ANDRÉ LUIZ MACIEL SANTANA

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0: UM MÉTODO PARA OPERACIONALIZAR O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA A REALIZAÇÃO DE PROJETOS COMPLEXOS, BASEADOS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS REAIS

Versão Revisada

SÃO PAULO
2023

ANDRÉ LUIZ MACIEL SANTANA

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0: UM MÉTODO PARA OPERACIONALIZAR O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA A REALIZAÇÃO DE PROJETOS COMPLEXOS, BASEADOS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS REAIS

Versão Revisada

Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Eletrônicos

Orientadora: Profa. Dra. Roseli de Deus Lopes

SÃO PAULO
2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte e que seja reproduzida ou divulgada após o dia 10 de fevereiro de 2025.

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 15 de Abril de 2023

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catalogação-na-publicação

Santana, André Luiz Maciel
Educação em Engenharia na era da Indústria 4.0: um método para operacionalizar o desenvolvimento de competências para a realização de projetos complexos, baseados na resolução de problemas reais / A. L. M. Santana -- versão corr. -- São Paulo, 2023.
221 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos.

1.Resolução de Problemas do Mundo Real 2.Co-Design 3.Aprendizagem Baseada em Projetos 4.Competências em Engenharia 5.Indústria 4.0 I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos II.t.

Janus

Universidade de São Paulo

ATA DE DEFESA

Ata de defesa de Tese do(a) Senhor(a) André Luiz Maciel Santana no Programa: Engenharia Elétrica, do(a) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Aos 16 dias do mês de fevereiro de 2023, no(a) realizou-se a Defesa da Tese do(a) Senhor(a) André Luiz Maciel Santana, apresentada para a obtenção do título de Doutor intitulada:

"Educação em engenharia na era da indústria 4.0: um método para operacionalizar o desenvolvimento de competências para a realização de projetos complexos, baseados na resolução de problemas reais"

Após declarada aberta a sessão, o(a) Sr(a) Presidente passa a palavra ao candidato para exposição e a seguir aos examinadores para as devidas arguições que se desenvolvem nos termos regimentais. Em seguida, a Comissão Julgadora proclama o resultado:

Nome dos Participantes da Banca	Função	Sigla da CPG	Resultado
Roseli de Deus Lopes	Presidente	EP - USP	APROVADO
Ronaldo Domingues Mansano	Titular	EP - USP	APROVADO
Luiz Fernando Cardoso dos Santos Durão	Titular	Insper - Externo	APROVADO
Adriana Maria Tonini	Titular	UFOP - Externo	APROVADO
Leandro Key Higuchi Yanaze	Suplente	PosDoc-IEA	APROVADO

Resultado Final: APROVADO

Parecer da Comissão Julgadora *

A banca considera relevante a pesquisa para a Educação em Engenharia.

Eu, Elias Alves de Almeida _____, lavrei a presente ata, que assino juntamente com os(as) Senhores(as). São Paulo, aos 16 dias do mês de fevereiro de 2023.

Ronaldo Domingues Mansano

Luiz Fernando Cardoso dos Santos Durão

p/ Adriana Maria Tonini

Leandro Key Higuchi Yanaze

Roseli de Deus Lopes
Presidente da Comissão Julgadora

* Obs: Se o candidato for reprovado por algum dos membros, o preenchimento do parecer é obrigatório.

A defesa foi homologada pela Comissão de Pós-Graduação em _____ e, portanto, o(a) aluno(a) _____ jus ao título de Doutor em Ciências obtido no Programa Engenharia Elétrica - Área de concentração: Sistemas Eletrônicos.

_____
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

RESUMO

SANTANA, A. L. M. **Educação em Engenharia na era da Indústria 4.0:** Um método para operacionalizar o desenvolvimento de competências para a realização de projetos complexos, baseados na resolução de problemas reais. 2023. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo), São Paulo, 2023.

Durante os últimos anos, muito vem se discutindo a respeito das mudanças da era da indústria 4.0, e que afetam a forma como as pessoas interagem entre si, consomem tecnologia, realizam suas tarefas do cotidiano, aprendem e se relacionam. Estas mudanças são sentidas tanto pela indústria, no que se referem as competências técnicas e não técnicas necessárias para que engenheiros realizem seus papéis profissionais com plenitude no século XXI, quanto pela sociedade que nutre a expectativa de absorver profissionais de engenharia e tecnologias, com perfil multidisciplinar e capazes de propor e desenvolver soluções para problemas complexos, de forma sustentável e inclusiva. No entanto, as abordagens tradicionais de ensino de engenharia em geral ainda estão distantes de problemas reais. O afastamento da formação acadêmica de estudantes de cenários que envolvam problemas reais e complexos se contrapõe às expectativas tanto da indústria, quanto da sociedade. A presente pesquisa, que foi conduzida seguindo o *Design-Based Research*, investigou como operacionalizar, no Ensino Superior de Engenharia, o desenvolvimento de competências para realização de projetos complexos, baseado na resolução de problemas reais. Os resultados indicam que o método proposto, que inclui instrumentos de avaliação, tiveram impacto positivo para formação dos estudantes, e contribuíram para o desenvolvimento de projetos que se propõem a resolver problemas do mundo real. Ainda, os resultados sugerem que este tipo de método pode ser aplicado tanto em disciplinas presenciais, quanto remotas, que podem envolver estudantes de diferentes cursos de graduação na condução de um mesmo projeto, e que o percurso pode ser conduzido tanto em disciplinas focadas apenas no desenvolvimento de projetos, quanto em disciplinas que compartilharão o tempo de sala de aula, entre projetar uma solução e ensinar um conteúdo teórico ou técnico.

Palavras-Chave: Resolução de Problemas do Mundo Real. Co-Design. Aprendizagem Baseada em Projetos. Competências em Engenharia. Indústria 4.0

ABSTRACT

SANTANA, A. L. M. **Engineering Education in the Industry 4.0 era:** A method to operationalize the development of competencies to design complex projects based on Real-World Problems Solving. 2023. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo), São Paulo, 2023.

During the last few years, much has been discussed about the changes in the industry 4.0 era, which affect the way people interact with each other, consume technology, perform their daily tasks, learn, and relate. These changes are felt both by the industry, in terms of the technical and non-technical skills necessary for engineers to carry out their professional roles fully in the 21st century, and by the society that expects to absorb engineering and technology professionals with a multidisciplinary profile, and capable of proposing and developing solutions to complex problems sustainably and inclusively. However, in general, traditional engineering teaching approaches still need to be made aware of real issues. The distancing of students' academic training from scenarios involving real and complex problems is opposed to the expectations of both industry and society. The present research, which was conducted following the Design-Based Research, investigated how to operationalize, in Higher Engineering Education, the development of competencies to carry out complex projects based on the resolution of real problems. The results indicate that the proposed method, including assessment tools, had a positive impact on student training and contributed to developing projects that aim to solve real-world problems. Still, the results suggest that this type of method can be applied both in face-to-face and remote disciplines, which can involve students from different undergraduate courses in conducting the same project, and that the approach can be performed both in fields focused only on the project development, as well as in disciplines that will share classroom time, between designing a solution and teaching theoretical or technical content.

Keywords: Real-World Problem Solving, Co-Design, Project-Based Learning. Engineering Competencies. Industry 4.0

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de Design-Based Research 20
Figura 2 - Características centrais do Design-Based Research 21
Figura 3 – DBR aplicado ao método proposto nesta pesquisa 22
Figura 4 - Etapas de investigação da literatura para formulação da revisão bibliográfica 29
Figura 5 – Etapas do processo de leitura e tabulação dos artigos da RSL 37
Figura 6 - Duplo Diamante 47
Figura 7 - Startup Garage Innovation Process 50
Figura 8 – Canvas de Modelo de Negócio 52
Figura 9 - Métodos e ferramentas que contribuem para a criação de startups de software 53
Figura 10 - Método para Disciplina de Elementos de Máquina 1 63
Figura 11 - Gráfico de radar contendo as médias de respostas de diferentes estudantes das turmas A e B 72
Figura 12 - Pontuação de cada estudante para habilidades técnicas e não-técnicas da Turma A 74
Figura 13 - Pontuação de cada estudante para habilidades técnicas e não-técnicas da Turma B1 75
Figura 14 – Bancada de Componentes do Skate 77
Figura 15 – Estrutura do demonstrador 2 77
Figura 16 – Projeto Desenvolvido pela equipe A1 – Suporte com parafusadeira 78
Figura 17 – Projeto Desenvolvido pela equipe A2 – *Pick-to-light* 79
Figura 18 - Projeto de um Banco para Praças Públicas 80
Figura 19 – Sistema de apoio para exercícios e movimentação dos membros superiores 81
Figura 20 – Sistema de apoio ao monitoramento de cadência de pedaladas para ciclistas 81
Figura 21 – Alimentador de pets 82
Figura 22 – Sala de aula - Apresentação Final dos Projetos Turma B1 82
Figura 23 - Produto do Grupo 1 da Turma B2 84
Figura 24 – Método proposto para disciplina de Microcontroladores e Internet das Coisas 92
Figura 25 - Áreas temáticas de Projeto 94
Figura 26 - Protocolo para elaboração do ponto de vista (PoV), com ênfase nas necessidades do usuário 95
Figura 27 - Gráfico de decisões, baseado no esforço da esquipe, e no impacto para Persona 98

Figura 28 - Cartões de Esforço e Impacto 99
Figura 29 - Exemplo de Jornada do Usuário 101
Figura 30 - Exemplo de história do usuário, cadastro de um paciente em um App de TeleMedicina 102
Figura 31 - Estrutura de artefatos e ferramentas de apoio para condução de projetos 109
Figura 32 - Resultado das Habilidades Técnicas e Não-Técnicas - Ciclo 2 112
Figura 33 - Estrutura de encontros do Ciclo 3 122
Figura 34 - Canvas de Definição de Problema (Não preenchido) 126
Figura 35 - Mentoria com a E.E. Irmã Annete Marlene Fernandes de Mello 128
Figura 36 - Mentoria com professoras de E.E. Pereira Barreto 129
Figura 37 - Programa para Ciclo 4. Laboratório de Software e Projetos 135
Figura 38 - Roteiro de avaliação dos projetos no Ciclo 4 137
Figura 39 – Possibilidade de impacto da solução para o público-alvo, na visão dos avaliadores 143
Figura 40 - Proposta de Método para Resolução de Problemas do Mundo Real 157
Figura 41 - Semana 1: Identificação da equipe, temas sugeridos e ferramentas utilizadas 160
Figura 42 – Semana 2: Tempestade de Ideias: Problema Candidato 161
Figura 43 – Semana 2: Priorização de Problemas 162
Figura 44 - Semana 3: Mapa de Priorização de Problemas 163
Figura 45 - Semanas 3 e 4: Canvas de Definição de Problemas. 164
Figura 46 - Semana 4: Modelo de Proto-Persona 165
Figura 47 - Semana 4: Roteiro de Entrevistas 167
Figura 48 - Semana 5: Registro das Entrevistas 168
Figura 49 - Semana 6: Consolidação dos Resultados da Entrevista 169
Figura 50 - Semana 7: Tempestade de Ideias - Soluções Candidatas 170
Figura 51 - Semana 7: Priorização das Soluções Candidatas 171
Figura 52 - Semana 8: Jornada do Usuário 172
Figura 53 - Semana 9: Template da História do Usuário 173
Figura 54 - Semana 9: Mapa de Priorização de Histórias 174
Figura 55 - Semana 10: Backlog de Histórias do Usuário 176
Figura 56 - Semana 11: Canvas de Modelo de Negócio 178
Figura 57 - Semana 12: Roteiro de Testes 179
Figura 58 - Semana 12: Métricas de Qualidade 180
Figura 59 – Semana 13: Evidências dos Testes Intermediários 181

Figura 60 - Semana 13: Consolidação dos Resultados de Entrevista 182
Figura 61 - Semana 14: Consolidar Resultados da Avaliação Intermediária 183

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos Estudos de Caso 26
Tabela 2 – Comparação entre o parecer docente, e as notas geradas pelas rubricas 141

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Perguntas de Pesquisa - Revisão Sistemática da Literatura 35
Quadro 2 - Tipos de Abordagem exploradas em projetos de engenharia (análise da RSL) 38
Quadro 3 - Exemplo de um Problema "Domesticado" 43
Quadro 4 – Exemplos de ampliação do escopo de um problema, por consequência da aproximação de cenários reais 44
Quadro 5 – Exemplo de *Wicked Problem (ill-defined problem)* 45
Quadro 6 - Caracterização da ***Turma A1*** – Estudo de Caso 1 58
Quadro 7 - Caracterização das ***Turmas B1/B2*** – Estudo de Caso 2 60
Quadro 8 - Cronograma de aulas, sem a inserção de projetos na estrutura da disciplina 65
Quadro 9 - Rubrica de avaliação - Etapa levantamento de problemas 68
Quadro 10 - Rubrica de avaliação - Apresentação do Problema Escolhido 68
Quadro 11 - Rubrica de Avaliação - Inspirações da literatura e do mercado 69
Quadro 12 - Caracterização das Turma C – Estudo de Caso 3 89
Quadro 13 - Cronograma de aulas, sem a inserção de projetos na estrutura da disciplina 93
Quadro 14 - Quatro dimensões da definição de um problema 94
Quadro 15 - Rubricas de Avaliação do Projeto Final da Disciplina 105
Quadro 16 - Resultados da autoavaliação (Pré-Teste e Pós-Teste) – Ciclo 2 111
Quadro 17 - Comentários da Turma C, a respeito do método proposto 113
Quadro 18 - Projetos de Destaque da Ciclo 2 115
Quadro 19 - Caracterização das ***Turma D*** – Estudo de Caso 4 120
Quadro 20 - Questionário de Avaliação dos Encontros do Ciclo 3 124
Quadro 21 - Devolutivas da formação de definição de problemas 127
Quadro 22 - Caracterização das ***Turma E*** – Estudo de Caso 5 132
Quadro 23 - Rubricas de Avaliação do Projeto Final da Disciplina 138
Quadro 24 - Projetos de Destaque do Ciclo 4 144
Quadro 25 – Competências Estimuladas pelo Método Proposto 151

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo da Média Final na Disciplina de Elementos de Máquina.....70
Equação 2 - Equação de Média Final do Ciclo 2 107
Equação 3 - Cálculo da Média Final na Disciplina de Laboratório de Software e Projetos ..136

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14

1.1 Questões de Pesquisa 17

1.1.1 Caracterização do Problema 17

1.1.2 Problema de Pesquisa 18

1.2 Objetivos 18

1.2.1 Objetivo Geral 18

1.2.2 Objetivo Específicos 18

1.3 Materiais e Métodos 19

1.3.1 DBR aplicada à pesquisa 22

1.4 Organização do trabalho 27

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 29

2.1 Resolução de Problemas do Mundo Real e Aprendizagem Baseada em Projetos 30

2.2 Metodologias Ativas de Aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades na era da Indústria 4.0: Uma Revisão Sistemática da Literatura 33

2.2.1 Viabilidade do estudo e caracterização da necessidade da revisão Indústria 4.033

2.2.2 Abordagem metodológica da RSL 35

2.2.3 Revisão Sistemática da Literatura 38

2.2.4 Contribuições da RSL e lacunas identificadas na literatura 38

2.3 Problemas Complexos no ensino de engenharia 42

2.4 *Design Thinking* 45

2.5 Startup Garage Innovation Process 48

2.6 Habilidades versus Competências 55

3 CICLOS DE APLICAÇÃO DA PESQUISA 57

3.1 Ciclo 1: Estudo de Caso 1 – Disciplina de Introdução à Eng. Elétrica 57

3.1.1 Características Demográficas 58

3.2 Ciclo 1: Estudo de Caso 2 – Disciplina de Elementos de Máquina 60

3.2.1 Características Demográficas e Estrutura da Disciplina 60

3.2.2 Método proposta para disciplina de Elementos de Máquina: Versão 1 62

3.2.3 Artefatos Produzidos 70

3.3 Resultados Obtidos – Ciclo 1 71

Atividade da Barras de Macaco (Turma B1/B2): PBL 83

3.3.1 Reflexões Acerca do Ciclo 1 85

3.4 Ciclo 2: Estudo de Caso 3 – Projetos práticos, na pandemia do Covid-19 87

3.4.1 Caracterização dos Participantes 87

3.4.2 Características Demográficas 90

3.4.3 Método proposto para disciplina de Microcontroladores e Internet das Coisas: Versão 2 90

3.4.4 Artefatos Produzidos e Ferramentas Adotadas no Ciclo 2 107

3.4.5 Resultados Obtidos no Ciclo 2 110

3.4.6 Reflexões Acerca do Ciclo 2 117

3.5 Ciclo 3: Estudo de Caso 4 – Formação Docente 119

3.5.1 Caracterização dos Participantes 119

3.5.2 Apresentação do Programa 122

3.5.3 Artefatos Produzidos e Ferramentas Adotadas no Ciclo 3 124

3.5.4 Resultados Obtidos 127

3.5.5 Reflexões Acerca da Ciclo 3 130

3.6 Ciclo 4: Estudo de Caso 5 – Resolução de Problemas Reais 131

3.6.1 Caracterização dos Participantes 131

3.6.2 Apresentação do Método 133

3.6.3 Resultados Obtidos 141

3.6.4 Artefatos Produzidos e Ferramentas Adotadas no Ciclo 4 145

3.6.5 Reflexões Acerca do Ciclo 4 146

4 MÉTODO PROPOSTO 148

4.1 Semana 1 159

4.2 Semana 2 161

4.3 Semana 3 163

4.4 Semanas 4 e 5 165

4.5 Semana 6 168

4.6 Semanas 7 e 8 169

4.7 Semana 9 173

4.8 Semanas 10 e 11 175

4.9 Semanas 12 e 13 179

4.10 Semanas 14 a 18 182

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 184

5.1 Resultados Acadêmicos 186

REFERÊNCIAS 188

ANEXO A - REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA 195

ANEXO B - PROTOCOLO DE DEFINIÇÃO DE PROBLEMAS 196

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO APLICADO NO PRÉ-TESTE 197

APÊNDICE B - FLUXO DE PROJETOS 200

APÊNDICE C - EXERCÍCIO PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS REAIS 203

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO APLICADO APÓS A ATIVIDADE DA BARRA DE MACACOS 206

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO APLICADO NO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE (CICLO 3) 208

APÊNDICE F – PROPOSTA PARA PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE 213

1 INTRODUÇÃO

Todos os dias novas tecnologias são apresentadas à sociedade, promovendo transformações na forma como as pessoas interagem entre si, com o seu entorno e suas demandas pessoais. A quarta revolução industrial, frequentemente definida como a era da Indústria 4.0 pode ser tratada hibridamente como (a) um resultado destas transformações, estimuladas pelas demandas da população, da indústria e pelo crescimento e envolvimento de tecnologias como internet das coisas, ciência de dados, computação distribuída, automação e inteligência artificial e (b) como um catalisador frente as inovações sociais e tecnológicas que ocuparão o século XXI (MORRAR; ARMAN; MOUSE, 2017).

A era da Indústria 4.0, de acordo com Kagermann (2015), pode ser tratada como uma nova fase da evolução industrial, e que é influenciada pelo processo de digitalização da informação. De acordo com o autor, o surgimento de novas tecnologias que envolvem a popularização da internet das coisas, da análise e armazenamento de dados, e da estruturação de sistemas ciber-físicos, favorece a implementação de um sistema produtivo capaz de conectar seres humanos e máquinas, estimulando a comunicação fluída entre as partes, tal como uma rede social capaz de conectar recursos e entidades em uma linha de produção ou desenvolvimento de soluções inovadoras. Além disso, entende-se que com o avanço da computação ubíqua e pervasiva na indústria, é possível (a) otimizar o uso de recursos humanos, financeiros e materiais na concepção de novos produtos; (b) explorar novas formas de interação entre humanos e robôs, garantindo um processo produtivo harmonioso e sem riscos ao operador; (c) reestruturar, e muitas vezes até eliminar grande parte das atividades operacionais associadas a esforços repetitivos, substituindo-as por tarefas relacionadas a produção de conhecimento; (d) descentralizar as tomadas de decisão, garantindo uma engenharia ponta-a-ponta e o envolvimento dos colaboradores em todo processo e (e) criar novos modelos de negócio, que tornarão possível uma maior personalização dos processos produtivos, garantindo também a inclusão dos clientes (STOCK; SELIGER, 2016; ZHONG et al., 2017; MRUGALSKA; WYRWICKA, 2017)

Vaidya et al. (2018) apresentam os nove pilares da indústria 4.0, que são (i) Big Data e Análise de Dados (ii) robôs autônomos (iii) simulação computacional (iv) integração horizontal e vertical para sistemas de uma corporação (v) internet das coisas (vi) sistemas cyber-físicos e

a segurança destes sistemas (vii) computação em nuvem (viii) manufatura aditiva e (ix) realidade aumentada.

Para garantir que estas transformações ocorram de forma sustentável e que sejam capazes de impulsionar o desenvolvimento social e tecnológico, é fundamental repensarmos também o papel da universidade neste contexto (STOCK; SELIGER, 2016).

Corroborando a esta afirmação, pesquisas como as de Baena et al. (2017), Abele et al. (2015), Prinz et al. (2016), Benešová e Jiří (2017) reforçam a necessidade de mudanças nas estratégias empregadas pelas instituições de ensino superior para contemplar o perfil esperado para um engenheiro na era da Indústria 4.0. Estes autores destacam a necessidade de estimular fortemente as competências de relacionamento pessoal, o aprendizado por práticas de ensino em um contexto real, a busca pelo equilíbrio entre competências sociais, de método científico e conhecimento técnico e a implementação de metodologias mais ativas de ensino, incluindo a aprendizagem baseada em experiência.

Nesta linha, outros autores defendem que um novo perfil de engenheiro é esperado frente às transformações propostas pela Indústria 4.0, sugerindo que as instituições de ensino superior devem incluir em seus currículos de engenharia, o desenvolvimento de conhecimentos técnicos atuais e flexíveis, estimulando o meta-aprendizado, o desenvolvimento de inteligência social e emocional, a postura de liderança e a valorização do método intuitivo (GOLDBERG; SOMERVILLE, 2014; GOLDBERG; SOMERVILLE, 2015).

De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais do Brasil, para a Educação em Engenharia, propostas pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE), um estudante egresso em engenharia deve ser capaz de aliar suas habilidades técnico-científica, com sua capacidade de atuar de forma eficiente em equipes multidisciplinares e de comunicar-se adequadamente. Além disso, também se espera que um engenheiro apresente habilidades de liderança, compromisso com a ética e responsabilidade socioambiental, buscando sempre contribuir para o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida da sociedade (ABENGE, 2018).

Apesar de os nove pilares da Indústria 4.0 apresentados em Vaidya et. al. (2018) já se tratar de premissas e tecnologias amplamente difundidas pelos cursos de graduação em engenharia, muitas vezes são empregados de forma isolada e gerenciados por setores pouco multidisciplinares, tanto na indústria, quanto na academia.

Pesquisas como a de Zancul et al. (2018), indicam uma insatisfação dos estudantes e egressos de disciplinas como as de “Introdução à Engenharia”, no que se refere as práticas utilizadas em sala de aula. O maior grau de satisfação dos estudantes possuí relação com o maior envolvimento que tiveram com: projetos práticos, metodologias mais ativas e maior envolvimento com os laboratórios e recursos disponíveis em suas Instituições de Ensino Superior.

Ainda, estudos como Freeman et al. (2014), Zappe et al. (2009), Fortus (2005) enfatizam a importância de projetos que foquem em problemas reais, que possuam um contexto apropriado na definição do problema e que permitam que os estudantes acompanhem sua trajetória no desenvolvimento de projetos, de forma clara e com indicadores de progresso bem estabelecidos.

Ao aproximar o processo de resolução de problemas reais, das abordagens conduzidas no ensino superior em engenharia, é importante destacar os impactos de uma abordagem centrada no usuário, para o desenvolvimento de competências que permitam que os estudantes de engenharia possam exercer o seu papel profissional e social na era da Indústria 4.0. Para isso, destaca-se uma abordagem de Co-Design e que pode ser associada a abordagem de Aprendizagem Baseada em Projetos. De acordo com Steen, Manschot e Koning (2011), o processo de Co-Design pode ser tratado como a criatividade coletiva aplicada em todo processo de desenvolvimento de um projeto, e que é beneficiada pelo envolvimento das partes interessadas, com o intuito de garantir clareza das propostas de valor e reduzir as incertezas ao longo do desenvolvimento de uma solução para um problema real. Estas abordagem, além de aproximar o estudante do usuário final de uma solução, favorece a capacidade de um projetista em desenvolver *para* e *com* o usuário.

Diante deste contexto, esta pesquisa objetiva-se em propor um método para operacionalização do desenvolvimento de competências para a realização de projetos complexos no ensino de engenharia, com ênfase na resolução de problemas do mundo real.

1.1 Questões de Pesquisa

1.1.1 Caracterização do Problema

Diversos autores afirmam que tanto a indústria, quanto a forma como as pessoas interagem entre si serão impactadas por mudanças geradas pela Indústria 4.0. Estas mudanças afetam a economia das nações, a forma como as pessoas e as empresas se comunicam, como estão estruturados os empregos, o mercado de trabalho (o que deve eliminar diversos empregos e gerar diversos empregos que ainda nem existem), e o valor e a importância da informação. Além disso, os mesmos estudos convergem na preocupação em definir estratégias, que garantam que essas mudanças ocorram de forma sustentável, tanto no que diz a respeito à inovação tecnológica, quanto inovação social e econômica. (ZHOU; LIU; ZHOU, 2015; LEE; BAGHUERI; KAO,2015; KAGERMANN, 2015; LIAO ET AL., 2017).

Em complemento, pesquisas como as de Goldberg e Somerville (2014) reforçam a preocupação em reestruturar a formação em engenharia, garantindo que os futuros profissionais tenham contato prático e vivenciem experiências de soluções que os aproximem da sociedade. Além disso, também destacam que o papel do engenheiro deve estar atrelado ao seu papel de cidadão.

Singer e Smith (2013) apresentam as principais mudanças que ocorreram ao longo dos últimos 100 anos no ensino de engenharia - conforme os registros apresentados no *National Research Council (2012)* - e reforçam as cinco principais mudanças no que se espera para formação de engenheiros, sendo elas (i) a ênfase em promover a capacidade analítica e de método científico do estudante; (ii) a preocupação em garantir que os estudantes alcancem resultados ao longo de sua formação e que seja possível comprovar as competências alcançadas; (iii) a importância do desenvolvimento de projetos de engenharia; (iv) a necessidade de incluir estratégias que favoreçam o desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais, e (v) a integração da tecnologias da informação, computação e comunicação na sala de aula (FROYD; WANKAT; SMITH, 2012).

As preocupações e reestruturações abordadas na pesquisa de Singer e Smith (2013), convergem em algum grau com as inquietações dos estudantes apresentadas por Zancul et al. (2018), com os resultados obtidos na revisão de Santana e de Deus Lopes (2020) e com os resultados das pesquisas compiladas em Lopes et al. (2019).

1.1.2 Problema de Pesquisa

Diante do cenário, este estudo busca responder a seguinte pergunta de pesquisa:

1. *Como podemos operacionalizar o desenvolvimento de projetos complexos no ensino superior de engenharia, priorizando o co-design de soluções centradas no usuário, e em diferentes fases da formação de um engenheiro?*

Com o intuito de responder a estas perguntas, as próximas seções apresentam o objetivo geral, os objetivos específicos desta pesquisa, os materiais e métodos empregados neste estudo e a estrutura geral deste documento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral propor um método para operacionalização do desenvolvimento de competências para a realização de projetos complexos no ensino de engenharia, com ênfase na resolução de problemas do mundo real.

1.2.2 Objetivo Específicos

Para atingir o objetivo geral desta pesquisa, este estudo se propõe a:

- Realizar um levantamento do estado da arte a respeito de práticas de Ensino de Engenharia que foquem na Resolução de Problemas do Mundo Real;
- Propor um método para aplicação de estratégias de ensino focadas em Resolução de Problemas do Mundo Real e que permita avaliar o estudante em diversos níveis de progresso durante a elaboração do seu projeto;
- Construir um design experimental, para aplicação em sala de aula, dos artefatos desenvolvidos ao longo da pesquisa;

- Realizar intervenções em sala de aula com a aplicação dos artefatos desenvolvidos;
- Comparar e explicitar os efeitos destas intervenções em diferentes grupos de estudantes, avaliando o potencial do método proposto para o desenvolvimento de competências para a realização de projetos complexos, baseados na resolução de problemas reais.

1.3 Materiais e Métodos

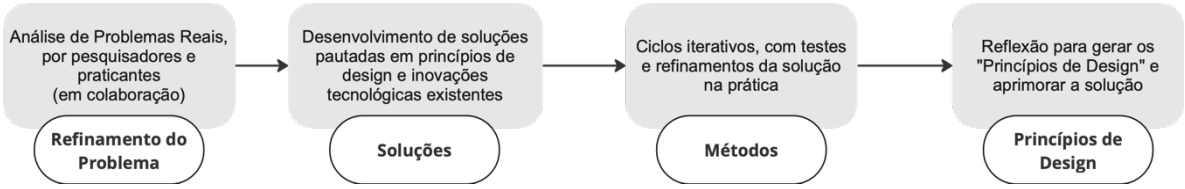
De acordo com Easterday, Lewis e Gerber (2018), Design-Based Research (DBR) pode ser tratada como uma meta metodologia, que permite que pesquisadores da área de educação empreguem o uso de métodos para construção de uma pesquisa básica, sob a perspectiva de uma pesquisa aplicada. Ainda, a DBR reconhece que a estrutura teórica, e as intervenções de sala de aula não são suficientes para estabelecer uma relação de causa e efeito, e que o processo proposto pela DBR, permite que os pesquisadores projetem e estudem intervenções, por meio de uma abordagem baseada em ciclos iterativos de desenvolvimento, e com a elaboração de hipóteses que devem ser testadas e refinadas em colaboração com as partes interessadas (BROWN, 1992; COLLINS; JOSEPH; BIELACZYC, 2004).

Nobre e Martin-Fernandes (2021), destacam que DBR consiste em uma síntese de diferentes tendências metodológicas cujo objetivo incide em alterar as práticas educacionais, partindo de teorias e práticas já existentes, em que é possível produzir conhecimento ou remover incertezas teóricas no âmbito de uma investigação. Além disso, os autores destacam que o foco da DBR consiste na criação e análise de um Design para práticas de pesquisa na educacão.

Barab e Squire (2004), destacam que a DBR, diferente de abordagens tradicionais de pesquisa, envolve um processo de revisão mais flexível. Os autores também destacam que os participantes da pesquisa não devem ser tratados apenas como parte do “assunto de interesse”, e que devem, inclusive, fazer parte do processo de construção do estudo, gerando contribuições por meio de práticas reflexivas.

Reeves (2006) sugere que a DBR pode ser conduzida em quatro fases conectadas (ver Figura 1).

Figura 1 - Processo de Design-Based Research



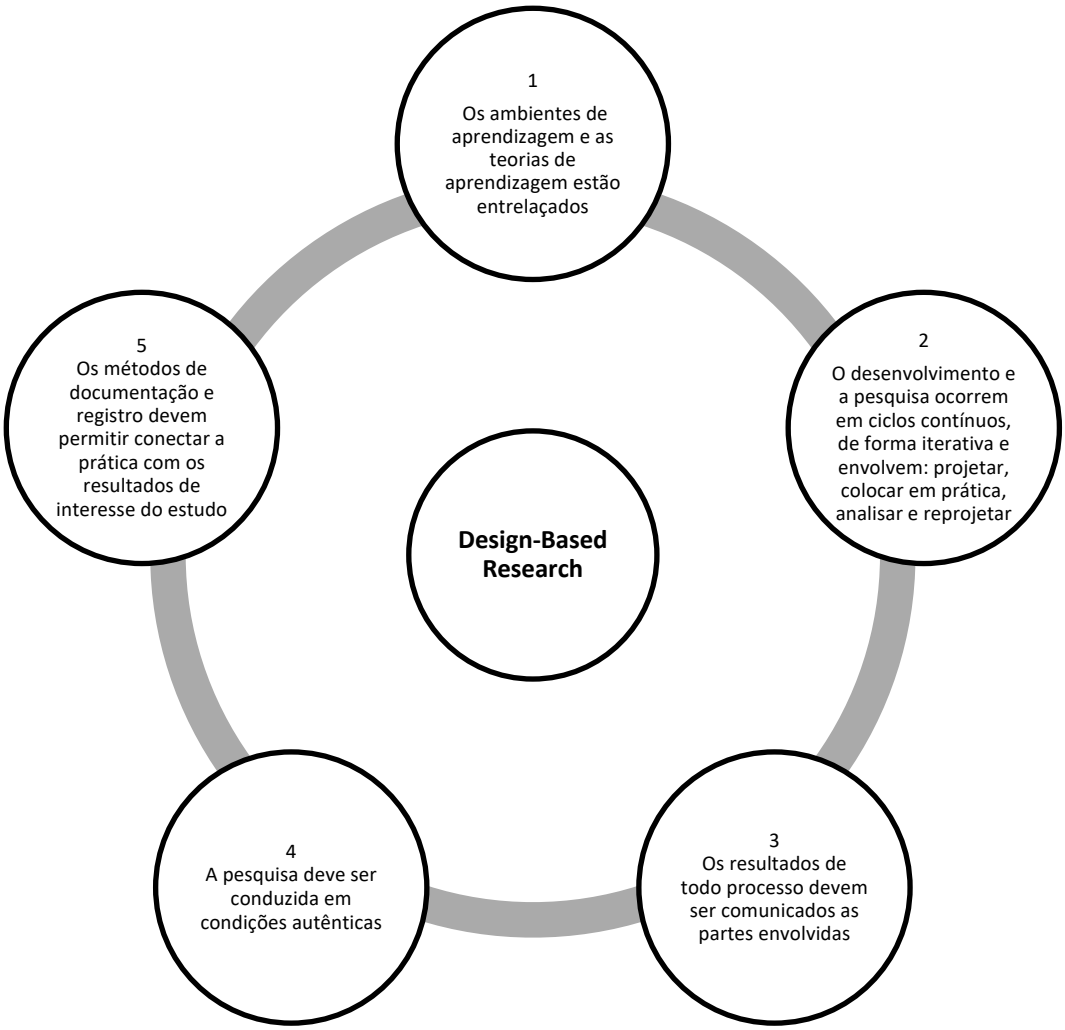
Fonte: Traduzido de Reeves (2006)

Na **Fase 1** da DBR os pesquisadores e praticantes devem estruturar um problema real de ensino e aprendizagem. Além disso, devem estabelecer um conjunto de restrições e premissas que serão incluídas na definição do escopo do problema. Na **Fase 2**, os pesquisadores devem desenvolver uma solução, por meio da elaboração de protótipos testáveis em ambientes reais. Para isso, devem desenvolver os protótipos considerando princípios de design e inovações tecnológicas já existentes. Ainda, na **Fase 2**, são incluídas revisões da literatura para investigação do estado da arte, e do estado da prática.

