções. Outro exemplo são os sensores de vibração conectados às máquinas e analisam padrões de vibração dos equipamentos, assim enviam dados para algum tipo de interface avisando também sobre a necessidade de manutenção.
- **Interface Externa:** A interface externa pode ser relacionada a interação com usuários, onde ocorre a troca de dados ao apresentar uma interface, como telas LCD, celulares, relógios, teclas e botões, diodos emissores de luz (LEDs), Dashboard, Power BI, e outros. Outro tipo de interface externa é através de outros sistemas integrados, e inclui o uso de APIs e outras interfaces necessárias, por exemplo, o Apple Watch, um aplicativo utilizado para controlar smartwatch.
- **Consumo de Recursos:** são requisitos de descrevem as restrições dos dispositivos

envolvidos no sistema. Exemplos disso são restrições de processador, disco e memória, bem como qual dispositivo externo que possa ser acessado.

- **Consumo de Energia:** grande parte dos sistemas IoT são alimentados por algum tipo de fonte limitada a energia. Então essas informações são requisitos que descrevem o gerenciamento e consumo de energia do sistema, por exemplo: baterias portáteis, energia elétrica, energia solar, etc.
- **Dispositivos físicos:** Os dispositivos físicos do IoT são equipados com sensores, atuadores e circuitos eletrônicos que permitem a coleta de informações do mundo real, como temperatura, umidade, luz, movimento, localização, entre outros. Esses dados são então processados e transmitidos para a nuvem ou para outros dispositivos, onde podem ser armazenados, analisados e utilizados para tomar decisões ou executar ações. Exemplo: câmeras, smartphones, câmeras de segurança, fechaduras inteligentes, entre outros.
- **Ambiente de Execução:** tem relação com o ambiente ou o contexto no qual o sistema funcionará. Esse ambiente é o local onde as coisas estão, onde as funcionalidades ocorrem, onde os eventos ocorrem e as pessoas estão. Por exemplo: no mar, dentro de um galpão ou sala com temperatura abaixo de 0C. Outro ponto relevante é a indicação de quantas pessoas, ou atores, podem interagir com o sistema simultaneamente.
- **Infraestrutura:** São os custos necessários para o funcionamento e suporte do sistema. Ela engloba tanto os elementos físicos quanto os elementos virtuais que permitem a conexão, comunicação, processamento e armazenamento de dados dos dispositivos IoT. Por exemplo: dispositivos IoT, armazenamento de dados, computação em nuvem, segurança e integração com sistemas.
- **Fonte de Renda:** Refere-se à forma como o sistema gera receita ou lucro para a organização que o desenvolve e opera. Em outras palavras, é a maneira pela qual o sistema é monetizado. Existem diferentes modelos de negócio que podem ser aplicados a sistemas IoT para obter receita. Alguns exemplos comuns incluem: venda de dispositivos físicos, assinaturas e licenciamento, modelos freemium e serviços adicionais que agregam valor.

- **Proposta de Valores:** no campo de proposta de valores, devem ser mencionados os diferenciais competitivos do produto, por exemplo: melhor desempenho, preço mais baixo, maior acessibilidade.
- **Perspectivas financeiras:** É importante para compreender o impacto financeiro e os aspectos relacionados aos recursos financeiros envolvidos no desenvolvimento, operação e manutenção desse sistema IoT. Deve abordar diferentes aspectos financeiros como investimento inicial, custo operacional, como, por exemplo: equipe de desenvolvimento, especialistas, fornecedores, custos fixos (água, luz, energia, internet, aluguel).
- **Clientes:** Os clientes são as entidades externas à organização, que interagem com o processo e são beneficiadas pelos produtos ou serviços. Eles devem ser identificados para compreender características, requisitos, preferências e prioridades. Nesse campo, os clientes podem ser classificados, por exemplos, por idade, classe social e informações que sejam relevantes e úteis para os clientes envolvidos.