Na **Fase 3** são estabelecidos um conjunto de métodos que sejam capazes de apoiar o processo de avaliação dos protótipos desenvolvidos. Estes métodos devem apoiar a construção de uma resposta para o problema definido na **Fase 1** da pesquisa. Os métodos especificados na **Fase 3** devem ser conduzidos segundo uma abordagem de ciclos iterativos, em que o protótipo desenvolvido e as hipóteses estruturadas, devem ser avaliados, refinadas e aprimoradas, em cada uma das *fases* da pesquisa. Para isso, são estabelecidas estratégias que viabilizem intervenções em cenários reais. Por fim, na **Fase 4**, são gerados artefatos e documentos que apoiem a comunicação dos resultados e que sejam capazes de viabilizar um aprimoramento da solução, tal como a sua generalização para uso em ambientes reais.

A Design-Based Research Collective (2003), propõem cinco características que devem ser incorporadas na condução de estudos que desejam empregar este tipo de pesquisa (ver Figura 2).

Figura 2 - Características centrais do Design-Based Research



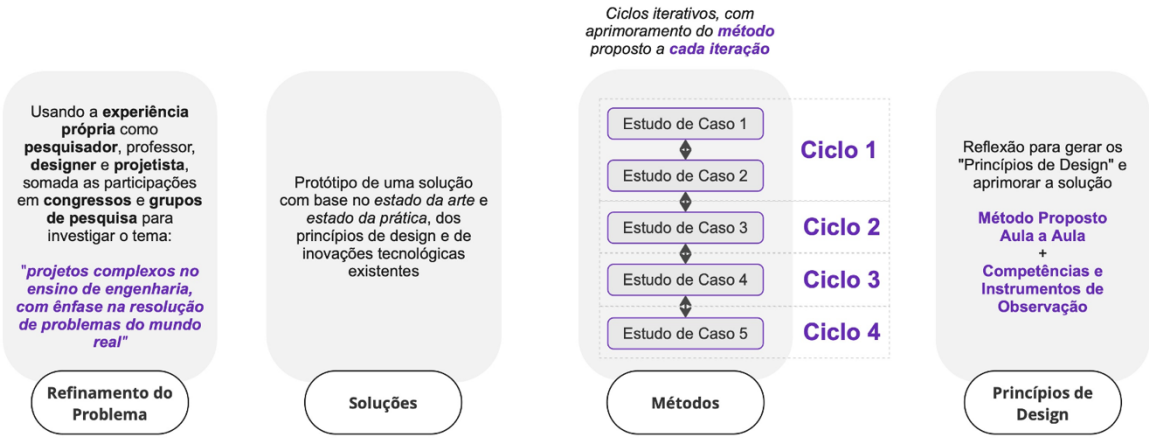
Fonte: Design-Based Research Collective (2003)

De acordo com a Design-Based Research Collective (2003), e corroborado por Fernandez (2017) e Easterday, Lewis e Gerber (2018), pesquisas na área de tecnologia e educação, devem considerar os contextos de aprendizagem, assim como as teorias de aprendizagem, durante todo processo iterativo de construção e condução de uma pesquisa, pois desta forma, é possível promover intervenções em sala de aula, que consideram tanto o contexto social, quanto o contexto cognitivo. Ainda, os autores destacam que ao investigar os impactos de uma nova abordagem no processo de ensino-aprendizagem, é fundamental identificar quais são os pontos de intersecção e generalização, para cada uma das fases de condução do experimento, além disso, realimentar o processo com as principais descobertas obtidas em cada uma das fases.

1.3.1 DBR aplicada à pesquisa

Para condução desta pesquisa, foram especificados um conjunto de métodos que permitiram uma maior compreensão acerca do tema, e que envolveram revisões sistemáticas da literatura, revisões não sistematizadas e a condução de cinco (5) estudos de caso. A Figura 3 representa o desenho desta pesquisa de acordo com a DBR.

Figura 3 – DBR aplicado ao método proposto nesta pesquisa



Fonte: Autoria própria

Fase 1 – Refinamento do Problema

O processo de definição e refinamento do problema (Fase 1), foi documentado ao longo dos *Capítulo 1* e *Capítulo 2* desta tese. O *Capítulo 1* permitiu identificar uma primeira versão do problema a ser investigado, bem como um "gap" na literatura para proposição de um método operacional que permita o desenvolvimento de projetos de alta complexidade no contexto do ensino superior em engenharia. Como o processo proposto pela DBR nem sempre é linear, foram conduzidas quatro revisões da literatura, e em paralelo, foram realizadas discussões acerca do tema "Inovação no Ensino Superior em Engenharia", envolvendo pesquisadores de diversas Instituições de Ensino Superior do Brasil, com o intuito de identificar relatórios de experiências de boas práticas conduzidas na sala de aula. O *Capítulo 2* compila os resultados deste processo de imersão no universo do problema e inclui os resultados documentados no Anexo A e a revisão sistemática da literatura apresentada em Santana e de Deus Lopes (2020).

Fase 2 – Soluções

Na Fase 2 (Soluções), foram elaborados os protótipos para proposição do método sugerido por esta pesquisa. Para isso, foram analisados os resultados das revisões da literatura (documentados no *Capítulo 2*) e identificadas boas práticas para o desenvolvimento de projetos complexos no ensino superior em engenharia. Como resultado da ***primeira revisão da literatura*** foi identificada a necessidade de se aprofundar a respeito dos temas que envolvem Resolução de Problemas do Mundo Real, por meio de projetos, no ensino superior de engenharia. Desta forma, foi conduzida uma ***segunda investigação da literatura***, no formato de uma *Revisão Sistemática da Literatura (RSL)*. Esta abordagem empregou os procedimentos metodológicos definidos por Kitchenham (2004) e as recomendações de Kitchenham e Charters (2007) e Spolaôr e Benitti (2017). Nesta revisão, foi estruturado um protocolo de busca, foram estabelecidos um conjunto de critérios de exclusão, qualidade e classificação dos artigos identificados e foram especificadas quatro perguntas de pesquisa: (i) *Quais metodologias ativas de ensino são frequentemente utilizadas em conjunto com Abordagens Baseadas em Projetos (ABP) para o aperfeiçoamento do perfil do engenheiro na era da Indústria 4.0?* (ii) *Quais as habilidades que são frequentemente desenvolvidas com estes estudantes?* (iii) *Como são realizadas as avaliações de desempenho durante e após a aplicação destas metodologias?* e (iv) *Qual a relação das estratégias utilizadas em sala de aula com a resolução de problemas do mundo real?* Os resultados deste estudo podem ser verificados em Santana e de Deus Lopes (2020).

Após esta ***segunda revisão da literatura***, foi identificado um "gap" quanto ao uso de metodologias ativas de aprendizagem, que se proponham a resolver problemas do mundo real, e que incorporam característica tanto dos problemas bem definidos, como dos problemas de alta complexidade. Logo, foi realizada uma ***terceira investigação na literatura*** com uma abordagem não sistematizada. Esta revisão foi realizada com o objetivo de compreender as principais características que afetam a formulação de problemas complexos e quais são os procedimentos necessários para a formulação adequada destes problemas no escopo do ensino superior de engenharia.

Os resultados da terceira revisão indicaram que para que os estudantes sejam capazes de desenvolver projetos que se proponham a resolver problemas reais, precisam de alguma

forma, interagir com **usuários reais**. Além disso, esta investigação também permitiu identificar que as abordagens centradas no usuário e que são pautadas pelo *Design Thinking*, tendem a impactar positivamente a construção de projetos que se propõem a resolver problemas complexos e favorecem a resolução de problemas do mundo real. Ainda, as abordagens identificadas são frequentemente associadas com estratégias que permitem, em algum grau, que os estudantes ultrapassem as fronteiras da sala de aula e aproximem o usuário do processo de desenvolvimento da solução (KOH et al., 2015; PRESSMAN, 2018; HENRIKSEN; MEHTA; MEHTA, 2019).

Por fim, foi conduzida uma ***quarta revisão da literatura*** com o intuito de se aprofundar nos aspectos relacionados ao Design Thinking, e investigar o Startup Garage Innovation Process.

Fase 3 – Métodos

Como resultado da ***Fase 2*** da DBR, foi gerada uma primeira versão para o protótipo do método proposto por esta pesquisa. Para avaliar este protótipo foi definida uma abordagem de pesquisa baseada em estudos de caso.

De acordo com Yin (2014), o método de estudo de caso pode ser tratado como uma investigação empírica, que parte de uma lógica de planejamento, e que permite a coleta e análise de dados para compreensão aprofundada de um fenômeno em seu contexto de vida real. Crowe et al. (2011), define o estudo de caso como uma abordagem de pesquisa usada para a investigação aprofundada de uma questão de pesquisa complexa em seu contexto real. Gil (2010), sugere quatro fases para a estruturação de um estudo de caso, sendo elas (i) delimitação do caso; (ii) coleta de dados; (iii) seleção, análise e interpretação dos dados e (iv) comunicação dos resultados.

Na *Fase 1*, de um estudo de caso, cabe ao pesquisador definir quais são as características são particulares do estudo, quais dados são suficientes ou não para compor uma boa análise de resultados, e quais estratégias serão empregadas para selecionar os casos que serão observados na pesquisa. Já na *Fase 2,* de um estudo de caso, são realizadas as intervenções, e a partir delas, são aplicados procedimentos que permitem a captura de dados qualitativos e quantitativos. Estes procedimentos podem ser realizados por meio de observações, entrevistas, questionários, análise de registros gráficos, elaboração de artefatos etc. Na *Fase 3*, os dados são organizados,

tratados, análisados e interpretados, de acordo com os objetivos de investigação. Ainda, na *Fase 3*, cabe ao pesquisador avaliar quais dados são relevantes ou não para pesquisa. Por fim, a *Fase 4* trata da documentação dos resultados, e da construção de relatórios que permitam apresentar os resultados alcançados pela pesquisa.

Na **Fase 3**, da DBR, são definidas as ferramentas, materiais e abordagens de pesquisa que são utilizadas no processo de avaliação e aprimoramento do prototipo desenvolvido. Para avaliar o protótipo, e conduzir aprimoramentos no método proposto, foram especificados e conduzidos cinco (5) estudos de caso. A caracterização destes estudos pode ser verificada na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização dos Estudos de Caso

Estudo de Caso	Tipo de Instituição	Curso	Disciplina	Ano	Milestones de Projeto	Coleta de Dados	Número de Participantes	Perfil dos Participantes	Duração
1 2019/2	Pública	Eng. Elétrica	Introdução à Eng. Elétrica	1	- Apresentação Intermediária - Apresentação Final	Observação e anotações das aulas e Elaboração do Perfil (Pré-Teste)	A1 (50)	Estudantes de Graduação	13 semanas (3h/semana)
2 2019/2	Privada	Eng. Mecânica	Elementos de Máquina	3	- Apresentação Intermediária - Apresentação Final - Relatório Parcial e Final - Pitch de 180s	Observação e anotações das aulas e Elaboração do Perfil (Pré-Teste)	B1 (23) B2 (31)	Estudantes de Graduação	18 semanas (3h/semana) Presencial
3 2020/2	Privada	Eng. de Computação	Microcontroladores e IoT	3	- Apresentação Intermediária - Apresentação Final - Relatório - Modelo de Negócio - Entrevistas e Roteiros de Interação com Usuário - MVP Baixa Fidelidade e MVP Alta Fidelidade	Observação, anotações de sala de aula, Autoavaliação (Pré-Teste e Pós-Teste)	C1 (68) C2 (52) C3 (22) C4 (46) Pré e Pós-Teste CR (49)	Estudantes de Graduação	18 semanas (3h/semana) Remoto
4 2020/1 2020/2	Pública	Professores participantes do projeto “Internet das coisas para jovens do ensino médio”	Projetos no Ensino Médio	2.º e 3.º ano do E.M	- Canvas de Definição de Problema - Etapas de um Projeto de Engenharia	Observação, entrevistas não estruturas e mentorias	D1 (15)	Professores de Escolas Públcias de São Paulo	36 horas de formação (5 semanas) 6 horas de mentoria (6 semanas)
5 2020/2021	Privada	Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Ciência da Computação e Sistemas de Informação	Laboratório de Software e Projetos	4	- Apresentação Parcial do Projeto - Pré-Banca de Apresentação - Apresentação Final do projeto - Cronograma Desenvolvido pela Equipe - Artigo científico	Observação, anotações de sala de aula, Avaliação Externa a Disciplina	E1 (37) E2 (31) E3 (39)	Estudantes de Graduação	18 semanas (3h/semana) Remoto

No Estudo de Caso 1, o pesquisador atuou como monitor da disciplina de Introdução à Engenharia Elétrica, apoiando os docentes durante todas as aulas que foram conduzidas ao longo do semestre. Este estudo de caso permitiu identificar o perfil dos estudantes participantes, bem como acompanhar as estratégias de uma disciplina focada no desenvolvimento de projetos. No entanto, vale destacar que o papel do pesquisador nesta disciplina não envolveu o desenvolvimento de materiais para as práticas de sala de aula e nem elaboração de planos de aula. Ainda, o pesquisador atuou na avaliação intermediária e final de cada um dos projetos, com sugestões de melhorias para cada uma das equipes participantes (por meio de interações durantes as aulas) e na condução de uma aula expositiva e dialogada com 50 minutos de duração, cujo tem foi a definição de problemas reais.

Nos Estudos de Caso 2, 3 e 5, o pesquisador atuou como docente principal de cada uma das disciplinas, conduzindo todas as aulas práticas e teóricas, bem como a elaborando o plano de ensino e os artefatos necessários para a definição e cumprimento dos objetivos de aprendizagem. No Estudo de Caso 4, o autor atuou como mentor e formador, conduzindo *workshops* e mentorias acerca dos temas: "Resolução de Problemas do Mundo Real", "Definição de Problemas Reais" e "Programação Física e Internet das Coisas", o processo de acompanhamento ocorreu por meio de encontros síncronos online e o público-alvo foram professores da rede pública paulista.

Fase 4 – Princípios de Design

Nesta fase, foram documentados os principais resultados e contribuições de cada um dos cinco estudos de caso. Os resultados da **Fase 4** podem ser observados de duas formas diferentes neste documento (i) nas conclusões de cada um dos estudos de caso, apresentados nas seções do *Capítulo 3* e (ii) no *Capítulo 4* com a consolidação do método proposto.

1.4 Organização do trabalho

Este documento foi dividido em cinco partes. O **Capítulo 1** apresenta uma introdução ao assunto central desta pesquisa, destaca as principais motivações para este estudo, a pergunta de pesquisa, os objetivos do trabalho e os materiais e métodos empregados nesta pesquisa.

No **Capítulo 2** são apresentados conceitos advindos da literatura. Na primeira parte com algumas definições a respeito problemas do mundo real, na segunda parte com a discussão dos resultados de uma revisão sistemática da literatura, publicada em Santana e de Deus Lopes (2020). Na terceira parte, com um aprofundamento dos temas relacionados a definição de problemas complexos e na quarta parte, com uma discussão a respeito de métodos centrados no usuário, e na validação de modelos de negócio para resolução de problemas do mundo real.

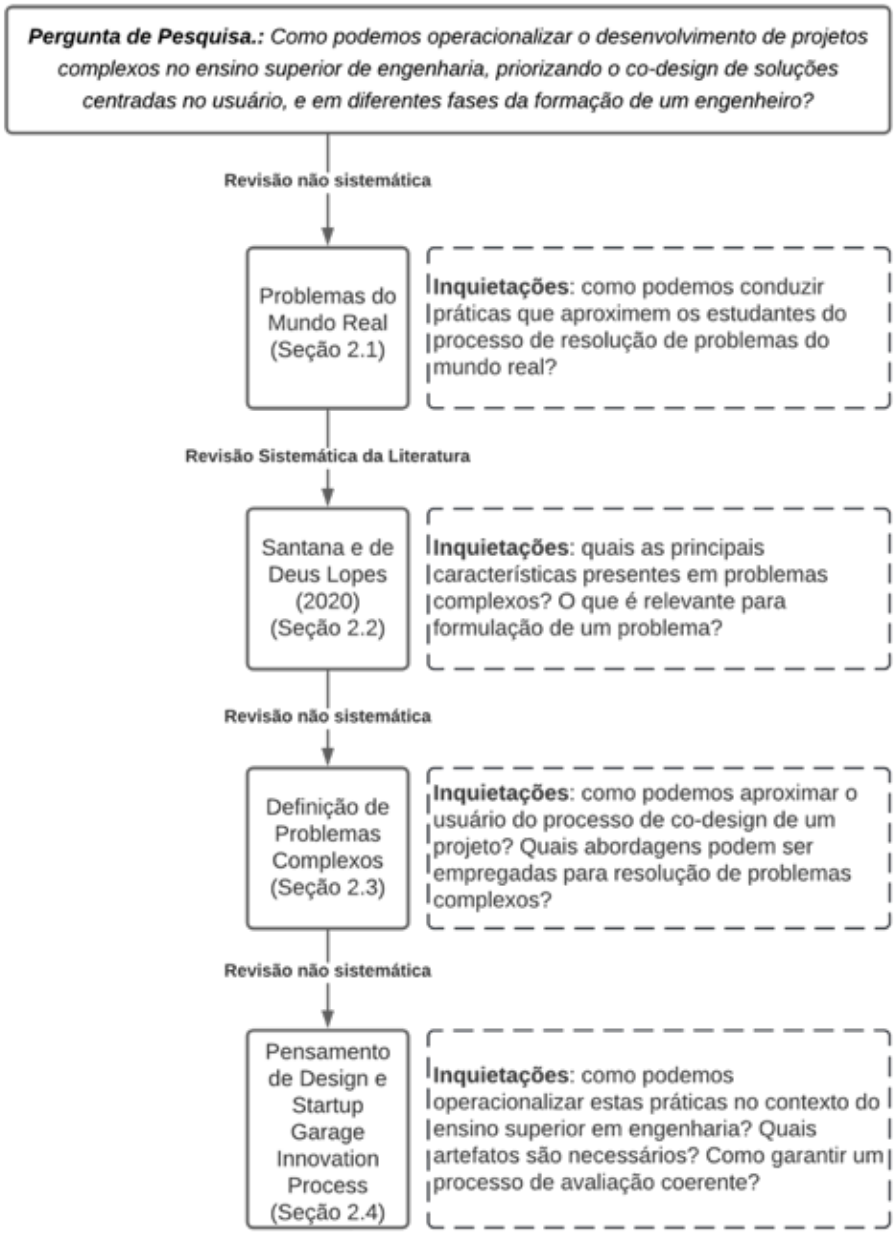
No **Capítulo 3** são apresentados os principais resultados desta pesquisa, incluindo discussões acerca do método proposto e das principais evidências obtidas em cada um dos estudos de caso. Já no **Capítulo 4** são apresentados os artefatos produzidos, bem como uma caracterização semana a semana para condução de práticas de sala de aula com o uso do método proposto por esta pesquisa.

Por fim, no **Capítulo 5** são apresentadas as considerações finais a respeito deste estudo e são destacadas as principais contribuições e limitações deste estudo, tal como propostas de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo destaca os principais resultados obtidos na etapa de revisão bibliográfica. O levantamento da fundamentação teórica desta tese ocorreu em quatro etapas distintas, que podem ser verificadas de acordo com a Figura 4.

Figura 4 - Etapas de investigação da literatura para formulação da revisão bibliográfica



Fonte: Autoria própria

A seção 2.1 destaca o conceito de resolução de problemas do mundo, e a conexão desta definição com a abordagem de Aprendizagem Baseada em Projetos, a seção 2.2 apresenta os principais resultados da Revisão Sistemática da Literatura, com o intuito de identificar práticas e teorias de ensino, que estejam relacionadas à resolução de problemas do mundo real na era da Indústria 4.0. A seção 2.3 caracteriza Problemas Complexos na visão da literatura, e a seção 2.4 apresenta conceitos e fundamentos a respeito dos processos de Design Thinking e Startup Garage Innovation. A seção 2.5 destaca a diferença conceitual entre competências e habilidades, consolidando a definição adotada nesta pesquisa.

2.1 Resolução de Problemas do Mundo Real e Aprendizagem Baseada em Projetos

Conforme definido por Nagel (1996), resolução de problemas do mundo real pode ser tratada como uma abordagem de ensino e aprendizagem, em que os estudantes trabalham em equipes para resolver, prioritariamente, problemas deles ou de suas comunidades. Em sua obra, a autora reforça a ideia de que este tipo de estratégia favorece que o estudante rompa as barreiras de um questionamento raso a respeito de "*Por que estou aprendendo este assunto?*" e passem a se preocupar com formas diferentes de coletar dados, aprimorar o conhecimento necessário para identificar diferentes soluções para um problema, inserir estratégias pautadas nos métodos científico e principalmente, se conectar com suas comunidades, favorecendo também o desenvolvimento de diversas habilidades técnicas e não-técnicas.

Alguns dos exemplos relacionados ao desenvolvimento de soluções do mundo real incluem, mas não se restringem, a identificar soluções para armazenamento de água em uma comunidade, favorecer a coexistência de humanos e animais em um mesmo espaço, reduzir os efeitos de desastres naturais, propor estratégias para otimização do trânsito em uma cidade, favorecer o acesso a informação em escolas públicas ou colaborar para o acesso a saúde pública de qualidade (*ibidem*).

Van Merrienboer (2012), apresenta o termo "*Real-Life Problem Solving*" (em tradução, Resolução de Problemas da Vida Real), para tratar de soluções de problemas do mundo real. Em sua pesquisa, Merrienboer destaca que a resolução de problemas da vida real deve ser pautada em uma estratégia mista, que incorpora tanto as táticas para resolução de problemas bem definidos, quanto as para resolver problemas nebulosos (*wicked*). Ainda, o autor destaca

que a aprendizagem baseada na resolução de problemas é uma prática importante para o ensino, mas que pode gerar impactos negativos para formação de estudantes novatos, uma vez que estes estudantes ainda estão desenvolvendo as habilidades necessárias para estabelecer as conexões adequadas entre diferentes áreas de conhecimento. No entanto, o autor reforça que ao utilizar uma abordagem guiada pelo professor, e com os instrumentos corretos para o acompanhamento destes estudantes, este tipo de abordagem tende a favorecer o desenvolvimento de projetos do começo, até a entrega de uma solução completa.

Ao associar o desenvolvimento de projetos, que buscam resolver problemas do mundo real, com as práticas de aprendizagem baseada em projetos, tanto na visão de Nagel (1996), quanto de Van Merrenboer (2012), é possível perceber que inúmeras são as possibilidades do exercício de uma formação mais prática, que seja conectada ao contexto dos estudantes dos cursos de engenharia. Alguns destes exemplos podem incluir o envolvimento de estudantes na resolução de demandas em comércios locais, indústrias de pequeno, médio e grande porte, hospitais, locais e espaços públicos, escolas, ou na elaboração de soluções digitais que resolvam demandas de um grupo maior de pessoas. O estudante, nesta abordagem, passa a ser parte do processo como um todo, envolve-se de maneira ativa e reconfigura o seu papel, tornando-se um agente transformador que constrói soluções junto a sua comunidade.

Conforme a compilação realizada em Lopes et al. (2019), diversos docentes brasileiros conduzem práticas relacionadas ao uso de métodos de Aprendizagem Baseada em Projetos - do inglês *Project-Based Learning (PBL)*. No entanto, estas práticas nem sempre estão atreladas a problemas do mundo real e frequentemente exploram a resolução de problemas em um universo controlado pelo docente.

Kolmos e Graaf (2014) explicam que existe uma relação entre as diversas abordagens pedagógicas que utilizam métodos de Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL) e Aprendizagem Baseada em Problemas - do inglês *Problem-Based Learning*. Os autores afirmam que estes conceitos existem há muito tempo e que possuem como característica principal o aprendizado centrado no estudante. Sumarizando, os autores tratam *Problem-Based Learning* como uma abordagem que parte de um problema proposto pelo professor e é direcionado ao estudante, que a partir desta provocação, deve desenhar estratégias e propor soluções em equipe que possam solucionar o problema proposto. Já a respeito de *Project-Based Learning*, os autores acrescentam que pode ser associado à estratégia anterior, acrescentando a necessidade de que o estudante estruture e vivencie um projeto – que também deve ser

desenvolvido em equipes. Além disso, um dos produtos desenvolvidos deve ser um relatório a respeito do projeto desenvolvido.

O PBL, para garantir coerência pedagógica, deve considerar três princípios teóricos fundamentais: (i) a aprendizagem deve ser um processo construtivo e não apenas receptivo; (ii) a metacognição afeta a aprendizagem e (iii) o contexto e o entorno social afetam o aprendizado (*ibidem, p. 147*).

Entende-se, que os cursos de engenharia estão passando por mudanças significativas, geradas tanto pela quarta revolução industrial, quanto pela necessidade de garantir que os engenheiros que saem das instituições de ensino superior estejam preparados para desempenhar seu papel profissional e social. Dentre estas mudanças, percebe-se uma migração das estratégias de avaliação em engenharia baseadas apenas em medidas de desempenho, em geral, somativas, para um processo de avaliação formativo pautado em competências e que seja capaz de valorizar a trajetória de um estudante no processo de construção de uma solução para um problema.

Mian et al. (2020), destacam que ao implementar o processo de digitalização da manufatura industrial, são proporcionados benefícios como (i) aumento de produtividade; (ii) maior controle e racionalização dos processos; (iii) capacidade de responder de forma flexível às demandas de clientes internos e externos; (iv) crescimento acelerado da corporação; e (v) desenvolvimento sustentável. No entanto, os autores destacam que para que esta transformação ocorra de fato, é necessário que os atores participantes do processo sejam estimulados a desenvolver o pensamento adaptativo; habilidades cognitivas; habilidades computacionais, associadas o domínio das tecnologias da informação; e habilidades relacionadas a análise de dados. Desta forma, os autores sugerem que as instituições de ensino superior repensem o currículo acadêmico, estabelecendo revisões para o seu planejamento financeiro e de infraestrutura, e ofertando formação adequada aos seus docentes para que sejam capazes de desenvolver as competências necessárias para que seus estudantes possam exercer o seu papel profissional na era da quarta revolução industrial.

Com o intuito de aprofundar o tema, e compreender como ocorre a relação entre as demandas geradas pelas mudanças proporcionadas pela era da Indústria 4.0 e as expectativas da mudança do perfil de um engenheiro, foi desenhada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), publicada em Santana e de Deus Lopes (2020). A próxima seção apresentará uma síntese desta RSL e destacará as principais contribuições deste estudo para a construção desta tese.

2.2 Metodologias Ativas de Aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades na era da Indústria 4.0: Uma Revisão Sistemática da Literatura

Esta seção destaca os principais resultados obtidos na pesquisa de Santana e de Deus Lopes (2020). Estes resultados foram utilizados como ponto de partida para construção desta tese, e por conta disso, serão evidenciados alguns trechos, seguidos de uma resenha para reforçar as principais contribuições deste estudo e as lacunas identificadas na conclusão da revisão.

Para isso, esta seção está dividida em quatro partes distintas. A subseção 2.2.1 caracteriza a necessidade da realização da revisão sistemática da literatura (RSL). A subseção 2.2.2 destaca e discute o método utilizado na condução da revisão sistemática da literatura e resgata as principais definições teóricas levadas em consideração para a construção do estudo. A subseção 2.2.3 destaca os resultados alcançados na pesquisa, incluindo o artigo documentado no Anexo A , e a subseção 2.2.4 discute as principais contribuições deste estudo para composição desta pesquisa.

2.2.1 Viabilidade do estudo e caracterização da necessidade da revisão Indústria 4.0

Conforme apresentado no Capítulo 1 desta pesquisa, inúmeras são as transformações que afetam a forma como a indústria está estruturada e como são definidas as principais expectativas de mercado quanto ao perfil do egresso em engenharia. Estudos como o de Goldberg e Somerville (2015), Stock e Selig (2016) e Baena et al. (2017) apontam preocupações e sugestões às mudanças de perfil do engenheiro, evidenciando a necessidade de repensar o papel das instituições de ensino superior. Os autores também refletem a respeito das dificuldades em promover mudanças na formação do estudante, para garantir que sejam capazes de atuar na era da quarta revolução industrial e ao mesmo tempo garantir que estas transformações que serão produto desta revolução, sejam sustentáveis e promovam inovações tanto tecnológicas, quanto sociais e econômicas.

No ano de 2018 – no *XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, realizado em Salvador, BA – ocorreu uma sessão dirigida para debater o tema "*Iniciativas Inovadoras em disciplinas de Introdução à Engenharia"* que resultou na publicação de um capítulo de livro (LOPES et. al., 2019). Os resultados desta sessão permitiram identificar um conjunto de

estratégias pedagógicas que favorecem o ensino de engenharia centrado no estudante. No entanto, os debates deixaram claro a necessidade de repensar a forma como estes estudantes são avaliados e a necessidade de aprimorar as estratégias de acompanhamento do progresso destes estudantes para que sejam cada vez mais formativas ao invés de somativas e classificatórias. Ainda, foi destacada a importância em valorizar um ensino baseado em competências e o potencial positivo do uso de estratégias empreendedoras na formação do estudante.

Diante deste cenário, surgiu a necessidade de gerar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que permita (i) identificar quais as principais metodologias ativas que são utilizadas em sala de aula em conjunto com a abordagem por projetos e como estas metodologias se relacionam com o processo de resolução de problemas do mundo real; (ii) identificar quais habilidades são frequentemente desenvolvidas pelas metodologias de ensino empregadas nas pesquisas; (iii) identificar quais as principais estratégias de avaliação de desempenho destes estudantes quando submetidos a metodologias ativas e baseadas em projetos.

O estudo de Hermann, Pentek e Otto (2016), sugere que ao desenvolver projetos relacionados aos temas da indústria 4.0 é possível estimular o desenvolvimento tecnológico na indústria ao promover:

- *O desenvolvimento técnico*, em que os colaboradores passam a atuar na tomada de decisões, ao invés de cuidar somente de questões operacionais.
- *A Interconexão*, que trata da colaboração, padronização e segurança na conexão de pessoas, máquinas, sensores e dispositivos, por meio da Internet das Coisas (ASHTON, 2009; ATZORI; IERA; MORABITO, 2010; GUBBI ET AL, 2015), Internet das Pessoas (VILARINHO et al., 2013) e Internet de Tudo (MIRAZ et al., 2015; ZIELIŃSKI, 2015)
- *A Transparência das informações*, que se refere ao incremento do potencial de análise e captura de dados. Com o uso de sensores mais modernos, incorporados a Internet das Coisas passa a ser possível armazenar, gerenciar e controlar grande quantidades de informações em tempo real
- A *descentralização* da tomada de decisão, apoiada pelas tecnologias de comunicação.

Desta forma, entende-se que ao investigar práticas de sala de aula, ou estudos de caso que envolvam o desenvolvimento de projetos relacionados aos temas da indústria 4.0, pode ser

possível identificar quais competências estão sendo observadas pelos docentes-pesquisadores durante o desenvolvimento de projetos no ensino superior em engenharia, e quais práticas de sala de aula são empregadas em conjunto com o uso de metodologias ativas de aprendizagem no processo de formação de engenheiros que atuarão na era da quarta revolução industrial.

Além disso, a literatura também permite identificar um conjunto de definições para o termo Indústria 4.0, incluindo uma visão geral a respeito do cenário atual e futuro para pesquisas da área, evidenciando os principais objetivos e componentes da quarta revolução industrial e listando oportunidades para trabalhos futuros (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; LIAO et al., 2017).

2.2.2 Abordagem metodológica da RSL

O protocolo utilizado nesta revisão sistemática da literatura foi baseado nas recomendações de Kitchenham (2004), Kitchenham e Charters (2007) e Spolaôr e Benitti (2017). Ao planejar uma revisão sistemática da literatura, os autores citados por Santana e de Deus Lopes (2020), recomendam que para estruturar uma revisão sistemática da literatura, que possua um volume significativo de obras, é fundamental estabelecer uma etapa preliminar de planejamento, em que devem ser consideradas (i) uma análise de viabilidade do estudo; (ii) a caracterização da necessidade da revisão, incluindo uma investigação de outras referências que podem compor o estado da arte e (iii) a construção das perguntas de pesquisa que guiarão o estudo (ver Quadro 1).

Quadro 1 – Perguntas de Pesquisa - Revisão Sistemática da Literatura

P1: *Quais Metodologias Ativas de Aprendizagem são frequentemente utilizadas em conjunto com abordagens por projetos (PBL) para o aperfeiçoamento do perfil do engenheiro na era da Indústria 4.0?*
P2: *Quais as habilidades que são frequentemente desenvolvidas com estes estudantes?*
P3: *Como são realizadas as avaliações de desempenho durante e após a aplicação destas metodologias?*
P4: *Qual a relação das estratégias utilizadas em sala de aula com a resolução de problemas do mundo real?*

Fonte: Santana e de Deus Lopes (2020)

O Quadro 1 destaca as quatro perguntas de pesquisa que nortearam a RSL de Santana e de Deus Lopes (2020). A ***P1*** foi elaborada com o intuito de investigar que outras Metodologias Ativas de Aprendizagem são empregadas em práticas de sala de aula, quando professores e pesquisadores também utilizam Aprendizagem Baseada em Projetos. Além disso, os autores investigaram apenas artigos que empregassem o uso de PBL para favorecer o desenvolvimento de projetos associados a pelo menos um dos pilares da indústria 4.0.

Assim sendo, os autores adotaram como definição de um projeto, o desenvolvimento de um produto que inclua (i) definição e caracterização de um problema, que pode ou não ser pré-estabelecido pelo docente, e que pode ou não ser construído em equipe; (ii) o desenvolvimento de pelo menos um protótipo, que pode ser físico, digital ou incorporar um conceito de uma solução; e (iii) a comunicação de resultados, que podem ser compiladas no formato de relatório escrito e/ou de uma apresentação oral.

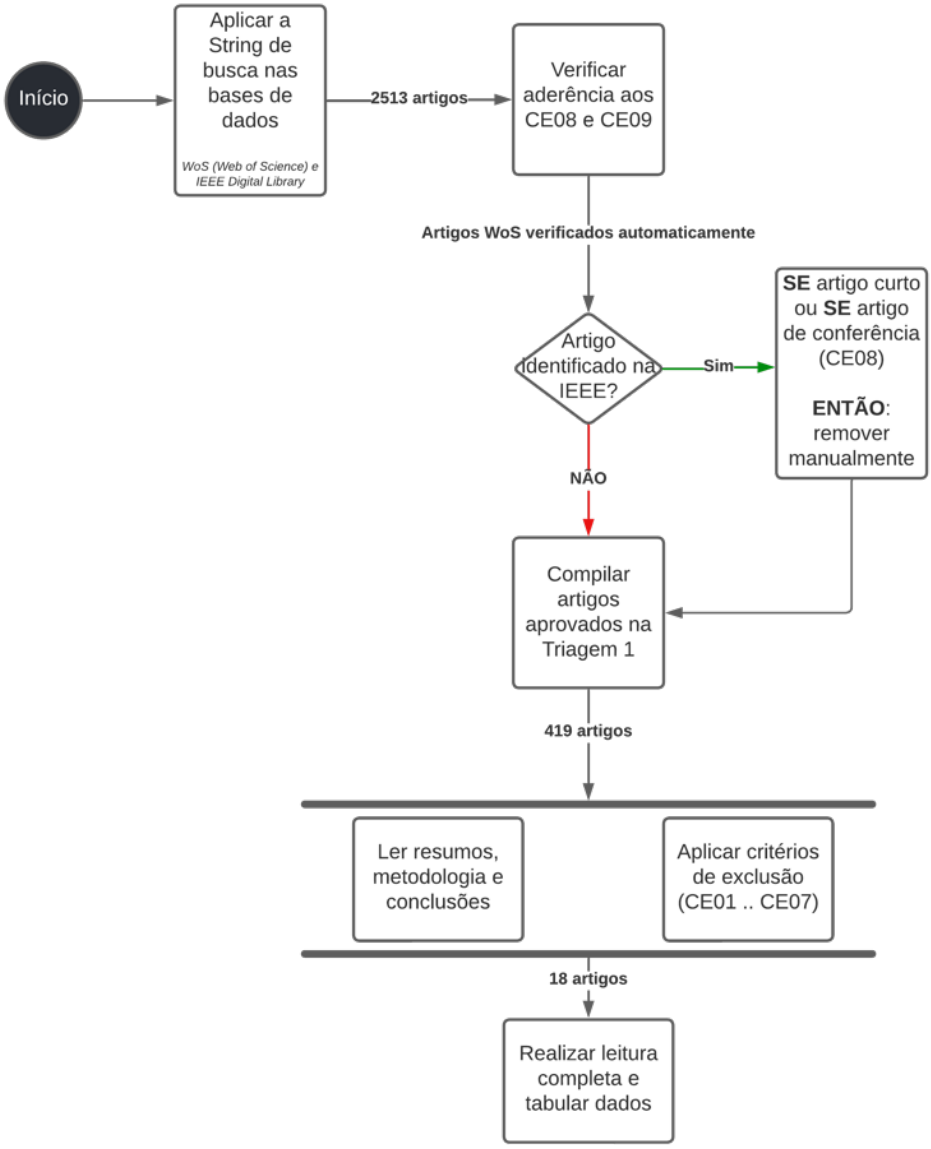
A ***P2*** foi estruturada com o objetivo de investigar quais habilidades são frequentemente desenvolvidas por estudantes que vivenciam práticas de projeto e como estas habilidades se relacionam a construção de um perfil moderno de egresso em engenharia. Nesta investigação, espera-se identificar um conjunto de habilidades técnicas e não-técnicas que são estimuladas em práticas de sala de aula, quando estudantes desenvolvem projetos relacionados a algum dos pilares da indústria 4.0.

Ainda, por se tratar de práticas que envolvem o PBL, os autores investigaram quais instrumentos de avaliação são frequentemente empregados em disciplinas que fomentam o desenvolvimento de projetos. Desta forma, a ***P3*** foi estruturada com o objetivo de identificar estratégias para avaliar a trajetória de estudantes durante o desenvolvimento de um projeto, bem como o produto gerado após a conclusão de projetos. Por fim, a ***P4*** foi estruturada com o intuito de identificar conexões entre as práticas de sala de aula e problemas do mundo real.

Em sequência, os autores seguem as indicações de Kitchenham (2004) e estruturam um conjunto (i) critérios de classificação; (ii) critérios de exclusão; e (iii) critérios inclusão. Estes critérios foram estabelecidos com o intuito de sistematizar o processo de análise e verificação dos artigos levantados pelo processo de busca e classificar quais artigos identificados estão mais bem relacionados com as perguntas de pesquisa apresentadas no Quadro 1. Além disso, os critérios de qualidade também permitem avaliar quais artigos apresentam um desenho experimental mais robusto para suporta as análises e descobertas geradas pelas práticas de sala de aula.

Os procedimentos realizados por Santana e de Deus Lopes (2020) foram compilados na Figura 5. Antes de executar estes procedimentos, os autores definiram quais características deveriam extraídas de cada um dos artigos para facilitar o processo de análise e composição das respostas para as perguntas de pesquisa.

Figura 5 – Etapas do processo de leitura e tabulação dos artigos da RSL



Fonte: Autoria própria

De acordo com a Figura 5, os autores aplicaram a *string* de busca na *Web of Science* e a *IEEE Xplore Digital Library*. Como resultado, foram extraídos 2513 artigos. Em sequência, os autores removeram os artigos curtos e/ou artigos de conferências/congressos, e os artigos que não foram escritos em português ou inglês. Como resultado desta etapa, foram extraídos 419

artigos. Todos os 419 artigos foram submetidos a uma leitura, em que foram verificados os resumos, metodologia e conclusões. Em paralelo a esta leitura os artigos foram avaliados de acordo com os critérios de exclusão, eliminando assim 401 artigos e referenciando 18 artigos para leitura final. Os 18 artigos que resultaram deste processo foram lidos por completo, e foram utilizados na construção das respostas para as perguntas de pesquisa destacadas no Quadro 1.

2.2.3 Revisão Sistemática da Literatura

Os resultados da RSL podem ser verificados no Anexo A deste documento. Na subseção 2.2.4 deste documento serão apresentadas as contribuições da RSL para o desenvolvimento desta tese. Nesta subseção, serão retomados os principais resultados da RSL e em seguida, serão discutidas as lacunas identificadas após a conclusão do estudo.

2.2.4 Contribuições da RSL e lacunas identificadas na literatura

Os artigos selecionados durante a RSL permitiram identificar três abordagens distintas para a Aprendizagem Baseada em Projetos no contexto de engenharia. Estas abordagens podem ser mais bem verificadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Tipos de Abordagem exploradas em projetos de engenharia (análise da RSL)

Tipos de Abordagem	Definição	Características Principais
Abordagem 1	Aprendizagem Baseada em Projetos, em que o estudante recebe um **tema norteador**. O tema geralmente está associado a demandas que fazem parte do contexto do estudante. Ainda, em equipes, os estudantes elaboram a definição do problema e buscam uma solução candidata para resolver o problema. No entanto, a construção da solução **não exige interações com usuários reais** durante o desenvolvimento do projeto.	• O professor define o tema central; • Estudantes definem o problema e a solução candidata; • Com um maior nível de maturidade, os estudantes podem escolher o próprio tema central.
Abordagem 2	Aprendizagem Baseada em Projetos, em que o estudante recebe um **problema pré-definido**. Nesta abordagem, os estudantes lidam com problemas relacionados ao seu contexto, mas com fronteiras mais rígidas e que direcionam as atividades para escopos mais específicos. Ainda os problemas geralmente estão associados a alguma demanda da indústria ou possuem alguma relação com uma temática pré-estabelecida no plano de ensino da disciplina. Após receberem a situação problema, em equipes, os	• O professor define a situação problema. Por exemplo: *Como podemos melhorar a experiência de deslocamento de usuários de cadeira de roda na cidade de São Paulo?* • Estudantes definem uma solução candidata;

	estudantes devem especificar uma solução candidata para resolver o problema que receberam. A construção da solução **não exige interações com usuários reais** durante o desenvolvimento do projeto.	• Com um maior nível de maturidade, os estudantes podem reformular a pergunta-problema.
Abordagem 3	Aprendizagem Baseada em Projetos em que o estudante geralmente recebe um **roteiro** ou uma situação problema relacionada a **um ou mais temas da disciplina**. Nesta abordagem, os estudantes lidam com experimentos que fazem analogia a situações reais. O produto esperado ao final do processo é menor e geralmente está associado a explorar um ou mais conteúdos da disciplina. Nesta abordagem, os estudantes realizam vários projetos e não há uma exigência que os resultados sejam conectados, inclusive podendo ser independentes uns dos outros. Durante o processo, os estudantes geralmente consultam materiais de apoio para construção dos projetos, mas não envolvem discussões a respeito de usuários da solução.	• O professor define a situação problema, que está associada a um objetivo de aprendizagem da disciplina. Por exemplo: Um experimento para construção de um semáforo, utilizando um conjunto de Diodos Emissores de Luz, resistores e um microcontrolador. • Estudantes implementam uma solução para a situação problema. • Com um maior nível de maturidade, os estudantes podem explorar outros recursos que não estão associados ao roteiro.

A Abordagem 1 (ver Quadro 2), destaca que tanto processo de definição de problema, quanto a elaboração de soluções candidatas são de responsabilidade dos estudantes. Já a Abordagem 2, reduz a complexidade do desenvolvimento de um projeto, ao apresentar aos estudantes, uma definição inicial de problema que deve ser resolvido. Estas abordagens permitem o exercício de habilidades distintas, sendo a primeira muitas vezes direcionada a estudantes mais experientes e que já avançaram pelo ciclo básico dos cursos de engenharia, e a segunda mais direcionado a estudantes que estão nos primeiros anos. Ainda, a Abordagem 3, é frequentemente observada em disciplinas do ciclo básico das engenharias, no entanto, não se restringe aos primeiros semestres, sendo observada também, como uma estratégia para que os estudantes desenvolvam as habilidades técnicas necessárias para desenvolve projetos maiores, por meio de projetos menores.

Ao retomar o tema de problemas reais, entende-se que a Abordagem 1 está mais próxima deste contexto. No entanto, este tipo de abordagem requer um acompanhamento mais próximo do professor, para que seja possível garantir que mesmo estudantes menos experientes consigam vivenciar as etapas de elaboração de um projeto.

Ainda, a definição de um problema nem sempre é uma tarefa simples, pois envolve a capacidade de dissociar, em um primeiro momento, o problema que se pretende resolver da solução que será elaborada, além de ser necessário estabelecer um escopo que seja tangível no

período da disciplina, e de garantir que métricas de sucesso sejam elaboradas para validar a solução elaborada em uma disciplina. Este processo torna-se ainda mais complexo quando passa a envolver as experiências de usuários reais, ou passa a considerar um usuário real como um ator protagonista do processo de desenvolvimento de projetos.

Na RSL são destacadas as principais habilidades estimuladas por professores e pesquisadores, ao conduzirem práticas de sala de aula por meio de Aprendizagem Baseada em Projetos (ver Anexo A *, p. 6, Table III*). Para elencar estas habilidades, os autores elaboram uma lista de habilidades não-técnicas construídas a partir de três pontos de vista distintos (i) oriundo do World Economic Forum (2016), e que compila as habilidades mais citadas por representantes de 18 países no Washington Accord; (ii) relacionado as habilidades requeridas para atuação de profissionais de engenharia na era da indústria 4.0; e (iii) sugerido com base nas demandas de empregadores para formação de estudantes na era da indústria 4.0.

Para ampliar as discussões acerca das habilidades esperadas para um egresso em engenharia, na era da indústria 4.0, foi realizada uma nova busca na literatura, não sistematizada. Como resultado desta busca, destaca-se a pesquisa de Ehlers e Kellermann (2019), que amplia o escopo de discussão e aborda as principais competências esperadas para egressos em engenharia. Ainda, o estudo de Ehlers e Kellermann (2019) apresenta o termo *"Global Future Skills"*, que sugere um primeiro modelo de competências esperadas para o futuro do ensino superior em engenharia.

Ao confrontar as abordagens de projeto citadas no Quadro 2, com as competências do futuro sugeridas por Ehler e Kellermann (2019) e as habilidades citadas pela pesquisa de Kamaruzaman et al. (2019), é possível observar que se por um lado existe uma lacuna na literatura, a respeito de práticas relacionadas a Aprendizagem Baseada em Projetos para resolução de problemas do mundo real, existe uma tendência em requerer que os egresso de engenharia a média-longo prazo, desenvolvam a capacidade de projetar soluções para problemas cada vez mais complexos. Ainda, as competências do futuro citadas por Ehler e Kellermann (2019), e os resultados de Santana e de Deus Lopes (2020), convergem na preocupação em aproximar usuários reais, do processo de resolução de problemas no escopo do ensino de engenharia.

Diante deste contexto, entende-se que para que seja possível operacionalizar o processo de elaboração de projetos de engenharia, que sigam a Abordagem 1 citada no Quadro 2, faz-se necessário o envolvimento de usuários reais e desta forma, a especificação de instrumentos que

viabilizem a participação destes usuários em diferentes fases de um projeto. Além disso, entende-se que quando o estudante elabora um enunciado de um problema, sem envolver usuários reais, estão na realidade elaborando um enunciado com base em um **Pontos de Vista** pessoal, o que geralmente carrega algum viés, e mesmo quando confrontado pela literatura, ainda não permite uma aproximação adequada entre estudante e os problemas que fazem parte do seu próprio contexto.

Na RSL foram identificadas outras abordagens de aprendizagem, que estão frequentemente associadas a Aprendizagem Baseada em Projetos. Estas teorias envolvem (i) a Aprendizagem Baseada em Equipes, que pode acontecer de forma colaborativa entre equipes distintas (ii) Aprendizagem Baseada em Problemas (iii) Aprendizagem Baseada em Competências e principalmente (iv) Aprendizagem Baseada em Desafios. Além disso, a RSL sugere que algumas estratégias são favorecidas pelo Design-Iterativo, por projetos guiados e que em algum nível, podem envolver o empreendedorismo. No entanto, as abordagens citadas pelos artigos selecionados não apresentam estratégias operacionais para que seja possível abordar projetos para resolução de problemas complexos que aproximem usuários reais da jornada do estudante.

Desta forma, entende-se como necessária a investigação de metodologias ativas de aprendizagem, pautadas em projetos, que sejam capazes de envolver usuários reais durante todas as etapas do processo de desenvolvimento de um projeto de engenharia.

Logo, para dar sequência a esta pesquisa, identificou-se a necessidade de ampliar o estudo da literatura acerca de estratégias de sala de aula que sejam pautadas no desenvolvimento de projetos, para resolução de problemas complexos, centrados no usuário e que sejam capazes de abordar tanto as temáticas de projeto, quanto as temáticas técnicas esperadas em uma disciplina de engenharia. Ainda, ao adicionar a variável “usuário real”, entende-se que a complexidade de um problema cresce, pois passa a incluir restrições e premissas, que não seriam incluídas em um projeto cujo objetivo seja puramente técnico ou em que as validações ocorram apenas no final do processo. Além disso, entende-se que uma abordagem que aproxime o usuário dos estudantes, favorece o desenvolvimento das habilidades sugeridas por Santana e de Deus Lopes (2020) e Kamaruzaman et. al. (2019), e estimula o desenvolvimento das competências sugeridas por Ehler e Kellermann (2019). Além disso, a especificação de uma estratégia guiada para apoiar novatos na resolução de problemas complexos reforça as discussões apresentadas por Van Merrienboer (2012).

A seção 2.3 deste documento revisita a definição de problemas do mundo real, por meio ótica da Escola de Design, que incorpora a definição de problemas complexos no processo de construção de soluções que são centradas no usuário, discutindo também os termos apresentados por Van Merrienboer (2012), e que tratam da estrutura de problemas bem definidos, e problemas mal definidos. Esta seção foi estruturada após uma nova revisão da literatura, não sistemática, e que foi guiada pelos resultados da RSL, das pesquisas de Ehler e Kellermann (2019), e pelos resultados obtidos na publicação de Leal et al. (2020).

2.3 Problemas Complexos no ensino de engenharia

Graham (2018), destaca que as boas práticas do ensino de engenharia envolvem o desenvolvimento de projetos centrados no usuário, que priorizem a aprendizagem mão-na-massa e a inclusão de práticas de ensino-aprendizagem que permitam que os estudantes desenvolvam cada vez mais o seu repertório de projetos, por meio da resolução de problemas. Ainda, o autor destaca que bons currículos de engenharia são capazes de oportunizar o empreendedorismo dentro e fora das disciplinas curriculares.

Dennehy et al. (2019), destacam que o desenvolvimento de um produto deve estar atrelado às necessidades de um usuário real, e que para que esta construção seja realizada de forma adequada, é necessário prever uma etapa de empatia ao usuário, priorizando assim, a aproximação da equipe de projetos com os seus principais usuários. Além disso, os autores destacam que a elaboração de testes pilotos, e o desenvolvimento de soluções que são validadas por usuários reais, em cada uma das etapas do projeto, permite que a elaboração de um Produto Mínimo Viável (MVP), seja mais assertiva. Ainda, os autores destacam que este tipo de abordagem reduz a chance de falhas na elaboração de uma solução, e aumenta o potencial de viabilidade, factibilidade e desejabilidade dos resultados obtidos.

Moogk (2012), define um Produto Mínimo Viável (MVP) como o resultado de um processo de desenvolvimento, que possui as características mínimas para demonstrar valor para um usuário. Ainda, o autor reforça que um MVP deve ser acompanhado de um desenho experimental que irá confirmar, ou refutar se as hipóteses definidas pelos projetistas são válidas, ou se novas estratégias devem ser estabelecidas para garantir que a solução desenvolvida resolva as necessidades do usuário.

Rittel e Webber (1973) sugerem que os problemas frequentemente abordados por engenheiros podem ser classificados como "Problemas Domesticados" (do inglês, *Tame Problems*). Estes problemas são caracterizados por possuírem uma definição clara do que deve ser resolvido, por possuírem um objetivo bem definido e bem estruturado, e por apresentarem métricas de avaliação bem-estruturadas. Um exemplo para este tipo de problema pode ser verificado no Quadro 3.

Quadro 3 - Exemplo de um Problema "Domesticado"

Como podemos enviar uma mensagem de 255 caracteres entre dois dispositivos móveis, utilizando a rede de conexões de internet, por meio do protocolo Hypertext Transfer Protocol (HTTP)?

Neste tipo de problema, as variáveis são simplificadas, antecipando algumas decisões de projeto na própria definição do problema. A equipe responsável por resolver o problema sabe qual o seu objetivo (enviar uma mensagem entre dois dispositivos móveis), sabe que deve utilizar a rede de internet e conhece a estratégia de comunicação entre dispositivos que devem ser utilizadas (via HTTP). A resposta esperada pela solução a ser desenvolvida também é bem definida, pois espera-se que no final do processo, seja possível verificar se a mensagem foi ou não enviada (ainda que possam existir motivos distintos para cada uma das possibilidades).

No entanto, os autores também apresentam uma segunda categoria de problemas, os Problemas Capciosos (do inglês, *Wicked Problems*), que se contrastam aos Problemas Domesticados, por não possuírem uma definição clara da redação do problema e por não possuírem uma solução única e ótima (*ibidem*).

Os *Wicked Problems*, possuem uma forte relação com o contexto social ao qual estão inseridos. Ao resgatar o enunciado do Quadro 3, é possível perceber que o grau de complexidade do problema aumenta à medida que mais variáveis são inseridas durante a etapa de definição do problema. Por exemplo: ao considerar que a troca de mensagens deve ocorrer entre estudantes e professores de escolas públicas, e que estas mensagens serão trocadas no interior do estado do Amazonas, uma série de outros fatores passa a afetar a definição do problema (ver Quadro 4).

Quadro 4 – Exemplos de ampliação do escopo de um problema, por consequência da aproximação de cenários reais

Uma mensagem de 255 caracteres é o suficiente para as necessidades dos usuários?
Como os usuários se conectarão à rede de internet?
Como as características dos usuários podem afetar o planejamento da solução? Existe algum conteúdo que deve ser verificado antes do envio da mensagem?
O que acontece se chover na região?
A cidade possuí infraestrutura para suportar a troca de mensagens? Caso não, quem fornecerá esta infraestrutura?
Qual o objetivo principal destas trocas de mensagem? Existe alguma infraestrutura que possa ser aproveitada para resolver este problema?

As perguntas apresentadas no Quadro 4 exemplificam como a complexidade de um problema cresce, ao incluir um contexto no processo de estruturação de um enunciado de um problema real. Sem responder a estas perguntas, possivelmente a solução elaborada para este problema apresentará alguma fragilidade. Esta solução pode ter **baixa desejabilidade**, pois pode não atender as expectativas dos usuários envolvidos, pode apresentar **baixa factibilidade**, pois as características estabelecidas pelo contexto para qual a solução deve ser projetada, podem não funcionar fora de um ambiente controlado, ou podem apresentar **baixa viabilidade**, uma vez que podem depender de recursos que fogem do controle e/ou acesso dos projetistas.

Ao abordar a inclusão de problemas complexos em turmas de engenharia, o processo torna-se cada vez mais desafiador, pois distancia-se cada vez mais uma estrutura pré-formatada, em que as variáveis são facilmente controladas, e passa a estabelecer um universo que pode variar, à medida que usuários e contextos diferentes passam a fazer parte da definição de um problema. No entanto, esta aproximação com o mundo real, favorece o desenvolvimento das habilidades apresentadas pelos autores citados na seção 2.2.4 deste documento.

O Quadro 5 ilustra uma redação para este mesmo problema na perspectiva de um Problema Capcioso. Nesta abordagem, o próprio processo da definição do problema torna-se mais difícil, pois a pluralidade de cenários que passam a afetar as decisões de projeto, é tão grande, que não é possível obter uma solução ótima e generalizável. No contexto dos exemplos apresentados no Quadro 3 e no Quadro 4, isso ocorre pois o contexto das escolas brasileiras e

o aspecto político e social que afeta as decisões de infraestrutura e escolhas de tecnologias, são também, bastante complexos.

Quadro 5 – Exemplo de *Wicked Problem (ill-defined problem)*

• *Como podemos garantir um ensino remoto com conexão de qualidade para estudantes brasileiros?*

Sarathy (2018), define problemas do mundo real, como problemas enfrentados diariamente pela sociedade, e que se diferem dos problemas abordados em sala de aula, por serem dinâmicos, não lineares, por envolverem subproblemas, e por serem tipicamente mal definidos, com diversas soluções possíveis para um mesmo problema. Além disso, o autor destaca que uma característica importante deste tipo de problema, está nos processos de interação entre o solucionador e o ambiente ao qual o problema faz parte.

Ao confrontar a definição de problemas complexos estabelecida por Rittel e Webber (1973) e Graham (2018), com as definições de problemas do mundo real apresentadas por Freeman et al. (2014), Zappe et al. (2009), Fortus (2005), Van Merrienboer (2012) e Sarathy (2018), é possível perceber que a inclusão do contexto social, no processo de elaboração de um enunciado de um problema do mundo real é fundamental para o sucesso da solução que será elaborada por uma equipe de projeto. Além disso, Freeman et al. (2014), Zappe et al. (2009), Fortus (2005) e reforçam que, embora a literatura possa auxiliar no processo estruturação de um problema, a participação de usuários reais, que de fato vivenciem os problemas, é fundamental para reduzir os riscos de fracasso de um projeto que busca resolver problemas do mundo real.

A seção 2.4 deste documento, apresentará alguns conceitos e definições para o Pensamento do Design (do inglês, *Design Thinking)* e para o *Startup Garage Innovation Process*.

2.4 *Design Thinking*

Brown (2008), define o *Design Thinking* como uma abordagem para o desenvolvimento de projetos centrada no ser humano, capaz de favorecer o desenvolvimento de soluções inovadoras, à medida que permite que o projetista, compreenda quais os problemas que afetam os principais usuários de sua solução. Para isso, o autor destaca que as abordagens presentes na

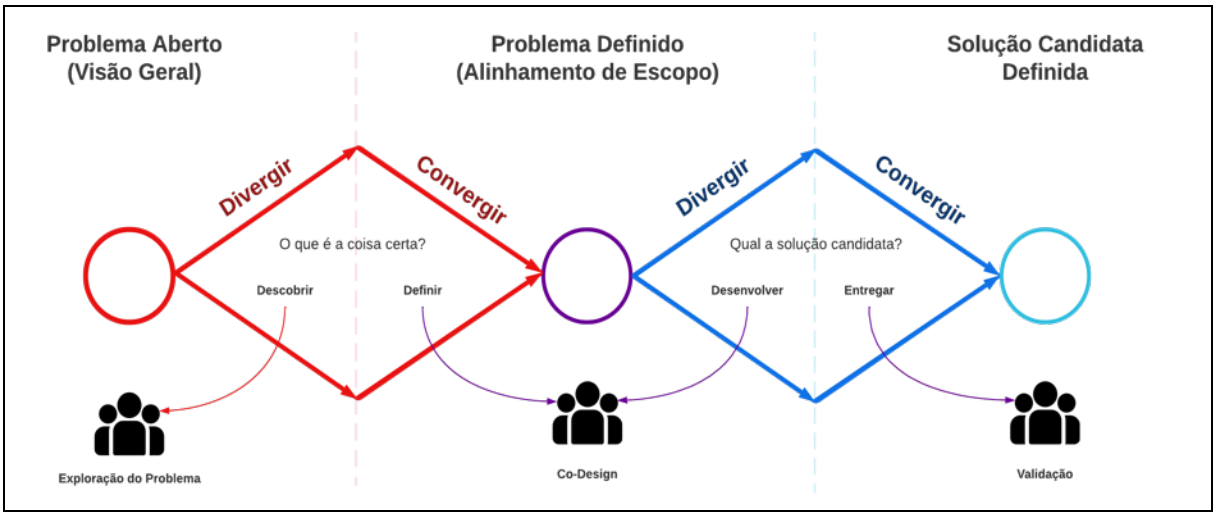
escola de design favorecem a integração entre usuário, tecnologia e os requisitos para desenhar um modelo de negócios de sucesso.

Dam e Siang (2018), definem o *Design Thinking* como um processo centrado no ser humano, que pode ser empregado tanto na definição de problemas, quanto na construção de uma solução para um usuário-alvo. Os autores destacam que este processo favorece (i) a compreensão e especificação de quem é o usuário real de um projeto; (ii) qual o papel deste usuário no processo de desenvolvimento de um produto ou serviço; e (iii) quais hipóteses favorecem o desenvolvimento de soluções que sejam mais viáveis, factíveis e desejáveis.

No contexto dos cursos de engenharia, pesquisas como as de Dym et al. (2005) destacam as oportunidades em inserir o Design Thinking no ensino superior em engenharia, e reforçam que este tipo de abordagem (i) aumenta o interesse dos estudantes pela área de engenharia (ii) favorece a retenção de estudantes nos programas de engenharia (iii) melhora o desempenho dos estudantes ao longo do curso e (iv) estimula o desenvolvimento do método científico nos cursos de engenharia. Corral e Fronza (2018), destacam que o uso do processo de Design Thinking, no contexto da engenharia de software, gera uma oportunidade para construção de soluções inovadoras, no que diz respeito ao desenvolvimento de aplicativos. Ainda, os autores destacam que a área de desenvolvimento de software possuí uma relação forte com o usuário final, e o uso de uma abordagem centrada no usuário reduz as incertezas no processo de desenvolvimento, à medida que inclui etapas que aproximam o usuário final do processo de desenvolvimento.

O Duplo Diamante, desenvolvido pelo a em 2005, e discutido por Gustafsson (2019), é uma ferramenta cujo objetivo consiste em permitir que os fundamentos do Design Thinking sejam aplicados em projetos de diferentes complexidades. Por meio do processo de divergência e convergência de pensamentos, os projetistas devem estruturar um problema, e prever uma solução candidata para o problema definido (ver Figura 6). Banbury et al. (2012), indica que ao aplicar o Duplo Diamante, o processo de Co-Design passa a permitir uma melhor estruturação de um problema, pois aproxima o usuário final dos processos de definição de um problema, e das etapas de validação de uma solução proposta.

Figura 6 - Duplo Diamante



Fonte: Adaptado de Gustafsson (2019)

Ao utilizar o Duplo Diamante, o projetista deve dimensionar um problema, partindo de uma visão mais generalista. No primeiro diamante (*O que é a coisa certa?*), o time de projetistas deve avançar para uma etapa de divergência de opiniões, em que os integrantes discutem a respeito de quais as restrições, premissas, problemas, usuários e contextos, devem ser levados em consideração na hora de caracterizar um problema. Esta etapa é favorecida por times heterogêneos, uma vez que e o processo de divergência é beneficiado pelos repertórios distintos de cada participante (GUSTAFSSON, 2019; BANBURY et al., 2021; LAZAR et al. 2018). No entanto, por se tratar de uma abordagem que envolve problemas reais, de acordo Van Merrienboer (2012), pode ser necessário identificar estratégias de encurtamento para contemplar estudantes em diferentes estágios de sua formação. Logo, pode ser interessante que para práticas de sala de aula, sejam indicados temas (como saúde, inclusão digital, mobilidade urbana, entre outros) ou problemas pré-definidos pelo docente. Este tipo de abordagem pode favorecer a participação de estudantes novatos, ao simplificar a etapa de definição de um problema, uma vez que o objetivo do primeiro diamante passa a ser o de redefinir um problema já entregue pelo docente, por meio de uma aproximação com usuários reais, ao invés de definir um problema desde o início (VAN MERRIENBOER, 2012; SARATHY, 2018).

Após a etapa de divergência, a equipe deve buscar alguma estratégia para convergir em um problema, definindo assim, quais fronteiras/restrições que serão adotadas para tornar o enunciado do problema menos nebuloso. O produto desta etapa consiste em indicar uma versão candidata de um enunciado do problema, que pode ser definido como um Ponto de Vista. No

entanto, nem sempre a equipe de projetistas vivencia o problema escolhido, o que torna necessário uma aproximação com usuários reais para uma caracterização mais adequada do Ponto de Vista. Logo, nas etapas de Descoberta do Problema, e de Definição do Problema, pode ser fundamental realizar entrevistas, ou aproximar o usuário final das discussões de projeto, antes da concluir a etapa de definição do problema. (GUSTAFSSON, 2019; BANBURY et al., 2021; LAZAR et al. 2018; FRANCÉS MORCILLO et al., 2020).

No segundo diamante (ver Figura 6), a equipe de projetistas inicia um novo processo de divergência, com o intuito de estabelecer uma solução candidata para o problema definido no primeiro diamante. No entanto, sugere-se que o usuário final também participe desta etapa. Este processo pode se realizado (i) ao retomar os resultados de uma entrevista elaborada na etapa de exploração do problema (primeiro diamante – *Descoberta do Problema* - ver Figura 6) ou (ii) realizando uma pesquisa mista, que envolva novas fontes de busca primária (entrevista com novos usuários) ou fontes de busca secundária (literatura/mercado). Após esta etapa de divergência, os projetistas avançam para uma etapa de convergência, em que deverão especificar uma solução candidata para resolver o problema. Nesta etapa, é importante que sejam incluídas etapas de validação com usuário, para reduzir o nível de incerteza durante o processo de prototipação da solução. Estas etapas de validação devem estabelecer métricas que permitam uma comparação entre as diferentes versões de um protótipo (BANBURY et al., 2021; LAZAR et al. 2018; FRANCÉS MORCILLO et al., 2020).

Os artefatos desenvolvidos e adaptados nesta tese, e que serão melhor apresentados no Capítulo 3 deste documento, foram estruturados com base nos conceitos presentes no Design Thinking de Tim Brown (2008), e que são estruturados no processo sugerido pelo Duplo Diamante.

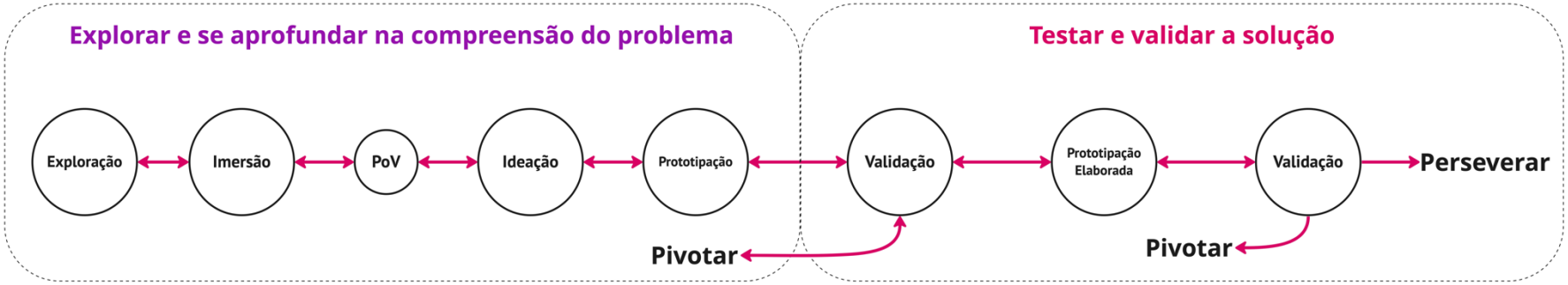
2.5 Startup Garage Innovation Process

A Stanford (2020), autora do *Startup Garage Innovation Process* define este processo como uma abordagem intensiva, prática, pautada em projetos, no qual estudantes projetam e testam conceitos de um negócio, para resolver problemas do mundo real. Wright, Siegel e Mustar (2017), Leal et al. (2020) e Reis et al. (2019) usam a definição de *Startup Garage Innovation Process*, como um curso de empreendedorismo, que tem como objetivo viabilizar aos estudantes a vivência de uma jornada empreendedora, em que o produto esperado pelo

processo consiste em um modelo de negócio inovador e sustentável. Nesta abordagem, as evidências de sucesso são coletadas com o usuário e o processo de desenvolvimento é favorecido por elementos que também podem ser identificados na escola de engenharia de software, por meio dos Métodos Ágeis de Desenvolvimento de Software (BECK et. al., 2001).

A Figura 7 representa os principais elementos que compõem o *Startup Garage Innovation Process*. Neste processo, são destacados alguns marcos que ajudam a definir as metas de desenvolvimento, e que devem ser verificados em cada uma das etapas de construção do modelo de negócio.

Figura 7 - Startup Garage Innovation Process



Fonte: Adaptado de Zenios (2016)

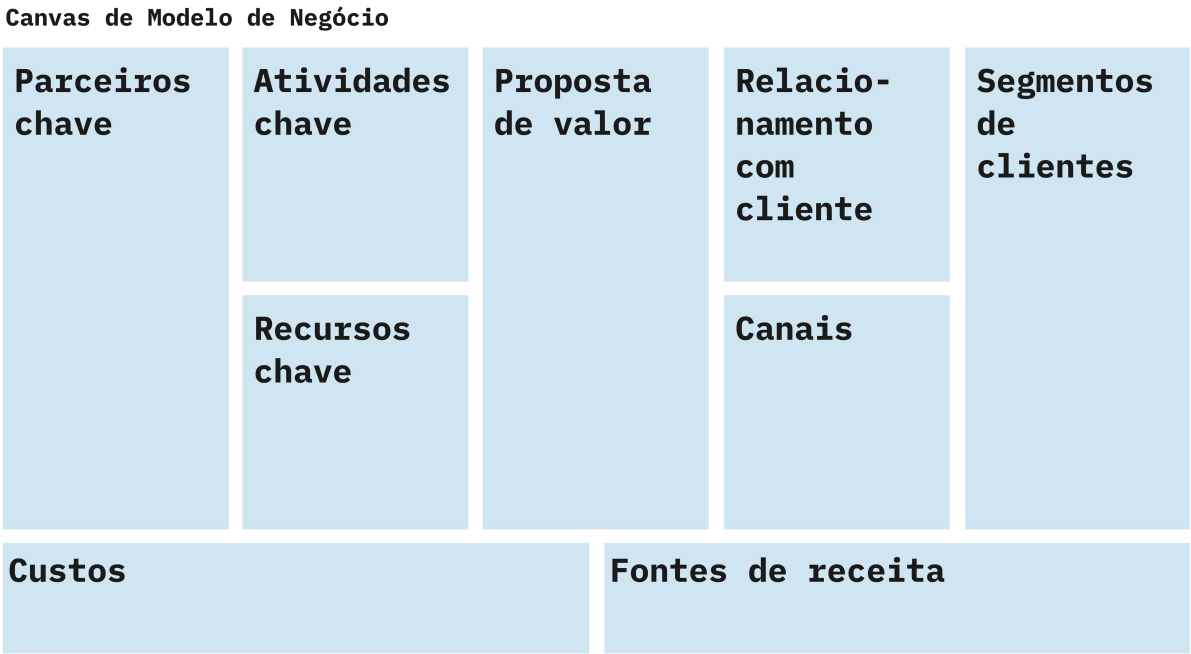
A etapa, de **exploração**, tem por objetivo estabelecer um ponto de partida para a equipe de desenvolvimento. O produto desta etapa consiste na compreensão das necessidades de um cliente. Os resultados desta etapa são utilizados na etapa de **imersão**, com o objetivo de propor um aprofundamento do domínio do problema, por parte dos projetistas, no que diz respeito a ao universo do usuário que vivencia um problema. Na etapa PoV (*Point of View*), é formalizada a necessidade do usuário. Na etapa de **ideação**, é realizada uma tempestade de ideias, que tem por objetivo identificar elementos preliminares que farão parte da solução candidata, além disso, os projetistas também começam a discutir e registrar os elementos que farão parte da primeira versão do modelo de negócio.

Na etapa de **prototipação**, é elaborada uma primeira versão de um produto mínimo viável, cujo objetivo consiste em provar um conceito, sem a necessidade de um protótipo de alta fidelidade. No entanto, de acordo Moogk (2012) e por Lenarduzzi e Taibi (2016), mesmo a primeira versão de um MVP deve carregar características que permitam ao usuário da solução, validar uma proposta de valor.

Além disso, ainda na etapa de prototipação, o Canvas de Modelo de Negócios deve ser aprimorado pela equipe de desenvolvimento, incluindo as novas descobertas que foram geradas a partir das primeiras versões do MVP. Na etapa seguinte, o MVP será submetido a uma **validação** com usuários reais. Esta etapa permite que a equipe colete evidências de sucesso ou fracasso, e confronte as hipóteses formuladas com os resultados obtidos até o momento.

Na etapa seguinte, a equipe deve avançar para os processos de **construção de um MVP elaborado**, que deve incluir as principais descobertas registradas nas etapas anteriores, incorporando as funcionalidades que apresentaram algum nível de robustez, durante a implementação, e ao mesmo tempo foram capazes de gerar valor na visão do usuário. Estas descobertas também devem ser inseridas no Canvas de Modelo de Negócios (ver Figura 8).

Figura 8 – Canvas de Modelo de Negócio

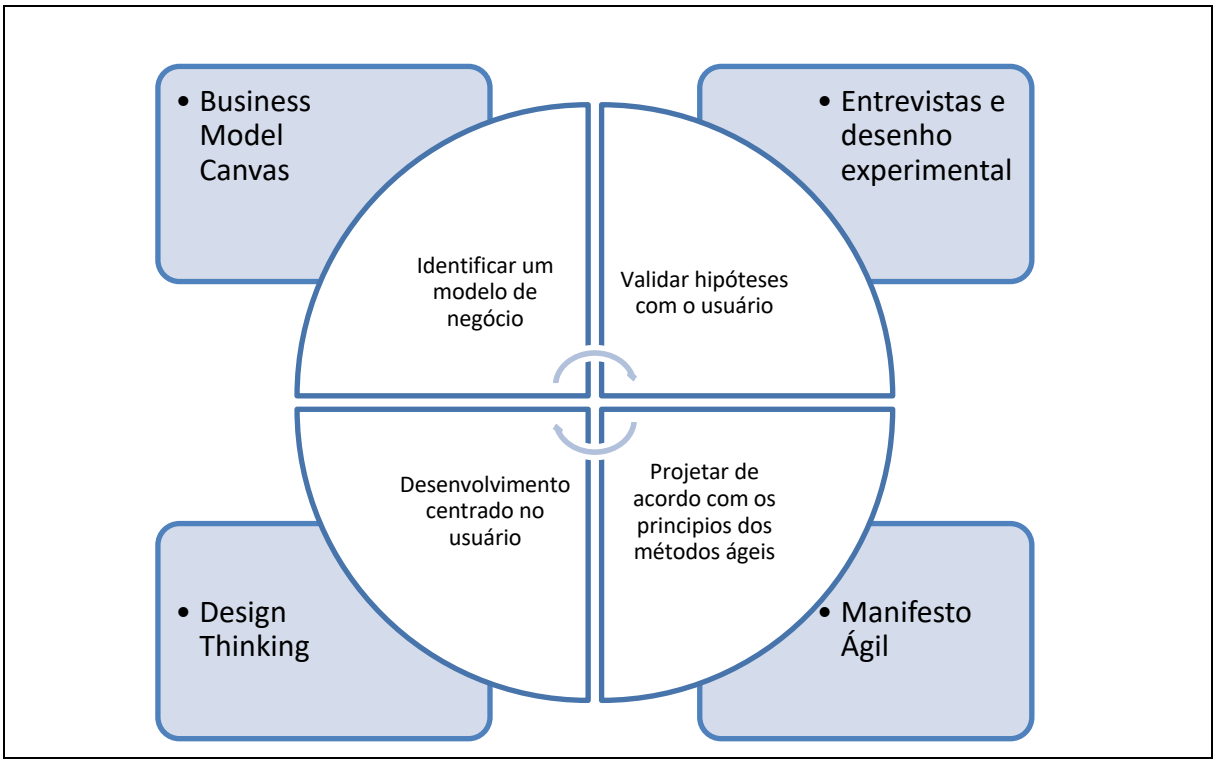


Fonte: Traduzido de Osterwalder (2004)

Após a construção da versão elaborada do MVP, a equipe deve conduzir uma nova etapa de **validação**, que deve cobrir as hipóteses levantadas durante cada uma das etapas anteriores do processo. Uma vez definida que a solução candidata está alinhada aos objetivos do projeto, e é capaz de gerar valor ao usuário final, a equipe deve apresentar os resultados obtidos. Ainda, no final de cada ciclo de validação, a equipe pode "pivotar" sua estratégia, redefinindo algumas das premissas e restrições adotadas em etapas anteriores, ou caso identifique que a solução de fato, está alinhada com as dores do seu usuário, a equipe pode optar por perseverar na solução elaborada.

Chanin et al. (2018), realizou um mapeamento sistemático na literatura, e após coletar evidências de 31 artigos, definiu um conjunto de boas práticas para conduzir uma abordagem pautado no empreendedorismo para o ensino de engenharia de software. Os autores destacam um conjunto de ferramentas e métodos de desenvolvimento centrados no usuário que favorecem estas práticas (ver Figura 9).

Figura 9 - Métodos e ferramentas que contribuem para a criação de startups de software



Fonte: Chanin et al. (2018)

A Figura 9 permite verificar que nos métodos e ferramentas listados por Chanin et al. (2018), se destacam:

1. A prática de **identificar um modelo de negócio**, utilizando o *Business Model Canvas*. Esta abordagem permite ao estudante levantar hipóteses acerca do seu público-alvo, e antecipar problemas relacionados a sustentabilidade de sua solução. O *Business Model Canvas*, compilado por Osterwalder (2004), tem por objetivo facilitar o processo de documentação, desenvolvimento e análise, de modelos de negócio, por meio de uma abordagem visual, que descreve a proposta de valor de uma organização, sua infraestrutura, o mercado de atuação e a sua estrutura financeira.
2. A prática de **validar hipóteses com o usuário**, com base na construção do relacionamento contínuo com o usuário final. Nesta abordagem, os estudantes conduzem entrevistas, e elaboram um roteiro experimental para validar cada uma das versões do seu protótipo.
3. A prática de **projetar um software empregando o uso de métodos ágeis**. Esta abordagem permite que os estudantes desenvolvam uma solução por meio do uso de

tecnologia, mas ao mesmo tempo organizem suas estratégias de co-criação para considerar a participação do usuário em cada uma das etapas de desenvolvimento. O Manifesto Ágil, proposto por Beck et al. (2001), pode ser inserido no processo de desenvolvimento. O manifesto é pautado em quatro fundamentos, sendo eles (i) o desenvolvimento deve considerar os indivíduos, e não as tecnologias ou ferramentas (ii) a solução deve funcionar, e isso importa mais do que a documentação (iii) o processo de co-criação com o usuário é mais importante do que estabelecer contratos (iv) a flexibilidade em adaptar o processo é mais importante do que seguir um plano rígido.

4. A prática de **desenvolvimento centrado no usuário**.

Chanin et al. (2018) também destaca que os aspectos mais desafiadores para condução deste método em sala de aula envolvem a identificação de problemas do mundo real. Ainda, o autor destaca que as boas práticas de ensino de engenharia de software, em uma perspectiva de inovação envolvem: (i) uma avaliação coerente do processo de desenvolvimento (ii) o desenvolvimento de projetos reais (iii) a inclusão de temas multidisciplinares, e a formação de equipes multidisciplinares; (iv) a criação de oportunidades para validação do projeto fora do ambiente de sala de aula, preferencialmente em um ambiente adequado para condução deste processo (v) o estimulado para as próximas etapas do projeto, guiado pela pergunta: *Qual deve ser o próximo nível a ser atingido?*.

Diante do contexto apresentado nesta fundamentação teórica, entende-se que existe um "gap" na literatura no que diz respeito a proposição de um método operacional, que seja capaz de viabilizar o desenvolvimento de projetos, para resolução de problemas de alta complexidade, no ensino superior em engenharia. Este método deve viabilizar o desenvolvimento de projetos tanto no contexto de estudantes novatos, quanto no contexto de estudantes mais experientes. Entende-se ainda, que este método deve aproximar usuários reais da equipe de projetistas, com o objetivo de promover uma estratégia de desenvolvimento pautada no Co-Design de Soluções para Problemas do Mundo Real. Ainda, deve ser estimulado o envolvimento de usuários reais tanto nas etapas de definição de um problema, quanto nas etapas de validação da solução proposta. Por fim, entende-se que o método desenvolvido, deve incluir um direcionamento que seja capaz de estimular aos estudantes, o desenvolvimento de produtos ou serviços que sejam factíveis, viáveis, desejáveis e sustentáveis. Desta forma, o Capítulo 3 deste documento,

apresenta os materiais e métodos empregados no desenvolvimento desta tese, com o intuito de responder à pergunta de pesquisa estruturada na seção 1.1 deste documento.

2.6 Habilidades versus Competências

De acordo com Hoffmann et al. (2010), a definição dos termos *habilidade* e *competência*, é geralmente apresentada de forma nebuloso, ou pouco rigorosa na literatura. Isso ocorre pois geralmente as pesquisas relacionadas a educação são realizadas em sala de aula com contextos bastante distintos, e por vezes, são elaboradas por uma perspectiva bastante particular do pesquisador. No entanto, os autores reforçam que ao estabelecer uma definição clara, é possível favorecer o desenvolvimento de pesquisas mensuráveis e comparáveis nas áreas de ensino de engenharia, por meio da explicitação das habilidades e competências que serão exploradas em um estudo, e que a distinção destes conceitos pode favorecer a análise e a generalização dos resultados obtidos.

Crespo et. al. (2010), resgata as definições do *European Qualification Framework* (EQF), conceituando ***conhecimento*** como o resultado da assimilação de uma informação, através da aprendizagem. E ***habilidade*** como a capacidade de aplicar o ***conhecimento*** e a experiência adquirida, para resolver problemas. Por exemplo, *os estudantes da disciplina de Microcontroladores e Internet das Coisas, são capazes de criar um sistema web para sua solução, seguindo um protocolo de recomendações de interface, para garantir a usabilidade para pessoas idosas*. Neste caso, para atingir esta habilidade, os estudantes precisarão assimilar conhecimentos de programação, usabilidade, desenho de interfaces e comunicação entre hardware e software. Como eles executarão estas tarefas aplicando o conhecimento obtido, entende-se que estão desenvolvendo uma habilidade.

Crespo et. al. (2010), definem ***competências*** como a capacidade comprovada de usar ***conhecimento*** e ***habilidades*** em situações reais. Ainda, de acordo com os autores, um aspecto central de uma competência é o *grau de autonomia* e de responsabilidade que os estudantes possuem ao aplicar os conhecimentos e habilidades. Por exemplo, *estudantes entrevistam usuários para uma solução que estão desenvolvendo, e desta forma, registram sugestões de melhoria para o seu protótipo e revisam o design da solução e as interações do usuário em uma aplicação web. Após isso, sugerem melhorias com base em métricas e diretrizes presentes*

em teorias relevantes de experiência do usuário e usabilidade, com mínima supervisão docente. Neste exemplo, os estudantes assimilam ***conhecimento*** acerca de design de interface, métricas de usabilidade e experiência do usuário e entrevistas, desenvolvendo assim, ***habilidades*** relacionadas a capacidade de realizar a revisão de uma aplicação, de comunicar resultados, aplicar as métricas de usabilidade e experiência do usuário, e de sugerir melhorias. Logo, os estudantes estão desenvolvendo ***competências***, à medida que as evidências de aprendizagem sugerem que os estudantes também desenvolveram autonomia, ao utilizarem o **conhecimento** obtido, e as **habilidades** desenvolvidas, para realizar suas tarefas sem a supervisão de um docente.

Hoffmann et al. (2010), sugere que no contexto do EQF, os ***conhecimentos*** assimilados podem ser classificados como *teóricos* ou *factuais*, enquanto as ***habilidades*** desenvolvidas podem ser *cognitivas* (quando envolvem o pensamento lógico, intuitivo ou criativo) ou *práticas* (quando envolvem destreza manual, matérias, métodos, ferramentas ou instrumentos). No entanto, de acordo com os autores, as diferenças sugeridas pelo EQF para diferenciar ***habilidade*** de ***conhecimento*** são tênues, e restringem-se basicamente a capacidade de um estudante de evidenciar que uma determinada habilidade, foi comprovadamente aplicada em um cenário real, e que o uso destas habilidades ocorreu de formar autônoma. Desta forma, os autores incluem em sua revisão as definições apresentadas pela 4ING – uma organização guarda-chuva formada pelos conselhos de escolas de engenharia, ciência da computação e tecnologia da Alemanha.

De acordo com Hoffmann et al. (2010), as definições da 4ING sugerem que **habilidade** pode ser tratada como a capacidade de um estudante em realizar uma determinada tarefa, e que é adquirida por meio de treinamento, fazendo uso da memória implícita para aplicar conhecimentos em situações conhecidas, utilizando a experiência adquirida para concluir tarefas e resolver problemas já conhecidos. Já a **competência**, é definida como a capacidade comprovada desenvolvida pelos estudantes, em reconhecer de forma autônoma a interrelação entre os fatos e os contextos aos quais estes fatos estão conectados, aplicando assim, a capacidade de desenvolver novos métodos, e de aplicar os ***conhecimentos*** obtidos e as *habilidades* desenvolvidas, em situações alteradas ou inéditas. Isso inclui a aplicação destes conhecimentos e habilidades em situações reais.

Nesta pesquisa, será adotado o conceito de habilidades e competências apresentados por Hoffmann et. Al. (2010).

3 CICLOS DE APLICAÇÃO DA PESQUISA

Esta seção compila os ciclos da pesquisa que foram empregadas no desenvolvimento deste estudo, e que seguiram a abordagem metodológica apresentada no Capítulo 1 deste documento. Por se tratar de uma abordagem iterativa, cada fase de pesquisa será apresentada em uma seção do Capítulo 3, caracterizando desta forma, o estudo de caso associado a um respectivo ciclo de condução da etapa de métodos. Cada seção será composta pela *caracterização do ambiente de estudo* - incluindo o objetivo da fase de pesquisa - uma *proposta de um método para condução da disciplina* (para os estudos de caso 2, 3 e 5), *os resultados da condução de um estudo de caso*, seguido das *reflexões e implicações* que foram utilizados no *refinamento* da abordagem proposta.

Vale destacar ainda, que o autor desta pesquisa atuou diretamente como participante em cada um dos estudos de caso conduzidos ao longo dos quatro ciclos da pesquisa. O Ciclo 1 foi composto pelos estudos de caso 1 e 2, o Ciclo 2 foi composto pelo estudo de caso 3, o Ciclo 3 pelo estudo de caso 4 e o Ciclo 4 pelo estudo de caso 5.

3.1 Ciclo 1: Estudo de Caso 1 – Disciplina de Introdução à Eng. Elétrica

O primeiro estudo de caso desta pesquisa ocorreu no segundo semestre do ano de 2019 em regime de aulas presenciais. Este estudo teve por objetivo *fornecer ao autor desta pesquisa uma compreensão inicial a respeito do desenvolvimento de projetos para resolução de problemas do mundo real, no contexto do ensino superior em engenharia*. Ainda, este estudo permitiu observar as particularidades e semelhanças entre estudantes de engenharia com perfis diferentes, bem como especificar um conjunto de materiais e métodos para o desenvolvimento de projetos como uma Metodologia Ativa de Aprendizagem.

No Estudo de Caso 1 desta pesquisa, foi elaborada uma primeira versão do instrumento de autoavaliação (Apêndice A) que foi utilizado como pré-teste para construção de perfil dos participantes. O instrumento tem por objetivo identificar qual a percepção dos estudantes, acerca do desenvolvimento de habilidades técnicas - relacionadas a disciplina e ao desenvolvimento de projetos - e as habilidades não-técnicas - relacionadas a formação de um engenheiro moderno e ao processo de design. Estas habilidades foram estabelecidas de acordo com as revisões estruturadas no Capítulo 2 desta pesquisa.

A turma observada neste estudo de caso será tratada como ***Turma A1***, e foi acompanhada com o objetivo de fornecer uma maior quantidade de dados a respeito dos diferentes perfis de estudantes de engenharia e verificar uma abordagem distinta da que foi conduzida, em paralelo, no Estudo de Caso. No entanto, os resultados obtidos na condução da disciplina da ***Turma A1*** se restringirão a análise de perfis dos estudantes. Ainda, vale ressaltar que a estratégia metodológica adotada na disciplina (na oferta de 2017), foi reportada, na Seção 4.1 do capítulo estruturado por Lopes et. al. (2018). Neste capítulo são detalhadas as atividades de sala de aula, as estratégias para o desenvolvimento de projetos na disciplina *Introdução à Engenharia Elétrica*, e exemplos de projetos desenvolvidos por estudantes na edição de 2017.

Com relação a caracterização dos participantes, serão apresentadas na Subseção 3.1.1, algumas características demográficas do grupo de estudantes observados.

3.1.1 Características Demográficas

O Quadro 6 apresenta as principais diferenças na *caracterização do ambiente* e do *contexto* dos participantes envolvidos no Estudo de Caso 1 desta pesquisa.

Quadro 6 - Caracterização da ***Turma A1*** – Estudo de Caso 1

Características	Turma A1
Ambiente das Aulas	Não Convencional – mesas redondas e kits de microeletrônica
Autores do Plano de Ensino	8 professores, que atuam em pares
Avaliações	Projetos e Prova Individual
Curso	Engenharia Elétrica
Definição do Problema	Semiaberta: tema Indústria 4.0
Disciplina	Introdução à Engenharia Elétrica
Duração das Aulas	13 semanas (3h/semana)
Experiência da Turma em Projetos no Ensino Superior	Primeiro semestre – sem experiência prévia
Papel do Autor na condução das aulas	Monitor/Auxiliar
Perfil da Instituição	Pública
Temas Principais da Disciplina	Projetos e Microcontroladores

Turma A1

Esta turma é formada por estudantes do curso de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo e tem como características importantes:

- Ser conduzida por oito professores que se dividem em pares, e então formam quatro subgrupos;
- Possuir aproximadamente de 213 estudantes cadastrados na turma de 2019/2;
- Ser tradicionalmente conduzida com o uso de metodologias ativas de aprendizagem, com ênfase no dsenvolvimento de projetos;
- Ser conduzida no primeiro ano da formação dos estudantes.

No entanto, participaram deste estudo piloto apenas um destes subgrupos e que:

- Possuem um total de 50 estudantes, dos quais 46 são do sexo masculino e quatro (4) do sexo feminino;
- Foram convidados a resolverem um problema do mundo real, associado a temática de Indústria 4.0;
- Foram formados 11 grupos de trabalho;
- Cada grupo de estudantes recebeu dois kits de Arduino (microcontrolador) para concepção de seus projetos e um kit da placa caninos labrador (microprocessador);
- Em caso de uso de materiais não disponibilizados no kit, os estudantes são responsáveis por adquiri-los;
- Possuem parte das aulas direcionadas a aprender conceitos técnicos e a desenvolverem competências pré-definidas para disciplina por meio da construção de projetos práticos;
- Possuem liberdade para definir o tema de seu projeto, desde que se encaixe em algum grau com o tema norteador (Indústria 4.0).

As aulas possuem duração de três (3) horas semanais, ocorrem no período vespertino e são compostas por 13 semanas. Além disso, contam com a participação de dois estudantes de pós-graduação que atuaram como monitores da disciplina e auxiliaram nos registros das produções dos estudantes.

Docentes Responsáveis

Atuaram com docentes desta disciplina, a professora Roseli de Deus Lopes e o professor Ronaldo Domingues Mansano, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Além disso, este estudo de caso também contou com a participação dos doutorandos André Santana (autor desta pesquisa) e Elio Molisani, que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE – EP – USP) e que atuaram como monitores da disciplina.

3.2 Ciclo 1: Estudo de Caso 2 – Disciplina de Elementos de Máquina

O segundo estudo de caso desta pesquisa ocorreu no segundo semestre do ano de 2019 em regime de aulas presenciais e foi conduzido paralelamente ao Estudo de Caso 1. Este estudo também teve por objetivo *fornecer ao autor desta pesquisa uma compreensão inicial a respeito do desenvolvimento de projetos para resolução de problemas do mundo real, no contexto do ensino superior em engenharia*. Ainda, este estudo permitiu observar as particularidades e semelhanças entre estudantes de engenharia com perfis diferentes, bem como especificar um conjunto de materiais e métodos para o desenvolvimento de projetos como uma Metodologia Ativa de Aprendizagem.

Para este estudo de caso, duas turmas distintas de uma mesma disciplina, com aulas em horários diferentes foram observadas. As características demográficas destas equipes podem ser mais bem observadas na Subseção 3.2.1.

3.2.1 Características Demográficas e Estrutura da Disciplina

O Quadro 7 apresenta as principais diferenças na *caracterização do ambiente* e do *contexto* dos participantes envolvidos no Estudo de Caso 2 desta pesquisa.

Quadro 7 - Caracterização das ***Turmas B1/B2*** – Estudo de Caso 2

Características	Turmas B1 e B2
Ambiente das Aulas	Misto: laboratório de projetos, laboratório de informática
Autores do Plano de Ensino	Autor da pesquisa
Avaliações	Projetos e Prova Individual
Curso	Engenharia Mecânica
Definição do Problema	Aberta
Disciplina	Elementos de Máquina

Duração das Aulas	18 semanas (3h/semana)
Experiência da Turma em Projetos no Ensino Superior	Quinto semestre – sem experiência prévia
Papel do Autor na condução das aulas	Professor
Perfil da Instituição	Privada
Temas Principais da Disciplina	Projetos e Elementos de Máquina

Turmas B1 e B2

Este grupo de estudantes é composto por duas turmas do curso de Eng. Mecânica da Universidade Anhembi Morumbi de São Paulo, que estão em seu terceiro ano acadêmico. Ambas as turmas não haviam desenvolvido projetos práticos que envolvessem usuários reais.

Como características importantes considera-se que:

- A Turma B1 possui 23 estudantes sendo um (1) do sexo feminino e 22 do sexo masculino e as aulas ocorrem no período matutino;
- A Turma B2 possui 31 estudantes sendo quatro (4) do sexo feminino e 27 do sexo masculino e as aulas ocorrerem no período noturno;
- As aulas ocorrem semanalmente, com três (3) horas de atividades semanais, totalizando 18 encontros. Além das 18 semanas de aula, os estudantes possuem quatro outras semanas para testes de desempenho acadêmico e aulas *magnas*;
- Não é uma prática comum que as avaliações acadêmicas sejam realizadas por projetos e sim, sejam apenas compostas por provas discursivas e objetivas; Nesta disciplina, ambas as práticas ocorreram.
- Os estudantes contam com a infraestrutura dos laboratórios da instituição para desenvolverem seus projetos, no entanto, os suprimentos devem ser adquiridos por conta própria;
- Os estudantes têm liberdade para desenvolver qualquer projeto, desde que trate da resolução de um problema do mundo real, e que seja dimensionado pelo menos um elemento de máquina.

Docente Responsável

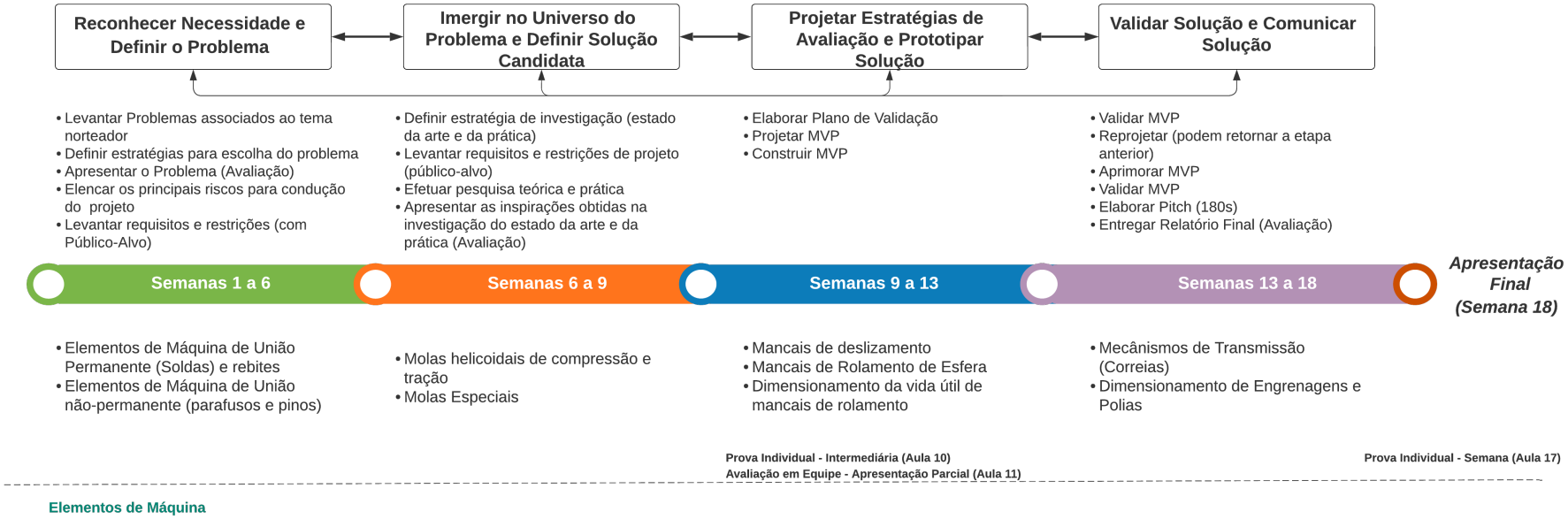
André Santana, professor no ensino superior desde 2014, e que na ocasião atuava nos cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia da Computação, lecionando as disciplinas de Elementos de Máquina, Microcontroladores e Internet das Coisas, e Programação de Computadores na Universidade Anhembi Morumbi.

3.2.2 Método proposta para disciplina de Elementos de Máquina: Versão 1

Para as Turmas B1 e B2 (estudo de caso 2), foi estruturado um guia de acompanhamento para as atividades relacionadas ao projeto desenvolvido ao longo do semestre. Este guia foi apresentado aos estudantes e pode ser verificado no Apêndice B. O guia permite que os estudantes acompanhem cada uma das etapas do projeto e verifiquem as avaliações intermediárias ao longo do semestre. Além disso, também permite que os estudantes tenham conhecimento de quais atividades (no diagrama em azul) devem ser realizadas fora da sala de aula para que seja possível alcançar o prazo final estabelecido.

No que diz respeito ao método proposto para condução da disciplina de Elementos de Máquina, as aulas foram divididas em dois blocos distintos (***Bloco 1***) relacionado aos temas técnicos da disciplina, que envolvem uma ementa de Elementos de Máquina, em que as aulas foram conduzidas com o uso de Metodologias Ativas de Aprendizagem, incluindo *Problem-Solved Based Learning, Project-Based Learning, Flipped Classroom* (Sala de Aula Invertida), *e Team-Based Learning*; e (Bloco 2) relacionado aos conhecimentos técnicos para condução de projetos, envolvendo usuários reais resolução de problemas do mundo real. O método proposto pode ser verificado na Figura 10.

Figura 10 - Método para Disciplina de Elementos de Máquina 1



Fonte: Autoria própria

De acordo com a Figura 10, os estudantes vivenciaram uma trajetória de 18 semanas de aula, com atividades que se iniciaram com a definição das equipes de trabalho, e que foram concluídas com apresentação final do protótipo. As aulas relacionadas aos temas técnicos da disciplina de Elementos de Máquina, empregaram o uso de algumas Metodologias Ativas de Aprendizagem e foram conduzidas considerando:

- Uma abordagem de *Flipped Classroom*, em que antes de cada aula os estudantes recebem materiais para leitura (pertencentes a bibliografia básica da disciplina), e respondem a um *quizz* no começo de cada aula (o teste não valia notas, apenas pontuação extra).
- Uma abordagem focada em *Team-Based Learning*, em que os estudantes discutem os resultados do *quizz* em equipes, após a conclusão da individual. Esta abordagem permite reforçar a prática de trabalho em equipe.
- Aula *expositiva e dialogada*, com o intuito de promover uma revisão dos temas abordados na leitura prévia, e promover uma discussão a respeito dos resultados obtidos durante a resolução do *quizz*.
- Condução de práticas focadas em Problem-Based Learning, em que os estudantes recebem um problema associado ao tema técnico da disciplina, e por meio do levantamento de características e restrições reais, deveriam elaborar uma solução envolvendo o tema da aula/semana. Esta atividade não acontecia em todas as aulas, mas sim no fechamento de cada conteúdo relacionado a elementos de máquina. Por exemplo, as Aulas 2 e Aula 3 eram direcionadas ao dimensionamento de cordões de solda, logo, no final da Aula 3 era conduzido um exercício neste formato. Um exemplo pode ser observado no Apêndice C.

O Quadro 8 apresenta a distribuição de aulas para a disciplina de Elementos de Máquina em um semestre regular, sem a condução de projetos. Além disso, também são destacados no quadro quais os encontros que são destinados para a avaliação parcial, e avaliação final da disciplina. A estrutura do método proposto na Figura 10, no entanto, ilustra como estes conteúdos foram realocados para garantir que a proposta de desenvolvimento de projetos possa ser incorporada em uma disciplina que envolve conteúdos técnicos - relacionadas a disciplina

de elementos de máquina – e conteúdos técnicos relacionados ao desenvolvimento de projetos centrados no usuário.

Quadro 8 - Cronograma de aulas, sem a inserção de projetos na estrutura da disciplina

Elementos de Máquina	
Professor	André L. M. Santana
Aulas	**Conteúdos**
Aula 1	Apresentação da Disciplina e Atividade com Pião
Aula 2	Elementos de Junção Permanente: Soldas
Aula 3	Elementos de Junção Permanente: Soldas
Aula 4	Elementos de Junção Permanente: Rebites
Aula 5	Elementos de Junção Não-Permanente: Parafusos
Aula 6	Elementos de Junção Não-Permanente: Parafusos
Aula 7	Molas Helicoidais de Compressão
Aula 8	Molas Helicoidais de Compressão
Aula 9	Molas Helicoidais de Tração
Aula 10	**Prova Individual - Intermediária**
Aula 11	Mancais de Deslizamento
Aula 12	Mancais de Rolamento de Esferas
Aula 13	Mancais de Rolamento de Esferas
Aula 14	Transmissão por Correias e Correntes
Aula 15	Transmissão por Correias e Correntes
Aula 16	Dimensionamento de Engrenagens
Aula 17	Dimensionamento de Engrenagens
Aula 18	**Prova N2**

Fonte: Autoria própria

Etapa 1: Semanas 1 a 6

Na primeira aula os estudantes vivenciaram uma atividade prática, que teve por objetivo estimular o trabalho em equipe e incorporar o uso de elementos de máquina, em um cenário simplificado, e pautado em uma prática de resolução de problemas. Nesta atividade, cada equipe de estudantes tinha por objetivo montar um pião utilizando um conjunto de materiais disponibilizados pelo professor, com o intuito de garantir a construção de um pião capaz de girar por mais tempo, com o menor custo associado de produção e o menor peso. Esta atividade seguiu a abordagem proposta por Santana et al. (2019).

Ainda, na primeira aula, foi apresentado o guia da disciplina (Apêndice B), o cronograma de aulas, as estratégias de avaliação de desempenho, e as principais referências bibliográficas da disciplina. No final da Aula 1 os estudantes foram desafiados a formarem grupos (apresentando-os até o começo da aula seguinte) e a pensarem em possíveis temas de projeto.

Da aula 2 a aula 6, os estudantes estruturarem um problema, definindo um público-alvo, e foram encorajados a elencarem as principais ameaças ao projeto. Em paralelo, foram conduzidas aulas referentes ao dimensionamento de elementos de máquina de união, sejam elas permanentes ou não permanentes.

No final desta etapa, do ponto de vista de desenvolvimento de projetos, os estudantes devem ter (i) definido um problema; e (ii) elaborado uma lista de requisitos e restrições, acerca do problema, e que devem ser centradas no público-alvo.

Etapa 2: Semanas 6 a 9

Do ponto de vista de desenvolvimento de projetos, os estudantes passam por uma etapa de imersão no universo do problema. Como citado no começo deste capítulo, a equipe de estudantes tinha pouca experiência em projetos, e desta forma, foi estabelecida uma etapa de imersão no estado da prática e no estado da arte, para que pudessem identificar pesquisas acadêmicas (estado da arte) e soluções comerciais (estado da prática), que de alguma forma pudessem servir de inspiração para definição de uma solução candidata ao problema especificado na etapa anterior.

Em paralelo, os estudantes se aprofundaram no dimensionamento de molas helicoidais, sejam elas de tração ou compressão, e em molas especiais. No final desta etapa, os estudantes devem possuir uma solução candidata e um conjunto de inspirações que apoiem a argumentação da escolha da solução candidata.

Etapa 3: Semanas 9 a 13

Nesta etapa os estudantes planejam as estratégias para desenvolvimento de um MVP e são desafiados a estruturarem um plano de testes. Por se tratar de um processo iterativo, podem ocorrer revisões do tema de projeto, da definição do problema e das escolhas relacionadas a solução candidata. Ainda, os estudantes devem escolher um dos elementos de máquina da disciplina para incorporar no projeto, assumindo que este elemento de máquina deve ser dimensionado até o final do semestre. Na semana 10 os estudantes são submetidos a uma avaliação no formato de teste escrito para verificar os conhecimentos individuais obtidos acerca dos temas da disciplina.

No que diz respeito aos temas relacionados ao conteúdo de elementos de máquina, os estudantes se aprofundam no dimensionamento de mancais de deslizamento e mancais de rolamento. No final desta etapa, os estudantes devem ter um plano de testes e uma primeira versão do MVP elaborada (baixa fidelidade)

Etapa 4: Semanas 13 a 18

Nesta etapa, os estudantes devem validar o MVP elaborado, demonstrar os cálculos para o dimensionamento dos elementos de máquina escolhidos e realizar melhorias no seu plano de desenvolvimento. Após isso, os estudantes devem elaborar uma versão final do seu protótipo para apresentação na semana 18 da disciplina. Ainda, os estudantes devem validar o projeto com usuários reais, e apresentar os resultados das interações com o usuário, destacando quais as principais descobertas, e como elas influenciaram na revisão do projeto. Por fim, os estudantes devem apresentar (i) um relatório final; (ii) um *pitch* de 180 segundos que deve conter o problema identificado, a solução proposta, o protótipo desenvolvido e os resultados obtidos nas fases de testes; e (iii) uma apresentação de até 15 minutos para compilar os resultados do desenvolvimento do semestre.

Em paralelo, os estudantes se aprofundam nos temas relacionados a mecanismos de transmissão, envolvendo o uso de engrenagens, polias e correias.

Avaliação dos Projetos

As etapas iniciais do projeto foram avaliadas por meio de rubricas, em que previamente notificados, os estudantes puderam acompanhar as diferenças na qualidade de entrega e o que devem contemplar para alcançar a nota máxima. Além disso, os estudantes também recebem devolutivas pontuais a respeito do que poderia ser mais bem executado em cada fase do projeto e realizam semanalmente a exposição de resultados de um projeto, seja o projeto principal da disciplina ou um novo e curto projeto referente a temática daquela aula. Como aspectos positivos desta abordagem pode-se citar a transparência nos critérios de avaliação e a sistematização do processo de avaliação. No entanto, alguns pontos como a explicitação do produto “mínimo” e “máximo” que deve ser entregue, podem gerar efeitos colaterais negativos ao processo, uma vez que os estudantes podem projetar a entrega para atender aos requisitos mínimos de aprovação.

Na primeira etapa foi estabelecida uma rubrica de avaliação com o intuito de auxiliar os estudantes na etapa de levantamento de um problema a ser solucionado (ver Quadro 9).

Quadro 9 - Rubrica de avaliação - Etapa levantamento de problemas

Atividade	Insuficiente	Fraco	Regular	Bom	Excelente
	0 a 1,00	**1,10 – 2,00**	**2,10 – 3,00**	**3,10 – 4,00**	**4,10 – 5,00**
Levantar problemas associados ao tema norteador	*Quando são apresentados problemas que: **não possuem** relação com o tema e/ou estão **sem justificativa.***	*Quando é apresentado: **um problema** aderente ao tema e que inclui **justificativa adequada.***	*Quando são apresentados: **três** ou **mais problemas** aderentes ao tema e que incluem **justificativa adequada** para pelo menos 50% dos problemas elencados.*	*Quando são apresentados: **três** ou **mais problemas** aderentes ao tema e que incluem **justificativa adequada** para todos os problemas elencados.*	*Quando são apresentados: **três** ou **mais problemas** aderentes ao tema, incluindo **justificativa adequada** para todos os problemas elencados e incluem referencial teórico e/ou dados estatísticos na justificativa.*

Fonte: Autoria própria

Esta rubrica tem por objetivo permitir que os estudantes compreendam a importância em focar no problema e não na solução, que desenvolvam a capacidade de justificar suas escolhas e em sequência as comunicar, e que busquem se apropriar de metodologias adequadas para formalizar um problema e que busquem embasar suas decisões com o uso de referencial teórico e/ou de mercado adequado.

Quadro 10 - Rubrica de avaliação - Apresentação do Problema Escolhido

Atividade	Insuficiente	Fraco	Regular	Bom	Excelente
	0 a 1,00	**1,10 – 2,00**	**2,10 – 3,00**	**3,10 – 4,00**	**4,10 – 5,00**
Apresentar o Problema Escolhido	*Quando é apresentado o problema escolhido, mas **não** são incluídas as **estratégias** para **escolha do problema** e a descrição da **jornada** da equipe.*	*Quando é apresentado o problema escolhido e a equipe **inclui** as **estratégias** para **escolha do problema,** mas não detalha a **jornada** da equipe.*	*Quando é apresentado o problema escolhido e a equipe **inclui** as **estratégias** para **escolha do problema com critérios claros,** detalhando a **jornada** da equipe – detalhamento textual.*	*Quando é apresentado o problema escolhido e a equipe **inclui** as **estratégias** para **escolha do problema com critérios claros,** detalhando a **jornada** da equipe – detalhamento textual apoiado com ilustrações do processo.*	*Quando é apresentado o problema escolhido e a equipe **inclui** as **estratégias** para **escolha do problema** utilizando um método científico e/ou de engenharia e que seja apoiado por referência. Além disso, também é detalhada a **jornada** da equipe – detalhamento textual apoiado com ilustrações do processo.*

Fonte: Autoria própria

Na etapa de apresentação do problema escolhido (ver Quadro 10), o estudante deve amadurecer a entrega realizada na etapa anterior e apresentar a jornada que levou a equipe a sair do estágio inicial (quando receberam o tema geral) até o momento em que decidem se ater um problema específico. Para isso, devem se comunicar de formas distintas (tanto textual, quanto oral e pelo desenvolvimento de ilustrações), devem abordar método científico e /ou de

engenharia para definir como justificar o problema escolhido com base em percepções futuras e devem ser capazes de defender sua ideia no formato de uma apresentação para a turma.

Na etapa de identificação das inspirações relacionadas ao desenvolvimento da solução escolhida, foi especificada a rubrica estruturada na Quadro 11. Nesta rubrica, os estudantes foram avaliados quanto a capacidade de escolher boas referências para embasar suas decisões, bem como na estratégia para identificação destas referências. Ainda, os estudantes foram estimulados a identificarem como as referências escolhidas geram contribuições para o desenvolvimento do projeto.

Quadro 11 - Rubrica de Avaliação - Inspirações da literatura e do mercado

Checkpoint 3	**Insuficiente**	**Fraco**	**Regular**	**Bom**	**Excelente**
	0 a 1,00	**1,10 – 2,00**	**2,10 – 3,00**	**3,10 – 4,00**	**4,10 – 5,00**
Apresentar soluções de mercado e/ou literatura	*Quando são apresentadas 2 ou mais referências de mercado e 2 ou mais referências da literatura, mas **não são incluídas:** as estratégias de busca; a descrição de que cada uma das referências e não existe comparação entre os trabalhos.*	*Quando são apresentadas 2 ou mais referências de mercado e 2 ou mais referências da literatura. Além disso, também **é** apresentada uma breve **descrição** de cada uma das **referências (min 100** palavras para cada**)***	*Quando são apresentadas 2 ou mais referências de mercado e 2 ou mais referências da literatura. Além disso, também é **apresentada a estratégia de busca (strings e palavras-chave)*** para cada uma das duas pesquisas (mercado e literatura) e *uma breve **descrição** de cada uma das **referências (min 100** palavras para cada**)***	*Quando são apresentadas 2 ou mais referências de mercado e 2 ou mais referências da literatura. Além disso, também é **apresentada a estratégia de busca (strings e palavras-chave)*** para cada uma das duas pesquisas (mercado e literatura); *uma breve **descrição** de cada uma das **referências (min 100** palavras para cada**) e** uma **comparação** entre cada um dos trabalhos, **demonstrando** como se **assemelham** com seu **projeto**.*	*Quando são apresentadas 2 ou mais referências de mercado e 2 ou mais referências da literatura. Além disso, também é **apresentada a estratégia de busca (strings e palavras-chave)*** para cada uma das duas pesquisas (mercado e literatura); *uma breve **descrição** de cada uma das **referências (min 100** palavras para cada**) e** uma **comparação** entre cada um dos trabalhos, **demonstrando** como se **assemelham** com seu **projeto**. Por fim, **descreva e justifique como formulou sua string de busca.***

Cada uma destas entregas gerou uma avaliação intermediária, com devolutivas por escrito e sugestões de melhorias, bem como de realinhamento dos projetos por parte do docente. Além disso, também foram realizadas outras entregas intermediárias, que não afetaram a composição da nota, mas geraram uma devolutiva aos estudantes.

A equação de avaliação final da disciplina pode ser observada na Equação 1. Em que o CheckPoint 1 consiste na apresentação de problemas que estejam associados ao tema norteador, o CheckPoint 2 consiste na definição do problema em si, o CheckPoint 3 na apresentação das soluções de mercado/literatura e o CheckPoint 4 na apresentação parcial dos resultados, tanto de forma oral, quanto por escrito, incluindo uma sugestão de solução candidata a ser percorrida. Cada um dos checkpoints recebe uma nota de 0 a 5.

Equação 1 - Cálculo da Média Final na Disciplina de Elementos de Máquina

$$Média = \left[Prova\ 1 * 0{,}5 + \left(\sum_{n=1}^{4} \frac{CheckPoint_n}{4}\right) * 0{,}5\right] * 0{,}4 + \ Prova\ 2 * 0{,}2 + Apresentação\ Final * 0{,}4$$

Para aprovação, os estudantes devem alcançar média final igual ou superior a 5.

3.2.3 Artefatos Produzidos

Atividades Práticas direcionadas por Tema

Com o intuito de garantir que os estudantes se deparem com a resolução de problemas do mundo real, as aulas teóricas das Turmas B1 e B2 foram reestruturadas e a cada fechamento de tema, os estudantes vivenciaram a resolução de um problema, com variáveis abertas, e que precisam ser caracterizadas com base em um contexto real. Um exemplo de enunciado e problema proposto nestas práticas pode ser verificado no Apêndice C, que trata de uma das aulas de Engenharia Mecânica a respeito do dimensionamento de cordões de solda.

Ao invés dos estudantes trabalharem individualmente em listas de exercícios optou-se pelo trabalho em equipe, com divisão clara de papeis e com o requisito de todos participarem da construção e do projeto de solução. O tema escolhido foi o de projetar uma "Barra de Macaco" para os parques da cidade de São Paulo. Os estudantes avaliaram esta atividade por meio um questionário de perguntas abertas. Estas perguntas podem ser verificadas no Apêndice D.

Os resultados desta atividade também serão relatados na Subseção 3.3.

Questionário de Pré-Teste: construção de perfis dos estudantes

Para o acompanhamento em sala de aula foi elaborado um conjunto de questionários, que possuem como objetivo gerar indicadores a respeito dos conhecimentos prévios dos estudantes de cada uma das Instituições de Ensino que participaram do Ciclo 1 desta pesquisa. Além disso, no que diz respeito ao DBR, é importante conhecer o perfil dos estudantes, comunicando na estruturação de cada fase o contexto e o ambiente ao qual os estudos de caso são conduzidos.

O questionário para cada uma das turmas pode ser observado no Apêndice A. Este questionário foi disponibilizado no formato de um *link* encurtado online e foi estruturado para identificar:

- Conhecimentos a respeito de ferramentas de engenharia (algumas específicas em cada curso);
- Conhecimento a respeito de linguagens de programação;
- Conhecimento de hardwares para internet das coisas (complementar a disciplina);
- Conhecimento de ferramentas de prototipação;
- Nível de Confiança em assumir papeis de liderança;
- Nível de Confiança em realizar atividades de trabalho em equipe;
- Nível de Confiança em resolver problemas;
- Nível de Confiança em se comunicar.

Estas habilidades foram elencadas com base nos resultados obtidos pela pesquisa exploratória na literatura e pelas habilidades elencadas como fundamentais para que um engenheiro exerça seu papel na era da Indústria 4.0 (ver Capítulo 2). Entende-se que promover metodologias que busquem aprimorar estas habilidades (tanto técnicas, quanto não técnicas) geram efeitos positivos na formação do estudante, oferecendo condições de empoderamento e atualização do perfil profissional.

Para auxiliar na compreensão e na etapa de estruturação dos resultados foi implementada uma solução de análise de dados em *python*. Estes resultados serão apresentados na Subseção 3.3.

3.3 Resultados Obtidos – Ciclo 1

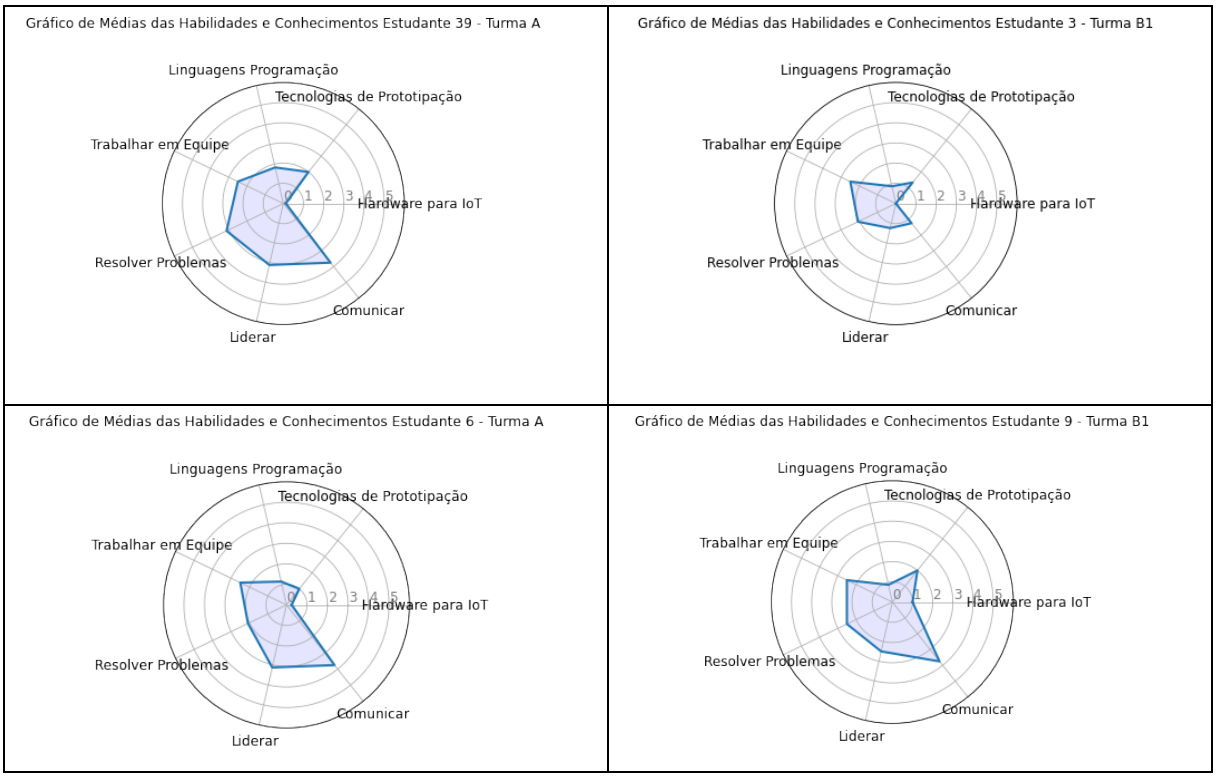
Perfil dos Estudantes

As respostas coletadas pelo questionário de pré-teste permitiram explorar os dados obtidos por de cada um dos estudantes e produzir alguns artefatos de visualização de dados que auxiliaram na compreensão do perfil da turma. Para isso, foram utilizadas as categorias

descritas em "*Questionário de Pré-Teste*", que são uma consequência da investigação estruturada no Capitulo 2 deste documento.

A Figura 11 ilustra o perfil de quatro estudantes selecionados das duas turmas participantes do Ciclo 1 deste estudo. Estes estudantes foram selecionados de forma randomizada. A Turma A contempla os estudantes que participaram do estudo de caso 1, e a Turma B1, contempla estudantes que participaram do estudo de caso 2. Ainda, a Turma A é composta por estudantes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, e a Turma B da Escola de Engenharia e Tecnologia, da Universidade Anhembi Morumbi.

Figura 11 - Gráfico de radar contendo as médias de respostas de diferentes estudantes das turmas A e B



Fonte: Autoria própria

Para gerar estes resultados foram registrados, inicialmente, os valores de cada uma das respostas obtidas pelos formulários online. Em sequência, foi construído um perfil para cada um dos estudantes, contendo uma média de pontuações para cada uma das categorias do gráfico de radar. Para definir estas médias de pontuação foram combinadas as perguntas associadas a uma mesma categoria e extraídas a média de notas para cada uma delas, por exemplo, ao tratar das pontuações relacionadas a "Linguagens de Programação" foram observadas as perguntas que relacionam apenas linguagens e/ou ferramentas de desenvolvimento de soluções

computacionais por meio de implementação de algoritmos, por exemplo: [C/C++, Java, Matlab, etc.]. Isso vale para as habilidades não-técnicas.

Em sequência, com os perfis já montados, foi extraída a mediana de cada turma, com base em cada uma das habilidades avaliadas de cada estudante. O gráfico destas médias pode ser verificado na Figura 11.

Estes artefatos permitem verificar que os estudantes possuem perfis diferentes, que existe uma tendência significativa dos estudantes demonstrarem maior confiança em julgar suas habilidades não técnicas e que possuem pouca confiança e/ou julgam-se pouco habilidosos quanto às tecnologias utilizadas no questionário.

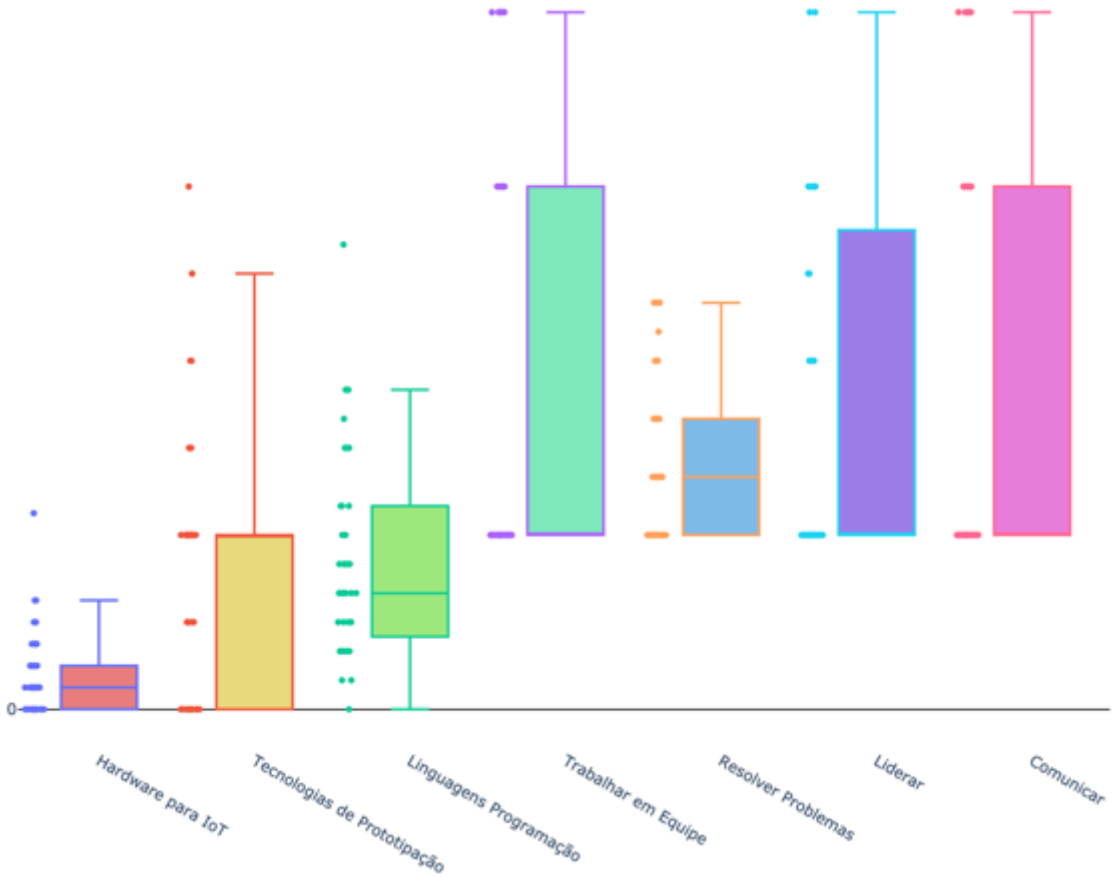
Também se percebe a necessidade de estruturar as tecnologias e ferramentas envolvidas no questionário de forma que esteja mais aderente a diferentes níveis de perfil, gerando um balanceamento dos resultados para cada uma das etapas de uso deste pré-teste. Por exemplo, estudantes iniciantes podem se julgar pouco preparados a respeito de uma tecnologia "X" no inicio do curso e isto pode ser "aceitável" neste momento. No entanto, quando este estudante avançar ao longo de sua formação, a ausência ou a substituição de conhecimento a respeito de ferramentas específicas pode ser alterada, gerando a necessidade de flexibilizar este dimensionamento de perfis.

Este tipo de ferramenta pode ser empregado para uma avaliação prévia do perfil dos estudantes, viabilizando intervenções mais precisas por parte dos docentes para formação de equipes, ou para o acompanhamento dos estudantes ao longo do desenvolvimento de um projeto.

Outliers

Com o intuito de verificar possíveis *outliers*, foram gerados dois gráficos do tipo diagrama de caixa que permitiram analisar a presença ou não de dispersão dos dados em torno da mediana e sua distribuição entre cada um dos quartis. Os dados gerados para a Turma A podem ser vistos na Figura 12 e os da Turma B1 na Figura 13. Ambos os gráficos possuem escalas que variam de 1 a 5. Os pontos representam a média construída para o perfil individual de cada um dos estudantes por categoria mensurada.

Figura 12 - Pontuação de cada estudante para habilidades técnicas e não-técnicas da Turma A



Fonte: Autoria própria

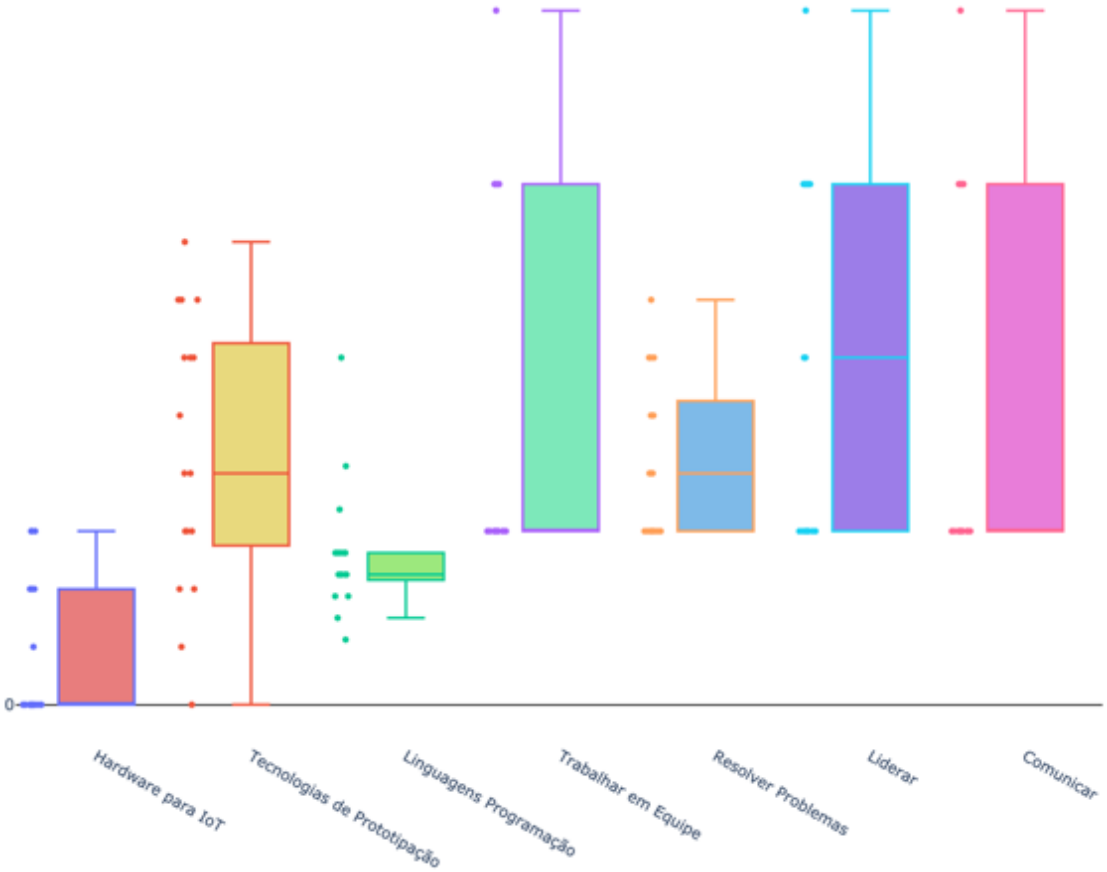
Os resultados apresentados na Figura 12 indicam a ausência de *outliers* nas avaliações que compõem as habilidades não-técnicas. Já para os conhecimentos técnicos, pelo menos um estudante em cada categoria apresentou conhecimentos acima do limite superior de cada uma das turmas (estudantes distintos). Além disso, também é possível perceber que as menores avaliações se encontram nas categorias que envolvem o uso de **hardware para IoT** e que tanto para **linguagens de programação** quanto para **tecnologias de prototipação**, a mediana das avaliações foi muito baixa, apresentando variações significativas. Já no caso das avaliações para **hardware para IoT** é possível perceber baixa variabilidade e baixo desvio padrão.

As habilidades não-técnicas apresentaram avaliações em todos os critérios superiores ou igual a (1), o que indica uma maior confiança dos estudantes em suas habilidades não-técnicas. Isso pode ser justificado devido ao fato de que apesar de possuírem pouca experiência com os conhecimentos técnicos de engenharia, já conviveram com desafios que foram capazes aumentar sua confiança em se **comunicar**, **trabalhar em equipe**, **liderar** e **resolver**

problemas. Esta é uma situação esperada, uma vez que os estudantes se encontram em sua maioria no primeiro ano de curso.

Os mesmos gráficos foram gerados para a Turma B1 e apresentam comportamentos distintos da Turma A. Provavelmente isso se deve a dois fatores principais (i) os conhecimentos técnicos na área de eletrônica, que são explorados de forma intermitente em diversos cursos de engenharia mecânica e variam muito em cada instituição e (ii) pelo fato de estarem em seu terceiro ano de curso, mas sem experiências prolongadas em projetos de engenharia.

Figura 13 - Pontuação de cada estudante para habilidades técnicas e não-técnicas da Turma B1



Fonte: Autoria própria

Conforme pode ser observado na Figura 13, os resultados de avaliação para **tecnologias de prototipação** apresentam uma grande variação dentre os estudantes, tal como confiança em **trabalhar em equipe**, **liderar** e se **comunicar**. A respeito das habilidades técnicas relacionadas a **linguagens de programação**, os estudantes apresentaram pouca variabilidade e baixo desvio padrão, com média baixa, mas acima de um bom número de avaliações e com diversos *outliers* que se classificaram acima do limite superior.

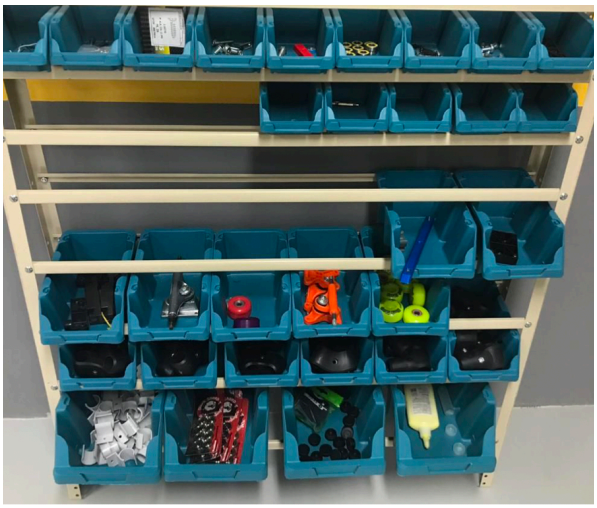
Por fim, entende-se que este tipo de abordagem pode favorecer um acompanhamento quantitativo para os docentes, e quando associado a um ecossistema digital pode viabilizar um acompanhamento detalhado do progresso de cada estudante.

Projetos Desenvolvidos – Turma A1

Durante o semestre as equipes foram estimuladas a desenvolverem soluções que pudessem afetar o processo de produção da linha de skates da Fábrica do Futuro - localizada no Centro de Inovação da USP (InovaUSP) - A Fábrica do Futuro consiste em um ambiente de manufatura, próximo do real, e que foi desenvolvido para fins de pesquisa, ensino e demonstração de conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 (LEAL et. al., 2020).

A linha de manufatura observada contava com um *produto-demonstrador* (skate), e o seu processo de montagem, que na ocasião, empregava o uso de quatro (4) demonstradores distintos. Além disso, a fábrica também permitia a interação com outros processos, além daqueles relacionados a montagem do skate, como por exemplo, o uso de impressoras 3D para produção de componentes. No entanto, os estudantes interagiram apenas com dois dos quatro demonstradores. O *demonstrador 1* tinha por objetivo permitir que o cliente, por meio de um dispositivo móvel, selecionasse um conjunto de personalizações para produção de um skate, podendo customizar as cores das rodinhas e o torque aplicado nos parafusos de fixação (o que afeta as manobras). Após a expedição do produto, a estação de montagem iniciava o processo de produção do skate, em que o operador deveria selecionar em uma bancada de componentes (ver Figura 14) as peças correspondentes as selecionadas pelo cliente no *demonstrador 1*.

Figura 14 – Bancada de Componentes do Skate



Em sequência, o produto era encaminhado para o *demonstrador 2*. No *demonstrador 2*, por meio do uso técnicas de visão computacional, os itens do skate eram verificados para garantir que o processo de montagem respeitasse as especificações do cliente. A estrutura utilizada neste processo pode ser verificada na Figura 15.

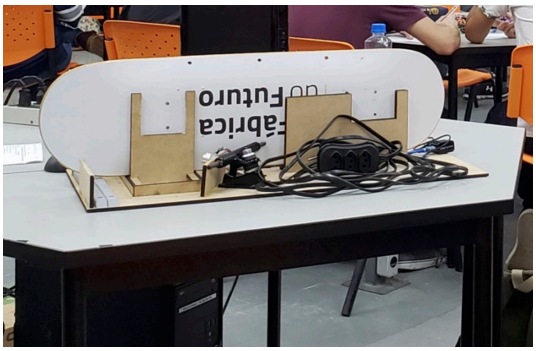
Figura 15 – Estrutura do demonstrador 2

Fonte: Fábrica do Futuro (2022a)

A Figura 16 ilustra uma das soluções desenvolvidas por uma das equipes da ***Turma A1***. Nesta solução a equipe identificou que a primeira etapa do processo de manufatura de skates, proposto pela linha de montagem da Fábrica do Futuro, apresentava oportunidades de melhoria

no que diz respeito a velocidade de fixação do *truck* (eixos do skate, fixados na parte inferior do shape para suportar as rodinhas) no *shape* (prancha de madeira utilizada para sustentar o usuário) do skate. Como sugestão de aprimoramento do processo, os estudantes desenvolveram um protótipo de uma parafusadeira de bancada. Neste protótipo, a equipe desenvolveu um suporte para apoiar o *shape* do *skate*, e acoplaram neste mesmo suporte um sistema de parafusamento acionado por dois motores DC, que foram extraídos de uma parafusadeira comercial.

Figura 16 – Projeto Desenvolvido pela equipe A1 – Suporte com parafusadeira

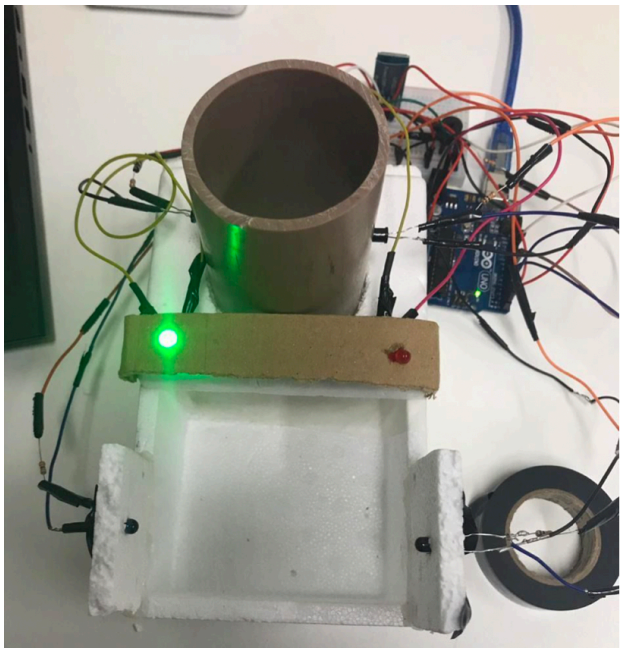


Fonte: Fábrica do Futuro (2022b)

Durante o desenvolvimento do projeto a equipe realizou entrevistas, produziu um relatório parcial e um relatório final, desenvolveu artefatos para ilustrar o funcionamento dos elementos escolhidos, tanto do ponto de vista de controle, quanto do ponto de vista de elementos de máquina, e realizou testes de funcionalidade.

A Figura 17 ilustra um outro projeto desenvolvido por uma das equipes da Turma A. Neste projeto, a equipe verificou que o processo de seleção dos itens que serão empregados na montagem do skate poderia ser facilitado, se ao elaborar um projeto de montagem, fosse possível destacar quais bandejas possuem as peças que devem ser utilizadas no processo de montagem do skate.

Figura 17 – Projeto Desenvolvido pela equipe A2 – *Pick-to-light*

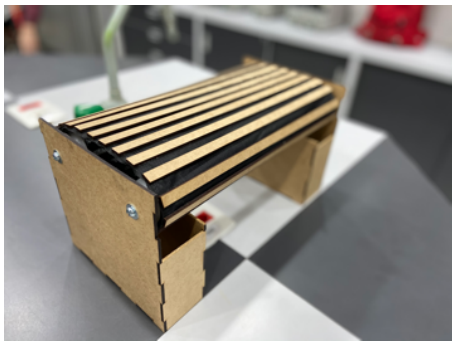


No protótipo desenvolvido pela equipe foram implementadas duas funcionalidades (i) que trata de um aviso de reposição, em que uma luz vermelha se acende sempre que um reservatório estivesse sem componentes e (ii) que trata de um sistema pick to light, em que são mapeadas as características definidas do pedido realizado pelo usuário no demonstrador 1, e com base nisso, são indicados quais os reservatórios que contém os componentes necessários para montagem do skate. Estas notificações são feitas por meio de um led verde (ver Figura 17).

Projetos Desenvolvidos – Turma B1/B2

No final do semestre, cada equipe elaborou uma versão de um produto mínimo viável, capaz de ser testado com usuários reais, e que seguiram uma abordagem de desenvolvimento que respeitou as premissas e restrições estabelecidas pela equipe ao longo do semestre. Ainda, nem todos os projetos foram listados nesta subseção.

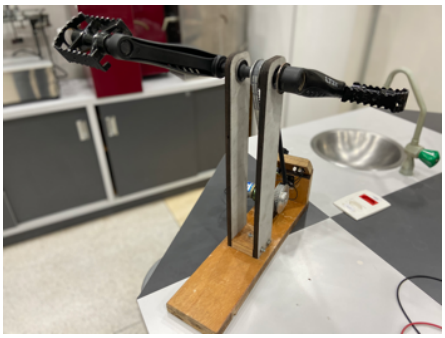
Figura 18 - Projeto de um Banco para Praças Públicas



A Figura 18 destaca o resultado de um protótipo em escala, para um banco de praça pública. Nesta atividade, a equipe identificou que existem diversos problemas relacionados ao vandalismo dos locais públicos, e por conta disso, levantaram a hipótese de que uma rotação de face do banco, poderia reduzir este problema. Ainda, a equipe identificou que este tipo de solução também poderia ser utilizado para dias de chuva, em que a superfície fica molhada. Neste protótipo os estudantes validaram o uso dos elementos de máquina, incluindo os mecanismos de movimentação da face do banco, por correia e manivela, e realizaram entrevistas com usuários reais para coletar evidências de desejabilidade da solução, bem como praticidade da movimentação da estrutura.

A Figura 19 ilustra um sistema de apoio para realização de exercícios físicos de movimentação dos membros superiores. Para o desenvolvimento do projeto a equipe realizou entrevistas com uma fisioterapeuta para calibragem da intensidade do material produzido. No entanto, não foram realizados testes com eventuais pacientes, ou pessoas com quaisquer tipos de lesão ou em fase de recuperação, apenas com profissionais da área da saúde. Desta forma, a equipe validou o uso dos elementos de máquina empregados na elaboração do protótipo, bem como a possibilidade de executar pelo menos um dos exercícios listados pela fisioterapeuta na fase de entrevistas. No entanto, a equipe não foi capaz de validar a aplicabilidade da solução com pacientes reais, uma vez que para isso era necessário solicitar ao comitê de ética da instituição, e este processo não pode ser realizado a tempo da execução da disciplina.

Figura 19 – Sistema de apoio para exercícios e movimentação dos membros superiores



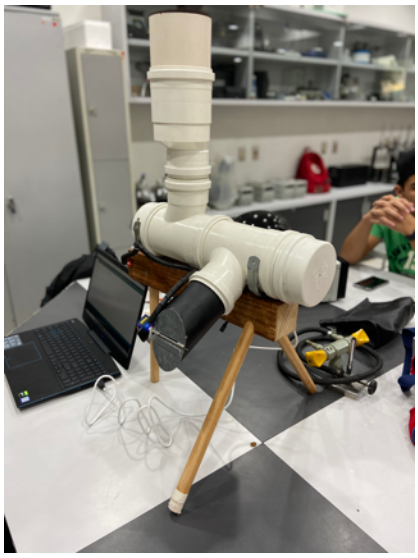
Na Figura 20 é possível observar um sistema de apoio para ciclistas. Este sistema realiza uma contagem de giros da roda, e com base na literatura, identifica a quantidade de rotações que o ciclista deve executar, de acordo com o tipo de terreno que ele está pedalando. Neste protótipo a equipe utilizou um microcontrolador ATMega328p para contabilizar a aproximação das pedaladas do ciclista, com relação a referência estabelecida pela literatura, para que assim, seja possível identificar o quão próximo, ou o quão distante, foi a cadência vivenciada pelo ciclista, quando comparada com a indicada na literatura. Para os testes, a equipe realizou observações em um terreno fechado. Neste protótipo a equipe validou o uso dos elementos de máquina, realizou testes práticos, mas não realizou entrevistas de validação com usuários reais, e nem testou a solução em ambientes reais.

Figura 20 – Sistema de apoio ao monitoramento de cadência de pedaladas para ciclistas

Por fim, na Figura 21, é possível observar um sistema para alimentação de pets, que pode ser configurado através do uso de microcontroladores. Neste projeto os estudantes dimensionaram tanto o motor, quanto o sistema de movimentação dos compartimentos internos do alimentador, para que fosse possível liberar a quantidade adequada de ração para o pet. Além disso, a equipe testou a solução com pessoas de fora da equipe, e identificou uma melhoria no projeto, construindo assim, até a apresentação final, um App que permite configurações básicas

para a quantidade de ração. O App foi desenvolvido na plataforma AppInventor [1]e permitiu a comunicação sem fio entre os dispositivos via bluetooth.

Figura 21 – Alimentador de pets



Tanto a equipe que projetou o protótipo ilustrado na Figura 21, quanto a equipe que projetou o protótipo ilustrado na Figura 22 utilizaram conhecimentos da área de microcontroladores para estruturarem seus projetos. O conhecimento necessário para o desenvolvimento destas funcionalidades, foi ofertado pelo docente da disciplina em seções de acompanhamento individuais, com cada uma das equipes. Ainda, vale destacar que os estudantes tiveram de buscar conhecimento complementar para execução do projeto, no que diz respeito a estas funcionalidades. O ambiente da apresentação final, pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 – Sala de aula - Apresentação Final dos Projetos Turma B1

[1] Plataforma utilizada para desenvolvimento de Apps com programação em blocos

As apresentações ocorreram em ordem aleatória, todos os estudantes da turma puderam participar do seminário final, e foram estimulados a apresentarem sugestões de melhoria e indicações de próximas etapas para os projetos dos colegas.

Atividade da Barras de Macaco (Turma B1/B2): PBL

Com o objetivo de ilustrar as atividades de resolução de problemas, desenvolvidas durante as aulas de elementos de máquina, serão apresentadas nesta subseção, alguns recortes dos resultados produzidos pelos estudantes, e as principais respostas obtidas pelo preenchimento do questionário do Apêndice D. O questionário foi aplicado logo após a conclusão da atividade de barra de macacos. Vale ressaltar que esta atividade durou meia aula (90 minutos), e os questionários foram preenchidos de forma anônima por todos os estudantes que participaram da atividade. Após isso, serão apresentados alguns esboços dos projetos que foram produzidos nesta aula.

Pergunta: Como você acredita que esta atividade lhe auxiliou no desenvolvimento de habilidades técnicas relacionadas a sua área de atuação?

Estudante A (27): *"Eu consegui compreender melhor o trabalho de um engenheiro (a faculdade não propicia muitas atividades dessa forma) e consegui ver na prática o que cada resultado estava mostrando"*

Estudante B (25): *"Auxiliou desenvolvendo habilidades práticas de um engenheiro mecânico ... destaca a habilidade de ter que projetar em equipe."*

Estudante C (23): *"No desenvolvimento de um método científico para chegar a um resultado"*

Estudante D (05): *"Acredito que foi muito boa a atividade pois ate o momento não tinha sido desafiado de tal forma, me senti numa situação "real" e é isso que eu quero, para me desenvolver com profissional."*

Nestes recortes é possível observar alguns ganhos pedagógicos, principalmente quanto a abordagem conduzida. Além destes casos, majoritariamente os estudantes associaram, sem que o professor mencionasse, que este tipo de atividade lhes aproxima de uma atividade da vida real, aumentando sua confiança em resolver problemas complexos e recorrendo a recursos técnicos e ao método científico para tomar decisões.

Pergunta: Como você acredita que esta atividade lhe auxiliou no desenvolvimento de projetos?

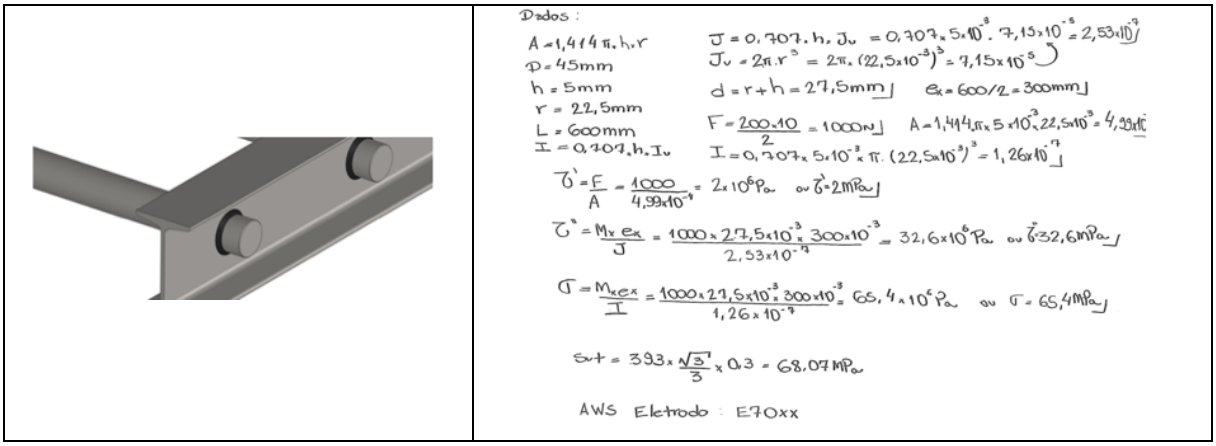
Estudante E (15): *"Me sinto mais confiante no sentido de cálculo, estratégia, raciocínio lógico, observação e visão de mercado."*

Estudante A (30): *"Foi bem produtivo para entender a parte de Brainstorm. Debater as ideias e escolher a melhor foi bem produtivo e com certeza me auxiliará em projetos futuros."*

Embora as devolutivas em ambos os questionamentos tenham sido positivas e demonstrem ganhos pela metodologia aplicada, é necessário ter cautela para que o julgamento leve em conta os ganhos a longo prazo. Além disso, alguns estudantes também ponderaram que se sentiram confiantes em aplicar este tipo de estratégia apenas após terem confiança nos conhecimentos teóricos relacionados a temática proposta.

A Figura 23 demonstra um dos projetos desenvolvidos pelos estudantes. Neste resultado é possível observar que os estudantes demonstraram a modelagem do sistema de duas formas distintas, a primeira por meio de um modelo tridimensional e a segunda através do dimensionamento matemático de um cordão de solda.

Figura 23 - Produto do Grupo 1 da Turma B2



Algumas outras equipes incluíram no estudo resultados de pesquisas de mercado, com a comparação entre soluções já existentes e como podem afetar as decisões tomadas para a solução estruturada pela equipe. Ainda, algumas equipes incluíram um estudo a respeito do público-alvo para projetar uma solução direcionada, e com escopo reduzido.

Este tipo de abordagem permite que mesmo os estudantes menos experientes, possam vivenciar em uma disciplina técnica, práticas de projeto centradas no usuário, para que assim sejam capazes de aumentar o seu repertório de projetos.

3.3.1 Reflexões Acerca do Ciclo 1

Após a conclusão do Ciclo 1 desta pesquisa, foi possível perceber que o uso de Metodologias Ativas de Aprendizagem favorece o engajamento dos estudantes, no que diz respeito ao desenvolvimento de atividades relacionadas aos temas técnicos esperados para a disciplina de elementos de máquina (Turma B). Além disso, em conversas com os estudantes foi possível perceber que para um primeiro contato com um tema técnico da disciplina, pode ser interessante recorrer a exercícios tradicionais para abordar a fixação de conteúdos que eventualmente, são pré-requisitos para uma disciplina. Desta forma, serão adotadas nos próximos ciclos, a sugestão de listas de exercício como tarefa para casa.

Os estudantes indicaram que os exercícios mais contextualizados, e por consequência mais abertos, estimulam a capacidade de construir soluções mais criativas, menos lineares e mais próximas do seu contexto real. Um exemplo deste exercício está ilustrado no Apêndice C. No entanto, os estudantes também sugeriram que os exercícios tradicionais, e que em algum grau são menos abertos, e frequentemente são apresentados nas bibliografias básicas da disciplina, auxiliam no desenvolvimento de habilidades relacionadas ao raciocínio necessário para resolver um problema de Engenharia Mecânica. Por exemplo, para reforçar conteúdos relacionados a trigonometria, equações de segundo grau, cálculo integral e diferencial, estatística e fundamentos da mecânica, como momento de inércia, tração, flexão e torsão, o volume de exercícios, na visão tanto dos estudantes, quanto do professo, ajuda a desenvolver **repertório**.

Ainda, quanto ao instrumento aplicado como pré-teste, para o desenho do perfil dos estudantes, foi possível identificar que existe a possibilidade de utilizá-lo para mapear o quanto os estudantes se consideram aptos ou conhecedores de um determinado tema, e que além disso, podem ser aplicados em diferentes contextos. O acompanhamento das práticas desenvolvidas com a Turma A1, permitiu observar uma variação da Abordagem de Aprendizagem Baseada em Projetos, em um contexto de estudantes iniciantes na área de engenharia elétrica.

Além disso, ao confrontar os resultados dos questionários aplicados, tanto da Turma A1, quanto das Turmas B1 e B2, foi possível observar que a estruturação de um problema é parte fundamental do processo, e que a ausência de ferramentas para apoiar esta fase, pode impactar no processo de consolidação da decisão da equipe, bem como gerar uma visão ruidosa do enunciado do problema.

Quando a definição do problema é nebulosa, e permanece assim em fases avançadas do projeto, pode gerar uma falsa expectativa de demanda, em que o estudante constrói uma solução que pode ser ou ultrapassada, ou dissociada do público-alvo, e pode gerar dificuldades para validação da solução com usuários reais, uma vez que a solução, embora seja centrada no usuário, não necessariamente prevê a participação de um usuário com perfil adequado para a dor/necessidade mapeada pela equipe.

No que diz respeito ao método apresentado na Figura 10, é possível observar que as etapas de definição de problema e especificação de uma solução, embora tenham apresentado bons resultados, precisam ser otimizadas para garantir que os estudantes acelerem o processo de definição dos problemas, e possam empregar mais energia no desenvolvimento das soluções e nas etapas de validação com o usuário.

Em diálogo com os estudantes também foi possível perceber que existe uma demanda para uma estrutura guiada para condução dos projetos, em que um artefato mais sistemático possa oferecer os requisitos para estruturação de um enunciado de problema, bem como um roteiro de aproximação da equipe, para com usuários reais. Ainda, no que diz respeito a aproximação com usuários reais, o método proposto no Ciclo 1 desta pesquisa, demonstrou-se limitado e precisa ser revisado para que os artefatos utilizados nas etapas de interação com usuários reais sejam melhorados para que possam ser empregados tanto na elaboração da definição do problema, quanto na avaliação dos protótipos desenvolvidos..

Por fim, os estudantes indicaram que sentiram a necessidade de uma estratégia capaz de auxiliar no processo de caracterização da solução, quanto as noções de viabilidade comercial de sua solução.

Desta forma, observou-se a necessidade de elaborar materiais de apoio para (i) a definição de problemas (ii) a estruturação de um usuário que represente o público-alvo escolhida (persona); (iii) uma estratégia formal para interação com pessoas do mundo real, seja com entrevistadas para compreensão do problema, ou em entrevistas para validação do

protótipo e (iv) ferramentas que permitem avaliar a viabilidade de tornar a solução proposta em um produto comercial.

Ainda, entende-se que para operacionalizar este processo, e torná-lo viável para outros docentes, é fundamental estruturar este método de forma que as entregas e devolutivas sejam concentradas em um mesmo ambiente de aprendizagem. Estas reflexões foram utilizadas como insumo para revisão do método proposto, e as melhorias foram incorporadas na Fase 2 do projeto. Por fim, observou-se que o questionário de pré-teste pode ser aplicado também na conclusão da disciplina para investigar mudanças nos perfis de cada estudante.

3.4 Ciclo 2: Estudo de Caso 3 – Projetos práticos, na pandemia do Covid-19

O Ciclo 2 desta pesquisa foi elaborada com base nas reflexões apresentadas como resultado do Ciclo 1. Desta forma, tanto o método elaborado, quanto os artefatos produzidos durante o Ciclo 1 foram reestruturados, aprimorados ou adaptados para condução deste Ciclo 2. O estudo de caso 3, presente no Ciclo 2, foi desenhado, inicialmente, para ser conduzida em um regime presencial de aulas, pois neste contexto, os estudantes teriam acesso aos laboratórios da instituição, tanto para prototipação dos seus projetos, quanto para o acompanhamento supervisionado dos técnicos da instituição, bem como o auxílio presencial do professor da disciplina (autor desta pesquisa).

No entanto, devido ao decreto estabelecido no dia 16 de março de 2020 (SÃO PAULO, 2020), foi mantida a suspensão das atividades presenciais nas universidades de São Paulo, o que fez com que esta fase de pesquisa fosse acompanhada e conduzida de forma remota.

O Ciclo 2 desta pesquisa, tem por objetivo *analisar como o processo de estruturação sistematizado de um problema, e o aumento da participação de usuários no processo de design de uma solução, afetam a construção de projetos de engenharia para resolução de problemas reais e a percepção dos estudantes acerca das habilidades desenvolvidas ao longo do processo.*

3.4.1 Caracterização dos Participantes

O estudo relatado neste Ciclo 2 da pesquisa, foi conduzido com 188 estudantes do quarto semestre do curso de Engenharia da Computação da Universidade Anhembi Morumbi, divididos em quatro turmas distintas. As características destas turmas podem ser mais bem

verificadas no Quadro 12. Os estudantes que participaram do Ciclo 2 serão chamados de Turma C.

Quadro 12 - Caracterização das Turma C – Estudo de Caso 3

Características	Turma C
Ambiente das Aulas	Não Convencional – aulas remotas utilizando o BlackBoard Collaborate
Autores do Plano de Ensino	Autor da pesquisa
Avaliações	Apresentação Final e Trajetória do Projeto
Curso	Engenharia da Computação
Definição do Problema	Livre, com áreas temáticas
Disciplina	Microcontroladores e Internet das Coisas
Duração das Aulas	18 semanas (3h/semana)
Experiência da Turma em Projetos no Ensino Superior	Sim, mas com escopo e temas fechados
Papel do Autor na condução das aulas	Professor Principal
Perfil da Instituição	Privada
Temas Principais da Disciplina	Projetos e Microcontroladores

Embora os estudantes das quatro turmas tenham participado do Ciclo 2, nem todos os estudantes responderam ao pré-teste e ao pós-teste. Desta forma, vale registrar que apenas 49 estudantes realizaram tanto o pré-teste, quanto o pós-teste. Esta avaliação foi opcional, anonimizada e aconteceu sem a interferência do professor (fora do horário de aula). Logo, os estudantes de cada equipe serão tratados como pertencentes as turmas C1, C2, C3 ou C4, de acordo com a sala de aula ao qual estavam vinculados, e os estudantes que responderem ao teste, serão tratados como Turma C.

Ainda, vale destacar que:

- A escolha do tema foi livre para as quatro turmas, desde que o problema a ser resolvido tenha relação com uma das áreas temáticas pré-definidas pelo professor da disciplina. As áreas disponíveis eram Acessibilidade e Tecnologias Assistivas, Energia e Sustentabilidade, Educação e Acesso a Informação, Meio Ambiente e Economia Circular e Alimentação e Saúde Pública.
- Os estudantes utilizaram o simulador do TinkerCad[2] e receberam orientações, quando solicitado, para aquisição dos materiais (kits com Arduino)

[2] Plataforma da Autodesk para prototipação digital. A aplicação disponibiliza tanto uma aplicação para desenho tridimensional, quanto um simulador para Arduino.

3.4.2 Características Demográficas

Turma C1

- Possuem um total de 68 estudantes, dos quais 66 são do sexo masculino e dois (2) do sexo feminino;

Turma C2

- Possuem um total de 52 estudantes, dos quais 44 são do sexo masculino e 8 do sexo feminino;

Turma C3

- Possuem um total de 22 estudantes, dos quais 20 são do sexo masculino e dois (2) do sexo feminino;

Turma C4

- Possuem um total de 46 estudantes, dos quais 38 são do sexo masculino e oito (8) do sexo feminino;

3.4.3 Método proposto para disciplina de Microcontroladores e Internet das Coisas: Versão 2

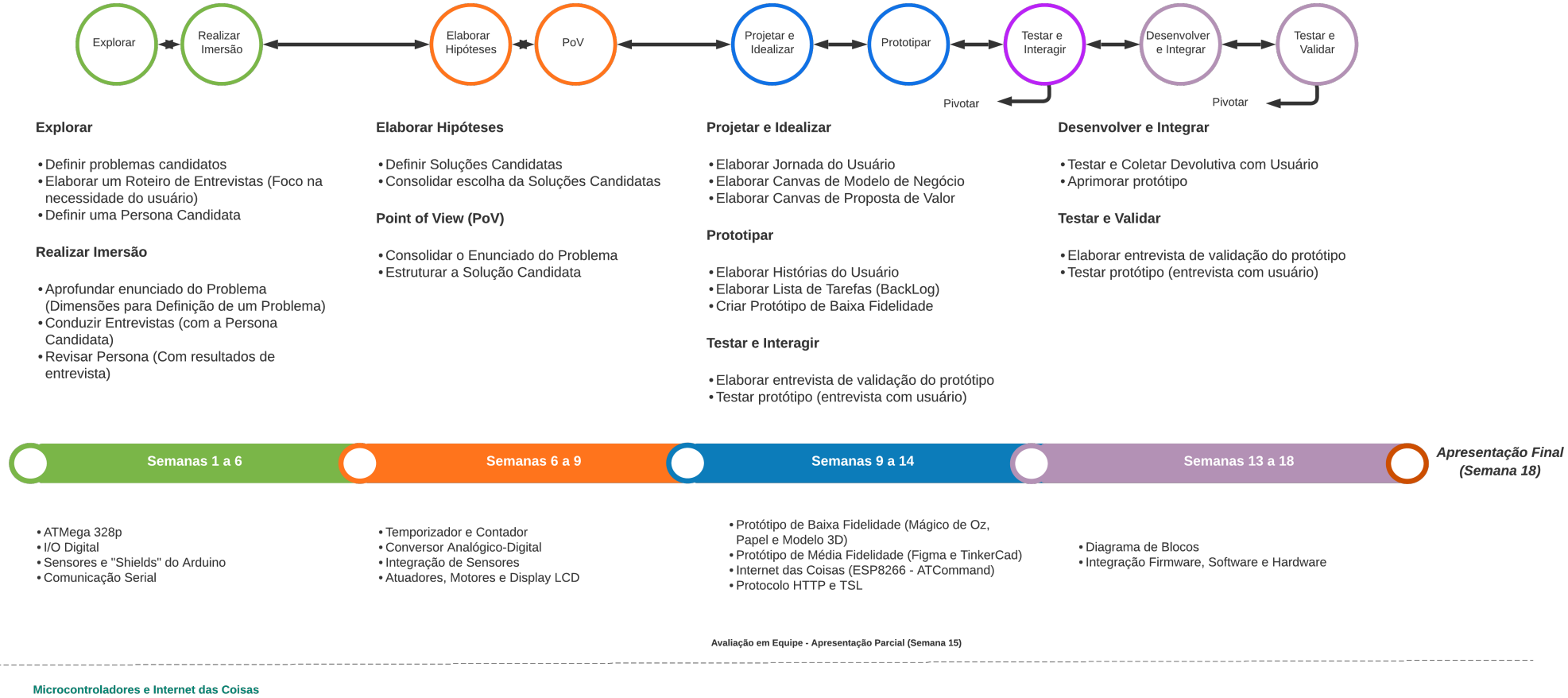
Com base nos resultados apresentados na Subseção 3.3.1, o método proposto para este Ciclo 2 foi redesenhando, incluindo uma aproximação maior com o usuário, e permitindo aos estudantes uma abordagem mais sistemática para os processos de decisão da solução candidata por parte da equipe. Além disso, também foram inseridas etapas relacionadas aos temas de inovação e empreendedorismo, focando principalmente nos aspectos relacionados a estrutura necessária para transformar a solução projetada em um negócio, que esteja associado a uma

proposta de valor para uma persona, e que seja construído com base em um usuário real. A estrutura do método pode ser verificada na Figura 24.

Foram mantidas as aulas associadas a condução dos experimentos, e foram apresentados exercícios complementares para fixação dos conteúdos.

Ao comparar o método proposto na Figura 10 com o da Figura 24, é possível perceber que existe uma diferença significativa quanto aos conteúdos técnicos da disciplina de Elementos de Máquina, e Microcontroladores e Internet das Coisas. No entanto, a caracterização de cada grupo de participantes, permite explicitar as influências do contexto, do ambiente e do repertório de cada grupo de estudantes. Além disso, o processo de avaliação e acompanhamento dos projetos, considera o produto gerado na conclusão do semestre, como uma **resposta** para um problema do mundo real. Logo, para avaliar este progresso foram elaborados instrumentos que permitem verificar o desempenho dos estudantes, tanto pelo ponto de vista de desenvolvimento de projetos, quanto pelo desenvolvimento das habilidades esperadas para um estudante que concluí uma disciplina de Microcontroladores e Internet das Coisas.

Figura 24 – Método proposto para disciplina de Microcontroladores e Internet das Coisas



Fonte: Autoria própria

Os resultados apresentados neste Ciclo 2 referem-se à aplicação deste método na disciplina de Microcontroladores e Internet das Coisas (IoT). A duração da disciplina foi de 18 aulas (uma por semana), com 3 horas de duração para cada aula. Além disso, vale destacar que de acordo com a Figura 24, este processo não é linear. Ou seja, é possível avançar e retroceder em cada uma das etapas, desde a definição do problema, até a comunicação dos resultados. Ainda, as aulas foram divididas em dois blocos distintos de uma hora e meia cada, em que o **Bloco 1** foi relacionado ao processo de design e empreendedorismo; e o **Bloco 2** relacionado aos temas de Microcontroladores e IoT. O Bloco 2 leva em consideração que os estudantes precisam dedicar um tempo extra em casa para resolução de tarefas e listas de exercício. O Quadro 13 apresenta a estrutura de aulas da disciplina, sem considerar a vivência paralela dos estudantes no desenvolvimento de um projeto. Ainda, a Figura 24 apresenta a distribuição destes temas ao longo das 18 semanas de aula, na versão que insere a temática de projetos na disciplina.

Quadro 13 - Cronograma de aulas, sem a inserção de projetos na estrutura da disciplina

Microcontroladores e Internet das Coisas	
Professor	André L. M. Santana
Aulas	**Conteúdos**
Aula 1	Apresentação da Disciplina e Apresentação do projeto semestral
Aula 2	Arquitetura de Computadores e práticas de segurança em laboratório
Aula 3	Introdução ao Microcontrolador ATMega 328p e a placa Arduino
Aula 4	ATMega 328p: entradas e saídas digitais
Aula 5	ATMega 328p: Array, String e comunicação serial
Aula 6	Representação de um sistema por máquinas de estado
Aula 7	ATMega 328p: Interrupções
Aula 8	ATMega 328p: Temporizadores e Contadores
Aula 9	ATMega 328p: Conversores Analógico-Digital, Sensores e Atuadores
Aula 10	**Prova Individual - Intermediária**
Aula 11	Introdução à Internet das Coisas (ThingSpeak + ESP8266)
Aula 12	Introdução à Internet das Coisas (ThingSpeak + ESP8266)
Aula 13	Protocolo HTTP
Aula 14	Protocolo HTTPs e TSL
Aula 15	Requisições HTTP e JSON
Aula 16	Introdução à Criptografia de Dados
Aula 17	Revisão para Prova
Aula 18	**Prova N2**

Fonte: Autoria própria

Durante o desenvolvimento de projetos, com ênfase na Resolução de Problemas do Mundo Real, uma das etapas mais importantes consiste em identificar um problema, e especificar uma solução candidata que seja viável, factível e desejável. A Figura 24 ilustra uma adaptação do processo *Startup Garage Innovation*, que incluí as demandas percebidas pelos estudantes na condução do Ciclo 1 deste projeto, e que incorpora estratégias para operacionalização desta prática na graduação em engenharia e em cursos de tecnologia. Além

disso, também foram incluídas uma etapa de construção de hipótese, antes da definição do Ponto de Vista.

Inicialmente, os estudantes são convidados a refletirem a respeito das áreas de projeto apresentadas pelo professor (ver Figura 25), e devem então, escolher uma delas para estruturar um problema que os acompanhará ao longo do semestre. Após isso, sem qualquer processo sistemático, e individualmente, os estudantes pensam a respeito dos temas e preparam um material para discussão na Aula 2.

Figura 25 - Áreas temáticas de Projeto

Acessibilidade e Tecnologias Assistivas **Energia e Sustentabilidade**
Alimentação e Saúde Pública **Educação e Acesso a Informação**
Meio Ambiente e Economia Circular

Nesta disciplina, foram estabelecidas três restrições (i) os estudantes precisam desenvolver um projeto relacionado a um dos temas apresentados na Figura 25; (ii) o projeto precisa gerar uma solução que se proponha a resolver um problema real de uma persona; e (iii) o projeto precisa apresentar uma solução que envolva programação física, e possivelmente internet das coisas. Além disso, as equipes devem ser **de 3 a 6 estudantes**.

Etapa 1: O primeiro diamante e a definição do problema

Inicialmente, na **Etapa de Explorar**, os estudantes devem buscar um problema, e realizar uma tempestade de ideias não guiada considerando os tópicos sugeridos na Figura 25. Após isso, os estudantes são convidados a pensar no problema em uma perspectiva de quatro dimensões diferentes, conforme apresentado no Quadro 14.

Quadro 14 - Quatro dimensões da definição de um problema

Dimensão	Descrição	Protocolo
Pilares do Projeto	Trata-se de uma pesquisa secundária, em que a equipe deve apresentar pelo menos duas referências de mercado, e duas referências da literatura, que abordem problemas semelhantes aos seus. Ainda, a equipe precisa descrever como as pesquisas colaboram para compreensão do problema.	**[A REFERÊNCIA]** é uma inspiração para este projeto pois permite compreender melhor **[COMO FAZER .... ou O QUÊ?]**

Restrições do Projeto	Definições importantes para que o projeto seja coerente, viável e factível. Nesta dimensão, os estudantes devem listar as limitações impostas acerca do desenvolvimento do projeto e devem estabelecer limites, que ajudem a definir o escopo e a estabelecer estratégias para lidar com as restrições elencadas.	Dado que **[O QUÊ/QUEM]** restrinja este projeto **[DE QUE FORMA?]** então **[O QUE SE PRETENDE FAZER?]**
Benefícios e Impactos ao Público-Alvo	Nesta dimensão os estudantes devem mapear como possíveis usuários estão relacionados com o problema que eles pretendem resolver. Além disso, assume-se que uma solução não gere impacto apenas para a Persona, mas sim, que pode afetar inclusive pessoas ao redor do usuário. Desta forma, a equipe precisa ilustrar as contribuições genuínas para cada perfil de usuário que interage com o problema.	Ao resolver este problema o(s)/a(s) **[PÚBLICO-ALVO]** serão impactados **[DE QUAL FORMA?]**
Nossos Diferenciais	Nesta dimensão, os estudantes devem mapear as oportunidades que existem no universo deste problema, ou as falhas que existem nas soluções existentes. De modo geral, esta dimensão ajuda a equipe a elaborar uma justificativa para escolher um problema, pois muitas vezes, os estudantes escolhem desenvolver um produto que já possuí uma solução bem estabelecida no mercado, e neste caso, vale empregar os esforços em aprimorar a solução existente. Nesta dimensão, os estudantes também devem buscar uma caracterização de sua contribuição.	Este problema precisa ser resolvido pois considera **[O QUE? QUAL O DIFERENCIAL?]** Este problema precisa ser resolvido pois as soluções existentes não foram construídas considerando **[O QUÊ?]**

Fonte: Autoria própria

Ainda na **Etapa de Explorar**, os estudantes desenham um ponto de vista seguindo as características apresentadas no protocolo da Figura 26.

Figura 26 - Protocolo para elaboração do ponto de vista (PoV), com ênfase nas necessidades do usuário

[QUEM] precisa **[DO QUÊ]**, pois **[COMO ISSO IMPACTA O QUEM?]** ou **[PARA RESOLVER QUAL PROBLEMA?]**

Fonte: Autoria própria

Após isso, os estudantes iniciam a Etapa de **Imersão**, em que elaboram um Ponto de Vista Candidato, desenham uma persona candidata para representar o seu usuário, e começam a estruturar uma versão gráfica desta proto-persona, priorizando:

- **uma imagem** de uma figura não conhecida, para estabelecer uma referência visual da persona

- **um fichamento com dados demográficos,** como nome, idade, sexo, faixa salarial e região onde esta persona vive
- **nível de fluência tecnológica**, em que a equipe elabora hipóteses a respeito da experiência do usuário, tanto do ponto de vista do uso de tecnologias digitais, como de tecnologias analógicas. Prioritariamente, para esta disciplina, os estudantes devem focar em soluções que envolvem redes sociais, dispositivos móveis e o uso inteligente de sensores e atuadores
- **necessidades e objetivos** que estão relacionados ao Ponto de Vista, definido pelos estudantes na etapa anterior
- **uma breve biografia**, que deve incluir informações importantes a respeito da história da persona, seus objetivos e necessidades

Em complemento a **etapa de imersão**, os estudantes preparam uma entrevista e devem se preocupar em entrevistas pelo menos três pessoas diferentes que estejam de bom acordo com as características desenhadas na proto-persona. Na **etapa de elaboração de hipóteses**, os estudantes assumem algumas premissas a respeito do problema, e registram suas principais dúvidas. Após isso, elaboram um roteiro de entrevistas, que tem por objetivo auxiliar no processo de esclarecimento das dúvidas, e na consolidação do que é uma premissa, o que deve ser uma restrição e o que de fato deve ser priorizado na hora de elaborar uma solução candidata para as próximas etapas.

Nesta etapa, as equipes elaboram um protocolo de entrevistas, em que foram sugeridas quatro seções para facilitar o processo:

- **Seção 1**: a equipe apresenta o projeto para o entrevistado, e destaca os objetivos da pesquisa. Além disso, deixa claro como os dados serão utilizados.
- **Seção 2**: a equipe elabora questões relacionadas aos dados demográficos, e busca incluir perguntas que aproximem o entrevistador, da pessoa entrevistada.
- **Seção 3**: a equipe promove a discussão acerca do problema, com questões relacionadas a (i) como o problema X está presente em sua vida? (ii) Como o problema X afeta o seu dia a dia? (iii) Como você faz para lidar com estas situações? (iv) Quais as barreiras encontradas para lidar com este problema? (v) Como você sente este problema com relação as suas atividades de trabalho e no seu círculo social?

- **Seção 4**: neste bloco a equipe inclui perguntas específicas, para algumas variações de perfil do usuário. Por exemplo: "Se o usuário for um estudante, e frequentar uma escola pública, então ... ".

Neste processo, os estudantes são desafiados a elaborarem perguntas a respeito dos *"por quês?"* e dos *"comos?"*, com o intuito de compreender como o usuário enxerga o problema, e o que de fato é prioridade para o usuário. Ainda, os estudantes são convidados a estruturarem perguntas que gerem histórias como respostas, ao invés de respostas como sim ou não.

Após esta etapa, os estudantes analisam os resultados, revisitam o Ponto de Vista e a Persona e usualmente refatoram os materiais produzidos. Em uma sala de aula convencional os estudantes utilizariam adesivos nesta fase para visualizarem as ideias. Como a disciplina ocorreu de forma remota, os estudantes utilizaram a ferramenta ***Padlet***[3].

Em paralelo, os estudantes se aprofundaram nos temas técnicos da disciplina e na segunda metade de cada aula, resolvem experimentos relacionados com (i) os elementos e componentes que envolvem um projeto com sistemas embarcados (ii) o ciclo de vida de uma aplicação com ATMega 328p; (iii) entradas e saídas digitais com ATMega 328p; (iv) sensores e *shields*[4] compatíveis com Arduino; e (v) comunicação serial.

Neste momento do curso, os estudantes avançaram 6 semanas e estruturaram a primeira fase do duplo-diamante do Design Thinking. Como resultado para este estágio, eles se aprofundaram na compreensão do problema e nos conhecimentos básicos de microeletrônica, para que na próxima etapa sejam capazes de começar a desenhar os primeiros protótipos ou modelos.

Etapa 2: O Segundo diamante e a solução candidata

Antes de iniciar a etapa de prototipação, os estudantes devem decidir qual é a melhor solução candidata para resolver o problema estruturado no formato do Ponto de Vista (utilizando o protocolo da Figura 26). Para isso, os estudantes realizam uma nova tempestade

---

[3] Ferramenta on-line utilizada para elaboração colaborativa de ideias (possuí versão gratuita com recursos limitados)

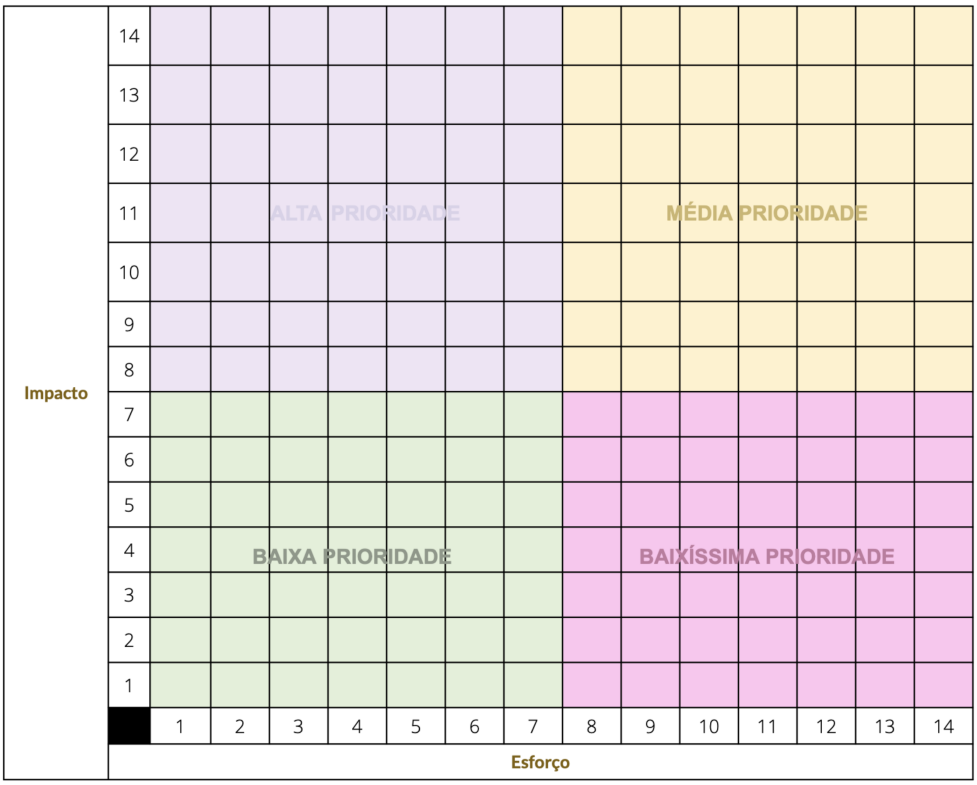
[4] São placas que se encaixam no Arduino para acrescentar uma nova funcionalidade, sem a necessidade de instalação ou adaptação da parte de microeletrônica

de ideias, e cada um dos estudantes elabora pelo menos uma Solução Candidata. Cada estudante precisa ilustrar a solução candidata destacando respostas para as seguintes questões:

- Como a solução resolve o problema, e principalmente, como resolve o problema de nossa persona?
- Quais recursos são necessários para prototipar a solução?
- Como a solução esta relacionada ao tema da disciplina?
- Nosso time tem condições de prototipar essa solução? Caso sim, o estudante é desafiado a pensar em uma resposta utilizando o seguinte protocolo [O INTEGRANTE X], se destacam [NO QUE?], e isso nos ajudará a resolver [QUAL PROBLEMA?].
- Ainda, a solução envolverá um produto? Um serviço? Ambos?

Após isso, os estudantes precisam votar na Solução Candidata, utilizando o gráfico de decisões, conforme representado na Figura 27

Figura 27 - Gráfico de decisões, baseado no esforço da esquipe, e no impacto para Persona

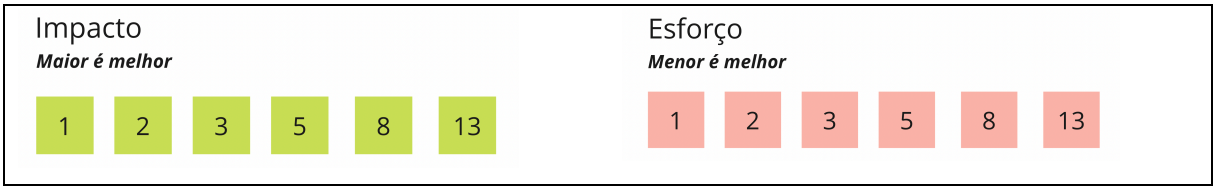


Fonte: Autoria própria

Nesta etapa, cada estudante recebe um conjunto de 12 cards, seguindo a série de Fibonacci (ver Figura 28). Esta série foi escolhida pois os pesos das decisões se acumulam, o que faz com que o processo de atribuição de pontos gere maiores reflexões. Além disso, este processo é usualmente utilizado nas práticas de "Planning Poker", frequentemente utilizadas em uma abordagem ágil para desenvolvimento de softwares.

Nesta etapa, os estudantes devem levar em consideração o tema do curso, e as características do time (repertório da equipe, habilidades técnicas, curva de aprendizagem, entre outros).

Figura 28 - Cartões de Esforço e Impacto



Fonte: Autoria própria

Individualmente, os estudantes distribuem os cartões que receberam, sem revelar a face, colocando-os uma a um em uma das soluções candidatas. Nesta etapa, o estudante não pode colocar dois cartões na mesma solução, e uma vez que um cartão seja empregado em uma solução, não pode ser utilizado em outra. Por exemplo: se o estudante A, utilizou o cartão de impacto no valor 5 para a solução 1, este cartão não está mais disponível para este estudante. No entanto, os outros estudantes que ainda tiverem este cartão, podem empregá-lo em uma solução, desde que o façam com a face escondida.

Após isso, todos os cartões são revelados, e no caso de conflitos, os estudantes devem discutir para chegar em um acordo a respeito do esforço/impacto da solução. Por exemplo: se um estudante considerou que o esforço da equipe para elaborar a solução é de custo 1, e outro estudante definiu como o esforço a carta de valor 13, deve-se iniciar uma discussão para estabelecer um consenso. Caso a equipe não chegue em um consenso, prevalece a média de todas as notas atribuídas.

Após esta etapa, as médias são calculadas para cada uma das soluções, e as soluções são plotadas no gráfico, seguindo a lógica estabelecida na Figura 27. Sugere-se que os estudantes escolham sempre a solução inserida no quadrante superior a esquerda. Ainda, para estudantes iniciantes, a solução com menor esforço deve ser priorizada, no caso de empate.

Como produto desta etapa, os estudantes vão avançar pelo segundo diamante, e podem começar a pensar nas estratégias para prototipação de uma solução. São indicadas para esta

etapa, que os estudantes estabeleçam metas para serem cumpridas a cada 15 dias. Espera-se que para próxima etapa, os estudantes já comecem a desenhar protótipos de baixa fidelidade, para validar sua percepção com o usuário, o mais rápido possível. No final desta etapa, os estudantes estarão na semana 9, ou seja, na metade do curso.

Na segunda metade das aulas eles experimentaram projetos que envolvem o uso de (i) temporizadores e contadores; (ii) conversores analógico-digital; (iii) estratégias para integração de diferentes tipos de sensores; e (iv) a utilização de atuadores, incluindo motores, LCD e LEDs.

Etapa 3: Prototipação e Validação com o usuário

Nesta etapa, os estudantes foram convidados a planejarem uma lista de tarefas, priorizando o impacto que estas tarefas podem ter para resolver o problema de sua persona. O protocolo desenhado para esta etapa, incorpora os fundamentos do Design Thinking e as Metodologias Ágeis de Desenvolvimento de Software.

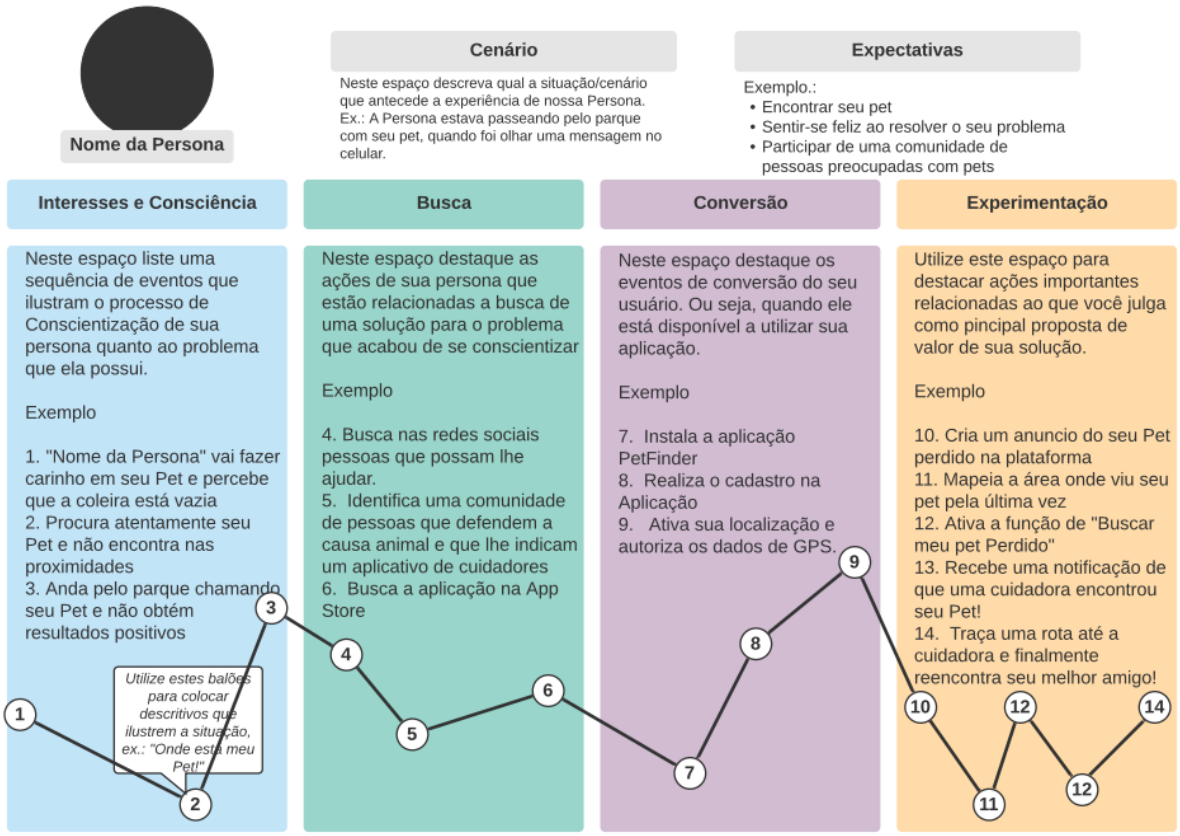
Ao iniciar a etapa de **projetar e idear**, os estudantes devem se preocupar com a elaboração de um protótipo de baixa fidelidade. Para isso, eles desenvolvem soluções o mais rápido quanto possível, utilizando lápis, papel, caneta e borracha. Caso o projeto envolva uma aplicação, sugere-se que utilizem o POP para registrar com fotos os desenhos de telas elaborados no papel. Caso eles optem por soluções que envolvem a prototipação de algum sistema que utilize um microcontrolador, sugere-se que a etapa de prototipação ocorra no TinkerCad (protótipo de média fidelidade).

Após esta etapa, os estudantes devem elaborar uma jornada do usuário, cujo objetivo é estabelecer um recorte de todo percurso que será vivenciado pelo usuário, ao longo das interações esperadas entre persona a solução candidata. No exemplo da Figura 29 é apresentado um cenário, que descreve uma situação real que antecede a percepção do problema, e que será utilizado como base para elaborar a jornada do usuário. Após isso, são apresentadas as ações do usuário, no formato de uma sequência de eventos, que se iniciam na percepção do usuário, quanto a existência de um problema (interesses e consciência), e que segue pela busca de uma solução. Na etapa de busca, o usuário, em seu contexto, investiga o ambiente para identificar uma estratégia para resolver o seu problema. Ainda, na etapa de busca, é importante destacar a o momento em que a solução candidata é identificada pelo usuário. Na etapa de conversão, descreve-se o momento em que o usuário decide utilizar a solução candidata proposto pela

equipe. Por fim, na etapa de experimentação, a equipe deve descrever quais os principais eventos que tratam do uso da solução, e quais são as interfaces necessárias para garantir que um usuário resolva o seu problema por meio do uso da solução proposta. Ainda, destaca-se que em cada ação da jornada, deve ser previsto o sentimento do usuário ao executar uma ação da jornada. Este sentimento pode ser representado por uma imagem ou uma expressão do usuário, no formato de um texto.

Os eventos da etapa de experimentação ajudarão as equipes a definirem as histórias de usuário. As histórias podem ser tratadas como funcionalidades ou artefatos que devem ser implementados pela equipe, para garantir que cada uma das ações descritas na jornada seja concretizada. Cada história será votada pela equipe e com base nesta votação, serão elaboradas listas de tarefas prioritárias.

Figura 29 - Exemplo de Jornada do Usuário



Fonte: Autoria própria

As histórias do usuário são pequenos recortes da jornada do usuário, que devem estar focadas em viabilizar as interações entre usuário e solução candidata. Deve-se partir do ponto de vista tecnológico, incluindo os artefatos necessários para que estas interações ocorram. Para

isso, os estudantes precisam estabelecer histórias focadas no usuário, e devem priorizar as soluções que geram maior impacto ao usuário, e geram menor esforço para equipe. Caso seja necessário, os estudantes podem utilizar o artefato indicado na Figura 27, substituindo a complexidade (para equipe) por esforço (da equipe), e o impacto (para o usuário) por importância (para persona).

Figura 30 - Exemplo de história do usuário, cadastro de um paciente em um App de TeleMedicina

H2.: Cadastro do Paciente		Complexidade
História do Usuário Como **fisioterapeuta** eu quero **cadastrar um paciente com DMD** para **manter os seus marcadores e tornar o processo de acesso às suas informações mais rápidas e consistentes.**		
Critérios de Aceitação **Dado que o paciente "Kaique Santos" não esteja cadastrado no sistema** **Quando a fisioterapeuta inserir as informações: nome do paciente = "Kaique Santos" , data nascimento = 11/03/2015 , selecionar o diagnóstico = "10 G71. 0 Distrofia muscular", data do diagnóstico = 10/06/2020, gênero = "Masculino", Deambula = Sim, nome do pai = "Antônio Santos", nome da mãe = "Elizete Santos", cpf = "621.943.256-89", número do SUS = "700 9674 9916 0003", Tem plano de saúde = Não, Possui outros casos de DMD = "Sim" , parentesco = "Avô Paterno", CREFITO fisioterapeuta responsável = Crefito-3/5578-FT, geohash = 6gyccyzcs5m8** **Então o cadastro do paciente é processado e registrado** **E o sistema deverá solicitar o cadastro de pelo menos um responsável pelo paciente**	*Comentários* Parentesco só é apresentado caso tenha outros casos na família. Caso possua plano de saúde: sim ou não e inserir manualmente. Em diagnóstico utilizar o CID e Descritivo que serão escolhidos em uma lista {revisar uma base de dados de apoio} Crefito é registrado de forma automática pela sessão O paciente não terá login. O Cadastro de CPF não é obrigatório. Obrigatório cadastrar um responsável. Chave composta única: nome paciente + nome responsável e data nascimento do paciente. **LGPD**: diagnóstico, data de nascimento, CPF, número do sus, nome do responsável, se tem plano de saúde	Importância

Fonte: Autoria própria

Esta etapa possuí dois pontos de atenção; o primeiro na semana 12, que envolve a lista de tarefas baseada nas histórias do usuário, e o Segundo na semana 14, que envolvem uma entrevista para medir a aceitação do usuário, para as funcionalidades implementadas/previstas no protótipo de baixa/média fidelidade. Ao final desta etapa, os estudantes estarão na semana 14, e se aprofundarão a respeito dos temas que envolvem Internet das Coisas, e a integração de projetos com a placa ESP8266, o uso de protocolo HTTP, algoritmos de criptografia e protocolos de segurança da informação. Além disso, os estudantes também devem trabalhar em um canvas de modelo de negócio e no canvas de proposta de valor.

Etapa 4: Integração e comunicação dos resultados

Nas últimas semanas, entre as aulas 13 e 18, os estudantes serão submetidos a aulas no formato de estúdio. Neste caso, serão reforçados os conteúdos específicos para cada equipe de

projeto, para que na aula 15 seja apresentada uma versão preliminar do projeto. Após esta apresentação, os estudantes recebem devolutivas para revisar o projeto, e amadurecer os pontos de fragilidade.

Na Aula 18, os estudantes demonstram os resultados, preparando uma apresentação que não ultrapasse 10 minutos, com uma tolerância de até 5 minutos. Esta apresentação precisa conter (i) informações acerca do problema definido, com comentários gerais a respeito da versão mais atual do problema, na perspectiva das quatro dimensões de problema (ver Quadro 14) (ii) os resultados do desenvolvimento do projeto, destacando cada uma das versões (iii) os diagramas técnicos, que envolvem os resultados de programação física, e programação web (quando aplicável) (iv) os resultados das entrevistas com o usuário (v) o modelo de negócio (vi) projeções para trabalhos futuros, seguidos das principais conclusões. Além disso, os estudantes devem elaborar um pitch de 1 a 3 minutos contendo os principais resultados do modelo de negócios.

Avaliação dos Projetos

As notas dos estudantes são compostas pelos produtos gerados pelo processo de Design, e pelos artefatos desenvolvidos na área de conhecimento técnico da disciplina. Quanto ao processo de design, foram avaliados (i) a definição do problema (ii) a definição da persona (iii) as entrevistas (iv) a revisão do problema e da persona (v) a jornada do usuário (vi) as histórias do usuário e a construção da lista de tarefas (vii) as revisões de funcionalidade e (viii) pelo menos duas entrevistas, com resultados comparáveis, evidenciando as diferenças entre os protótipos da semana 12 e o protótipo final.

Em paralelo, a disciplina também espera entregáveis da área de Microcontroladores e internet das coisas: (i) diagrama de componentes (ii) máquina de estados do comportamento do sistema (iii) uma primeira versão da solução usando o TinkerCad (iv) integração entre o modelo do TinkerCad e um sistema Web (quando aplicável). Alguns projetos não envolveram internet das coisas, uma vez que não era obrigatório. Ainda, os artefatos sugeridos auxiliam na visualização e preparação do protótipo, em diferentes fases de desenvolvimento. Uma máquina de estados, por exemplo, auxilia na representação comportamental do sistema.

A apresentação final envolveu uma banca com professores da instituição, mas que atuam em disciplinas distintas no mesmo curso. Para o processo de avaliação foram desenvolvidas as rubricas apresentadas no Quadro 10.

Quadro 15 - Rubricas de Avaliação do Projeto Final da Disciplina

Atributo Avaliado	Indicador de Qualidade
(2.0/10.0) A respeito do PROBLEMA de pesquisa apresentados no projeto, você entende que o DESEMPENHO alcançado pelos estudantes É:	**Ruim (30% de 2 pontos)** - Pois o problema atacado pelo grupo não foi abordado de forma clara e objetiva. Ainda, o grupo não investigou o estado da arte e nem o estado da prática. Por fim, o grupo também não realizou etapas de imersão com seu público-alvo. **Regular (60% de 2 pontos)** - Pois o problema atacado pelo grupo foi abordado de forma clara e objetiva. No entanto, o grupo não investigou o estado da arte e nem o estado da prática. Por fim, o grupo também não realizou etapas de imersão com seu público-alvo. **Bom (80% de 2 pontos) -** Pois o problema atacado pelo grupo foi abordado de forma clara e objetiva. Ainda, o grupo investigou OU o estado da arte, OU o estado da prática e não ambos. Por fim, o grupo também não realizou etapas de imersão com seu público-alvo. **Muito Bom (100% de 2 pontos)** - Pois o problema atacado pelo grupo foi abordado de forma clara e objetiva. Ainda, o grupo investigou o estado da arte e o estado da prática e realizou as etapas de imersão com seu público-alvo.
(2.0/10.0) A respeito dos TRABALHOS SIMILARES apresentados no projeto avaliado, você entende que o DESEMPENHO alcançado pelos estudantes É:	**Ruim (30% de 2 pontos) -** Pois os procedimentos realizados pela equipe não foram evidenciados durante a apresentação e a equipe não demonstrou como aplicou o uso de trabalhos similares na construção do seu estudo. **Regular (60% de 2 pontos)** - Pois os procedimentos realizados pela equipe foram evidenciados parcialmente durante a apresentação. No entanto, a equipe não demonstrou como aplicou o uso de trabalhos similares na construção do seu estudo. **Bom (80% de 2 pontos)** - Pois os procedimentos realizados pela equipe foram evidenciados durante a apresentação. No entanto, embora a equipe tenha evidenciado em algum grau o uso dos trabalhos similares, não demonstrou de forma prática quais decisões de projeto foram afetadas com base nos trabalhos similares. **Muito Bom (100% de 2 pontos)** - Pois os procedimentos realizados pela equipe foram evidenciados durante a apresentação. Ainda, a equipe demonstrou como empregou os trabalhos similares em seu projeto e identificou quais as mudanças estratégicas que ocorreram decorrente deste estudo prévio.
(2.0/10.0) A respeito dos MATERIAIS E MÉTODOS utilizados no projeto avaliado, você entende que o	**Ruim (30% de 2 pontos)** - Pois a equipe não deixa claro qual o estudo metodológico realizado, não identifica ferramentas adequadas para construção de sua solução, não incorpora estratégias modernas para trabalho em equipe e nem validações sistematizadas centradas no usuário. **Regular (60% de 2 pontos)** - Pois a equipe destaca o estudo metodológico realizado, porém identifica adequadamente apenas UM (1) dos TRÊS (3) itens: (a) materiais, métodos e procedimentos utilizados durante o desenvolvimento da solução (b) estratégias modernas para trabalho em equipe, como Métodos Ágeis e Lean Startup (c) validação centrada no USUÁRIO

DESEMPENHO alcançado pelos estudantes É:	**Bom (80% de 2 pontos)** - Pois a equipe destaca o estudo metodológico realizado, porém identifica adequadamente apenas DOIS (2) dos TRÊS (3) itens: (a) materiais, métodos e procedimentos utilizados durante o desenvolvimento da solução (b) estratégias modernas para trabalho em equipe, como Métodos Ágeis e Lean Startup (c) validação centrada no USUÁRIO. **Muito Bom (100% de 2 pontos)** - Pois a equipe destaca o estudo metodológico realizado, apresentando adequadamente todos os TRÊS itens: (a) materiais, métodos e procedimentos utilizados durante o desenvolvimento da solução (b) estratégias modernas para trabalho em equipe, como Métodos Ágeis e Lean Startup (c) validação centrada no USUÁRIO
(2.0/10.0) A respeito das ESTRATÉGIAS DE VALIDAÇÃO utilizadas no projeto avaliado, você entende que o DESEMPENHO alcançado pelos estudantes É:	**Ruim (30% de 2 pontos)** - Pois a equipe não utilizou métodos já validados. Não realizou validações centradas no usuário, não dialogou com as personas para construir os requisitos e não estruturou um Produto Mínimo Viável com base na validação. **Regular (60% de 2 pontos)** - Pois a equipe utilizou métodos já validados. Cumpriu apenas UM (1) dos TRÊS (3) itens: (a) realizou validações centrada no usuário, utilizando um MVP (b) dialogou com as personas para construir os requisitos e (c) aprimorou um MVP com base nas validações realizadas com o usuário. **Bom (80% de 2 pontos)** - Pois a equipe utilizou métodos já validados. Cumpriu apenas DOIS (2) dos TRÊS (3) itens: (a) realizou validações centrada no usuário, utilizando um MVP (b) dialogou com as personas para construir os requisitos e (c) aprimorou um MVP com base nas validações realizadas com o usuário. **Muito Bom (100% de 2 pontos)** - Pois a equipe utilizou métodos já validados. Contemplou os TRÊS (3) itens: (a) realizou validações centrada no usuário, utilizando um MVP (b) dialogou com as personas para construir os requisitos e (c) aprimorou um MVP com base nas validações realizadas com o usuário.
(2.0/10.0) A respeito da SOLUÇÃO E DO PÚBLICO-ALVO apresentados no projeto avaliado, você entende que o DESEMPENHO alcançado pelos estudantes É:	**Ruim (30% de 2 pontos)** - Pois a solução não apresenta nenhum grau de inovação além disso, não é coerente, factível e viável com relação ao público-alvo especificado. **Regular (60% de 2 pontos)** - Pois a solução apresenta PELO MENOS um dos TRÊS (3) itens relacionados a INOVAÇÃO, (a) modelo de negócio e produto/serviço propostos (b) stack tecnológico e (c) mercado atendido/público-alvo. **Bom (80% de 2 pontos)** - Pois a solução apresenta AO MENOS DOIS (2) dos TRÊS (3) itens relacionados a INOVAÇÃO, (a) modelo de negócio e produto/serviço propostos (b) stack tecnológico e (c) mercado atendido/público-alvo. **Muito Bom** (100% de 2 pontos) - Pois a solução contempla TODOS OS TRÊS (3) itens relacionados a INOVAÇÃO, (a) modelo de negócio e produto/serviço propostos (b) stack tecnológico e (c) mercado atendido/público-alvo.

Fonte: Autoria própria

Nesta disciplina os estudantes precisavam de pelo menos 6 pontos de média para aprovação. A nota final foi elaborada considerando duas entregas distintas (i) gerada pela média das rubricas apresentadas pela banca de avaliadores externos a disciplina, que contabiliza 40% da média final e (ii) os artefatos entregue ao longo da disciplina, e que geram um recorte da jornada dos estudantes ao longo do processo, que contabiliza 60% da média final.

Cada item da rubrica gera um valor máximo de 2 pontos, e os indicadores de qualidade demonstram o percentual de cada uma das notas, de acordo com a avaliação realizada pelos professores. Ainda, antes do fechamento, os professores convidados e o professor da disciplina fazem um alinhamento acerca dos projetos avaliados, em busca resolver divergências a respeito das notas.

Com relação a jornada do estudante, o processo de design e empreendedorismo gera um score definido como PDE (*Pontos de Design e Empreendedorismo*), que valem 50% dos 6 pontos restantes da média final. Ainda, os entregáveis de Microcontroladores e IoT, definidos PMIoT (Pontos de Microcontroladores e Internet das Coisas), correspondem aos outros 50% dos 6 pontos restantes da média. Cada item listado no começo desta subseção é avaliado com uma nota de 0 a 10 e uma média aritmética é gerada tanto para o valor de PDE, quanto para PMIoT. A Equação de média final pode ser observada na Equação 2.

Equação 2 - Equação de Média Final do Ciclo 2

$$Média = [(PDE * 0.5 + PMIoT * 0.5) * 0.6] + Média\ Banca\ Externa * 0.4$$

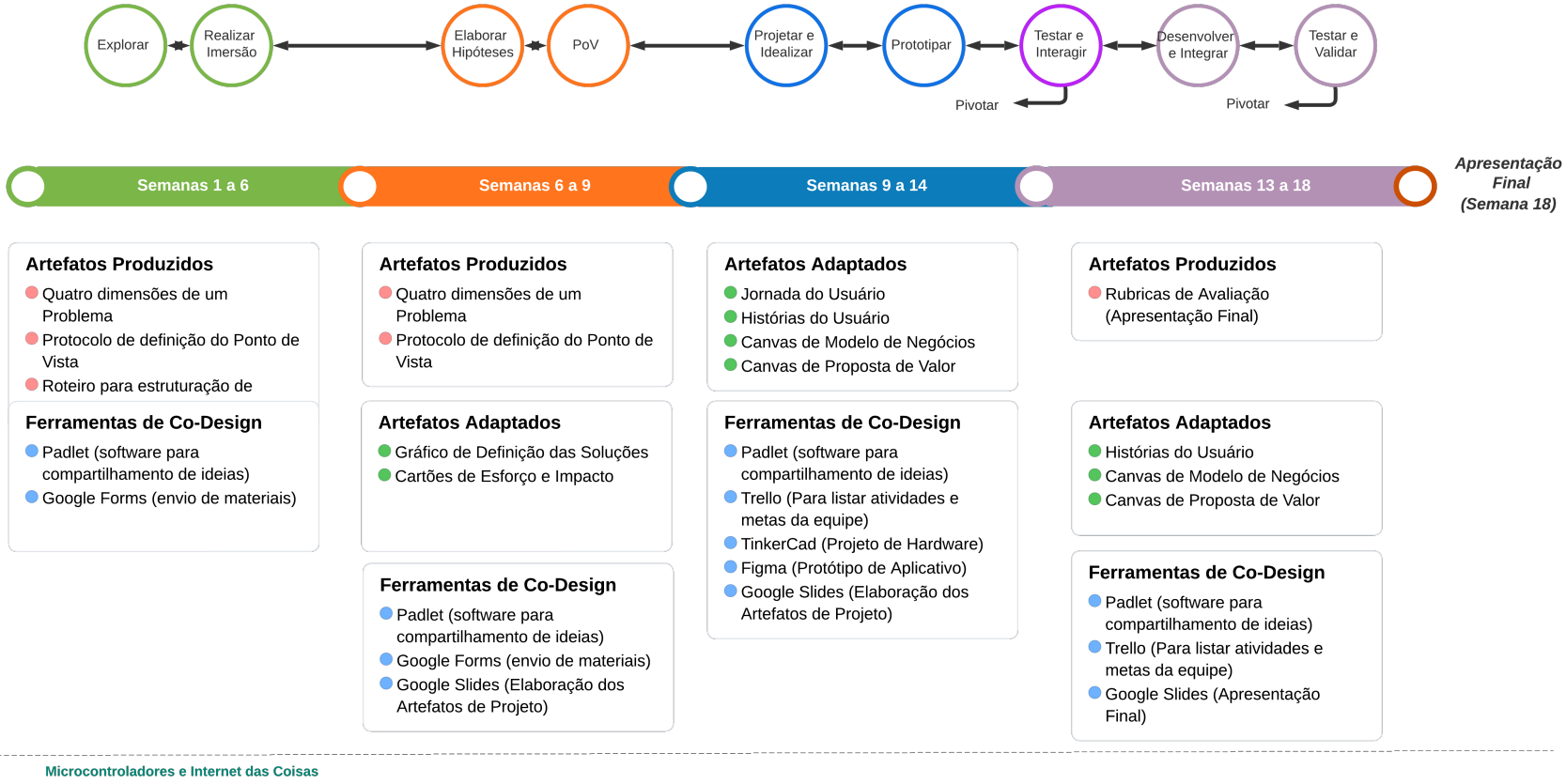
A próxima seção resgata os principais artefatos produzidos e as ferramentas empregadas em cada uma das etapas de desenvolvimento de projetos, na proposta do método apresentado para disciplina de Microcontroladores e Internet das Coisas no Ciclo 2 desta pesquisa.

3.4.4 Artefatos Produzidos e Ferramentas Adotadas no Ciclo 2

Para condução do Ciclo 2 foram especificados um conjunto de artefatos e ferramentas, que podem ser classificados em três categorias distintas quanto a criação dos materiais utilizados (i) artefatos extraídos da literatura, e empregados nas etapas de projeto, com adaptações para o público-alvo (ii) criação de novos artefatos para contemplar algumas das etapas de projeto listadas na proposta da Figura 24 e (iii) ferramentas para co-design de projetos,

implementadas e distribuídas por empresas da área de tecnologia. A Figura 31 destaca estes artefatos e ferramentas por etapa de projeto.

Figura 31 - Estrutura de artefatos e ferramentas de apoio para condução de projetos



Fonte: Autoria própria

Os artefatos listados na Figura 31 foram apresentados ao longo da descrição das etapas que compõem a Subseção 3.4.3. No entanto, o Canvas de Modelo de Negócios e o Canvas de Proposta de Valor, que foram empregados nas etapas de **Projetar e Idealizar** e **Prototipar** (ver Figura 24), foram adaptados e traduzidos de Strategyzer (2019a) e Strategyzer (2019b).

As ferramentas Padlet e Google Slides foram utilizadas para concentrar as respostas dos estudantes, e viabilizar o trabalho em equipe. A ferramenta Trello foi sugerida como uma alternativa para as equipes listarem as principais tarefas geradas com base nas jornadas do usuário.

A próxima seção consolida os resultados obtidos neste Ciclo 2, bem como apresenta alguns dos projetos desenvolvidos pelos estudantes ao longo da disciplina de Microcontroladores e Internet das Coisas.

3.4.5 Resultados Obtidos no Ciclo 2

Com base nos resultados obtidos no Ciclo 1 desta pesquisa, observou-se que o questionário conduzido como pré-teste para formulação dos perfis de estudantes, também poderia ser aplicado para verificação do desenvolvimento das habilidades técnicas e não-técnicas, na visão do próprio estudante. Desta forma, os questionários foram aplicados na primeira e na última aula da disciplina. O questionário pode ser verificado no Apêndice E.

Dos 188 estudantes participantes, 49 responderam tanto o pré-teste, quanto o pós-teste. Os resultados foram compilados no Quadro 16.

Após a verificação da normalidade dos dados, foi conduzido um teste T, assumindo as seguintes hipóteses:

H0 - Hipótese Nula: *As médias identificadas no pré-teste e pós-teste não apresentam diferenças significativas*

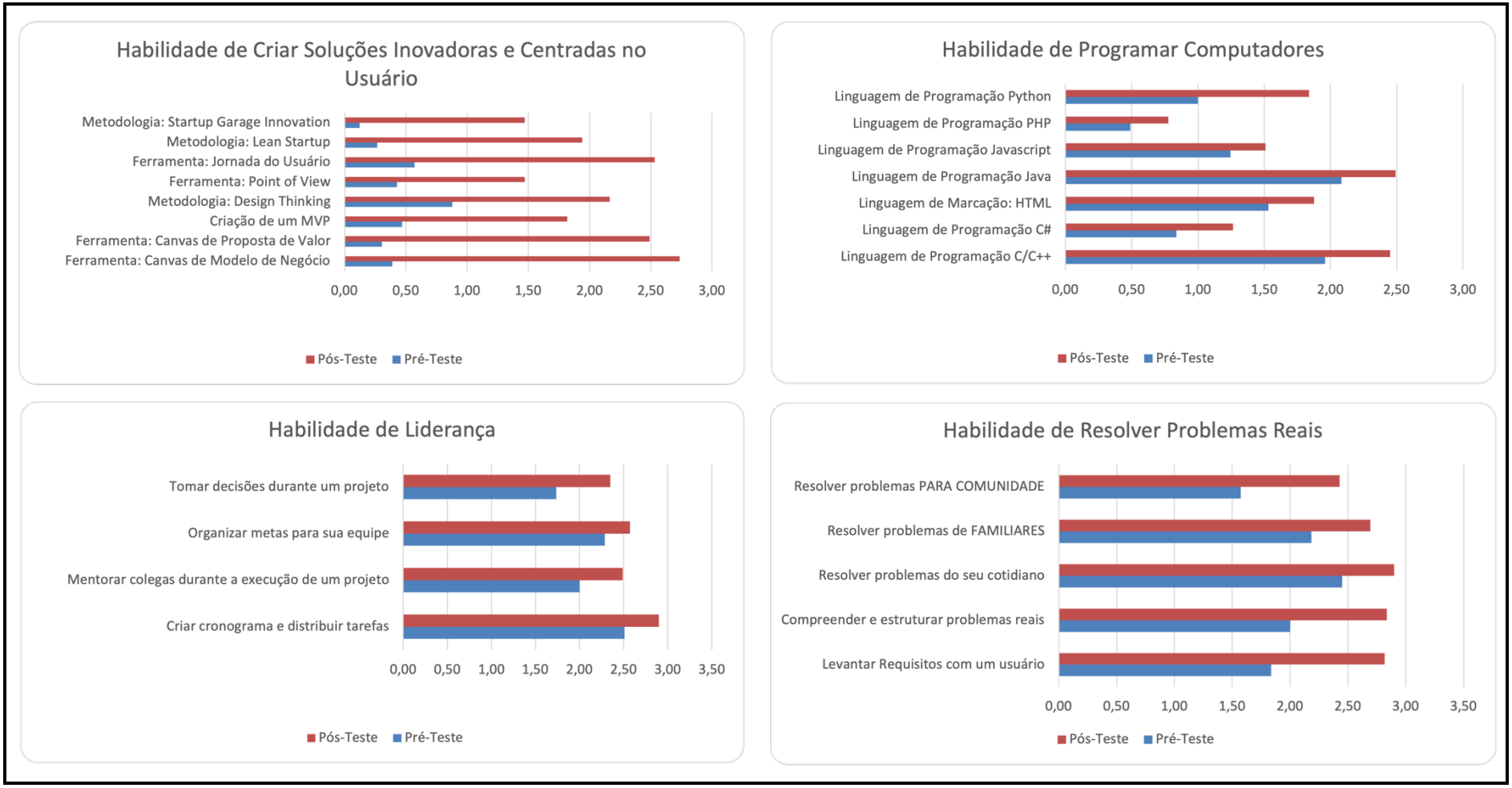
H1 - Hipótese Alternativa: *As médias identificadas no pré-teste e pós-teste apresentam diferenças significativas*

Quadro 16 - Resultados da autoavaliação (Pré-Teste e Pós-Teste) – Ciclo 2

Habilidades Avaliadas	Descritivo	n = 49			
		Pré-Teste	Pós-Teste	Teste T	
		Médias	Médias	p-value	Hipótese
Habilidades Técnicas 0 - Não Conheço 1 - Conhecimento Básico 2 - Experiência Básica 3 - Experiência Intermediária 4 - Avançado 5 - Me considero Expert!	Ferramenta de Desenho 3D	0,55	0,88	3,29E-02	H1
	Processo: Startup Garage Innovation	0,12	1,47	5,54E-10	H1
	Processo: Lean Startup	0,27	1,94	1,83E-11	H1
	Ferramenta: Jornada do Usuário	0,57	2,53	8,30E-12	H1
	Ferramenta: Point of View	0,43	1,47	1,63E-06	H1
	Metodologia: Design Thinking	0,88	2,16	6,93E-07	H1
	Criação de um MVP	0,47	1,82	6,30E-07	H1
	Ferramenta: Canvas de Proposta de Valor	0,31	2,49	1,19E-14	H1
	Ferramenta: Canvas de Modelo de Negócio	0,39	2,73	2,93E-16	H1
	Prototipação com Impressora 3D	*0,35*	*0,51*	*1,61E-01*	*H0*
	Linguagem de Programação: MatLab	*0,14*	*0,31*	*5,88E-02*	*H0*
	Ferramenta: Excel	*1,94*	*2,08*	*2,94E-01*	*H0*
	Linguagem de Programação Python	*1,00*	*1,84*	*2,11E-04*	*H1*
	Linguagem de Programação PHP	*0,49*	*0,78*	*6,40E-02*	*H0*
	Linguagem de Programação Javascript	*1,24*	*1,51*	*1,71E-01*	*H0*
	Linguagem de Programação Java	*2,08*	*2,49*	*1,38E-02*	*H1*
	Linguagem de Marcação: HTML	*1,53*	*1,88*	*1,10E-01*	*H0*
	Linguagem de Programação C#	*0,84*	*1,27*	*3,94E-02*	*H1*
	Linguagem de Programação C/C++	1,96	2,45	1,48E-02	H1
	Hardware: Raspberry Pi	0,65	1,20	6,27E-03	H1
	Hardware: ESP32/ESP8266	0,04	0,47	3,00E-04	H1
	Hardware: Arduino (ATMega 328p)	1,47	2,39	3,27E-05	H1
Habilidades Não-Técnicas 0 - Nenhum pouco confiante 1 - Pouquíssimo confiante 2 - Pouco confiante 3 - Desenvolvendo estas competências 4 - Confiante 5 - Muito Confiante	Participar de uma Startup	2,24	2,90	6,00E-03	H1
	Levantar Requisitos com um usuário	1,84	2,82	1,83E-05	H1
	Criar uma Startup	1,7959	2,49	7,84E-03	H1
	Compreender e estruturar problemas reais	2,00	2,84	4,38E-04	H1
	Resolver problemas com Hardware	1,16	2,59	9,58E-08	H1
	Resolver problemas com Web	1,73	2,47	1,48E-03	H1
	Resolver problemas com Apps Mobile	1,45	2,24	1,01E-04	H1
	Resolver Problemas com Nuvem	1,39	2,37	5,47E-05	H1
	Tomar decisões durante um projeto	1,73	2,35	3,57E-03	H1
	Organizar metas para sua equipe	2,29	2,57	1,13E-01	H0
	Mentorar colegas durante o projeto	2,00	2,49	3,91E-02	H1
	Criar cronograma e distribuir tarefas	2,51	2,90	5,52E-02	H0
	Participar de projetos em equipe	2,55	3,29	9,51E-04	H1
	Participar de projetos com equipes mais experientes	2,45	3,16	4,51E-03	H1
	Resolver problemas do seu cotidiano	2,45	2,90	1,39E-02	H1
	Resolver problemas de FAMILIARES	2,18	2,69	1,19E-02	H1
	Resolver problemas PARA COMUNIDADE	1,57	2,43	3,86E-04	H1

A Figura 32 permite a visualização dos dados do Quadro 16 após o agrupamento das respostas dos estudantes em quatro categorias distintas (i) quanto a habilidades de criar soluções inovadoras centradas no usuário, de forma colaborativa (CoDesign); (ii) quanto a habilidade de programar computadores e de empregar em diferentes linguagens de programação; (iii) quanto a habilidade de assumir o papel de liderança e auxiliar os colegas de equipe em suas tarefas e (iv) quanto a capacidade de estruturar problemas reais, e identificar soluções em diferentes níveis de complexidade (abrangência da solução).

Figura 32 - Resultado das Habilidades Técnicas e Não-Técnicas - Ciclo 2



Os resultados compilados nos gráficos apresentados na Figura 32, indicam que em todas as habilidades avaliadas pelos estudantes, houve progresso, uma vez que as médias aumentaram. No entanto, vale destacar que algumas habilidades como prototipação em impressora 3D, uso da ferramenta MatLab para criação de modelos, uso da ferramenta Excel para análise de dados, e Linguagens como Javascript, PHP e HTML, embora tenha suas médias aumentadas, não apresentaram significância estatística, e assumiram a hipótese nula.

É possível observar também que as habilidades não-técnicas, relacionadas ao desenvolvimento de projetos, apresentaram uma maior diferença na composição das médias, quando comparados os resultados do pré-teste e pós-teste. No entanto, também é possível perceber que as notas indicadas pelos estudantes, na etapa de pré-teste também eram menores para estas habilidades. No que diz respeito as linguagens de programação, vale destacar que nem todas elas foram empregadas em todos os projetos, e que o desenvolvimento da parte de internet das coisas era opcional. Quanto ao desenvolvimento de problemas do mundo real, também é possível observar um aumento de confiança nos estudantes, em resolverem problemas reais, e estruturarem soluções para pessoas reais, com base em uma abordagem de Co-Design de Projetos.

A próxima subseção apresenta algumas das principais produções de cada estudante, em cada uma das etapas de projeto. Além disso, também serão evidenciados alguns projetos que se destacaram durante as etapas de desenvolvimento.

Projetos Desenvolvidos (Turma C)

Além dos resultados obtidos pelo pré-teste e pós-teste, os estudantes também responderam questões abertas, a respeito da sua percepção acerca do método. O Quadro 17 ilustra alguns destes comentários.

Quadro 17 - Comentários da Turma C, a respeito do método proposto

Comentários
"A melhor experiência que já tive; me fez abrir a cabeça e ter um olhar empreendedor voltado para o mercado. Pensar em uma solução do zero, sem dúvidas, me permitiu olhar para engenharia de uma forma diferente, espero continuar meu projeto e ajudar muitas crianças."
"O projeto do meu grupo consiste em um módulo para movimentação de cadeira de rodas. Foi fascinante porque estudei o assunto e tentei entender as necessidades deste público. Inicialmente achei conversar com o usuário não tinha muita relação com o curso de Engenharia, mas no final percebi como é

importante falar com o usuário"
"Com a abordagem de empreendedorismo também é possível apreender a desenvolver soluções de hardware, para um escopo reduzido "
"O projeto foi uma experiência significativa porque aprendemos muito com as entregas. O feedback semanal fez a diferença para nos ajudar a desenvolver cada etapa; fazer cada passo conforme o professor explicou fez toda a diferença para progredirmos em nosso projeto."
"Uso de hardware no mundo real, necessidade de estudos aprofundados sobre o problema, escolha de uma solução, pensar na melhor maneira de usar o equipamento e testar uma solução"

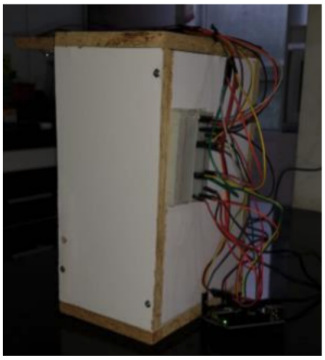
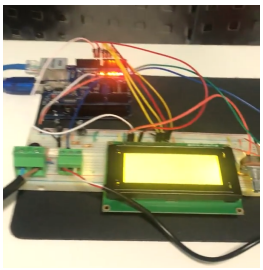
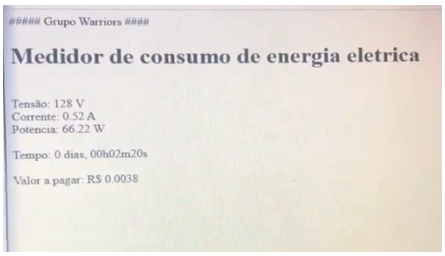
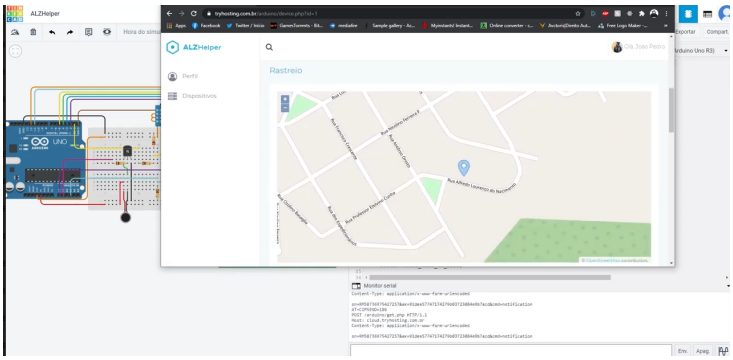
Os comentários apresentados no Quadro 17 ilustram como a proposta apresentada neste programa, mesmo que em uma primeira experiência de desenvolvimento de projetos, pode promover o engajamento dos estudantes para resolução de problemas do mundo real. De modo geral, os estudantes passaram por uma jornada intensa, em que muitas vezes se colocaram em uma situação de aumento de carga de trabalho, fora dos horários convencionais de aula. No entanto, os comentários registrados no final do processo permitem identificar um ganho na percepção de processo de projeto, na relevância de construir uma solução para problemas reais, com usuários reais, e na capacidade do estudante em enxergar que é possível associar o desenvolvimento de conteúdos técnicos, com projetos que fortaleçam a construção de um portfólio pessoal sólido.

Ainda, os estudantes destacaram a importância do professor em acompanhar cada fase do projeto, para que seja possível, por meio de devolutivas, uma redução da insegurança no processo de projetar soluções em conjunto com o usuário.

Projetos de Destaque

Ao todo, 24 projetos foram desenvolvidos por 24 times diferentes, distribuídos entre as turmas C1, C2, C3 e C4. O Quadro 18 apresenta alguns projetos que se destacaram, seja pelo software desenvolvido, pelo hardware construído, pelo modelo de negócios elaborado, ou pela estratégia de aproximação com o usuário. Além disso, também são apresentados os PoV especificados por cada uma das equipes.

Quadro 18 - Projetos de Destaque da Ciclo 2

Equipe 4 – C1: **Donos de pequenos comércios em São Paulo** precisam de um **sistema para higienizar as mãos de seus clientes toda vez que alguém acessa seu estabelecimento**, pois desta forma **será possível reduzir a proliferação do novo coronavírus, e controlar o número de pessoas que acessa cada estabelecimento, evitando aglomeração**	
Equipe 10 – C1: **Moradores da cidade de São Paulo** precisam de um sistema ***mais eficiente para controlarem o seu consume de energia*** pois, **com a pandemia, é necessária uma maior autonomia da população para reduzir suas despesas, e ao mesmo tempo, realizar uma dupla-checagem do consumo de energia elétrica**.	 
Equipe 13 – C3: **Pessoas Idosas que sofrem de Alzheimer** precisam de **suporte para que elas não se percam, e possam realizar suas tarefas diárias**, pois **à medida que elas perdem sua autonomia, se sentem frustradas e deixam seus familiares preocupados**.	

Fonte: Autoria própria

Cada projeto desenvolvido gerou um protótipo envolvendo conceitos de programação física, e uma apresentação contendo os principais resultados alcançados pela equipe. Ainda, foram observadas diversas estratégias de desenvolvimento. A equipe 13 da turma C3, por exemplo, desenvolveu um protótipo utilizando o TinkerCad e implementou um sistema de informação para apoiar as interações entre o hardware (do simulador) e uma aplicação web (para visualização e consumo de dados). Já a equipe 4 da turma C1, desenvolveu um protótipo envolvendo apenas os temas de computação física, sem transmissão de dados entre dispositivos. Tanto a equipe 4 da turma C1, quanto a equipe 10 da turma C1, adquiriram os recursos de hardware para prototipação física. Ainda, a equipe 10 da turma C1 envolveu conceitos de internet das coisas e criou um sistema web, simplificado, para visualização de dados.

Ao associar o desenvolvimento de projetos, com os temas da disciplina, para a resolução de problemas de alta complexidade, é possível perceber que embora os estudantes assumam caminhos distintos, ainda são capazes de alcançarem os mesmos objetivos de aprendizagem. Vale destacar, por exemplo, que a equipe 13, da turma C1, entrevistou 54 pessoas, das quais 64% eram familiares ou conheciam pessoas com Alzheimer, e durante todas as etapas de desenvolvimento, os integrantes geraram evidências de que estas interações apoiaram o desenvolvimento do projeto de forma acelerada, e com funcionalidades que comunicam melhor a proposta da tecnologia, como uma reposta para o problema identificado. Ainda, as equipes 4 e 10 da turma C1, testaram suas soluções com pelo menos cinco usuários.

Durante a apresentação, foi sugerido que cada equipe destacasse como a participação do usuário afetou o processo de desenvolvimento, e desta forma, foi possível perceber que as interações com o usuário, para validação do projeto, geraram ganhos positivos para o levantamento de requisitos, e alinhamento da solução como um produto para resolução de problemas reais.

A equipe 4, da turma C1, por exemplo, fez alterações na interface de sua solução, e apontou melhorias no desenho da estrutura física, pensando em como a solução proposta poderia ser fixada em locais públicos, e quais as preocupações que seriam necessárias para que este produto pudesse de fato, ser utilizado em ambientes não supervisionados. A equipe 10 da turma C1, identificou a necessidade de melhorar sua interface gráfica, e de utilizar um sistema web que seja capaz de graficamente, indicar o consumo por cômodos de uma casa. Ainda, a equipe identificou barreiras para monetização do seu modelo de negócio, e precisou revisar como seria possível sugerir este tipo de solução para empresas de eletricidade, e ao mesmo tempo garantir a sustentabilidade da corporação. A equipe 13, da turma C3, precisou repensar a interação com usuários para o controle das informações por parte dos usuários, respeitando ainda assim as diretrizes de informação de quem utilizaria o recurso de monitoramento. Ainda, alguns familiares indicaram que para gerar confiabilidade no produto, seria fundamental indicar quais profissionais de saúde estavam acompanhando o desenvolvimento da solução.

Por fim, todas as equipes também elaboraram um *pitch* para comunicar o modelo de negócio elaborado, e algumas delas, apresentaram sua solução para incubadora tecnológica. No entanto, esta etapa não fará parte desta avaliação.

3.4.6 Reflexões Acerca do Ciclo 2

No Ciclo 2 desta pesquisa, foram revisadas as fases do método proposto e foram desenvolvidos um conjunto de artefatos que permitiram o aprofundamento e acompanhamento dos projetos, de forma a garantir que cada equipe recebesse uma devolutiva acerca das etapas de desenvolvimento semanalmente. Esta estratégia foi indicada como positiva pelos estudantes, que se sentiram menos inseguros para desenvolver os seus projetos. No entanto, vale destacar que embora as equipes sejam novatas na área de desenvolvimento de projetos de alta complexidade, os estudantes de Engenharia da Computação, vivenciam ciclos de projeto de software desde o segundo semestre de sua formação, obtendo neste sentido, pelo menos dois semestres de experiência em projetos de software, quando comparados aos estudantes que participaram do Ciclo 1. Por outro lado, o questionário de Pré-Teste e Pós-Teste auxiliaram na redução desta ameaça, ao permitirem o mapeamento das habilidades de cada estudante, antes do início do projeto, e após a conclusão da disciplina.

Os artefatos desenvolvidos para definição do problema, permitiram um melhor alinhamento entre os integrantes da equipe. Durante os *checkpoints* semanais foi possível perceber que em geral, os estudantes que obtiveram resultados positivos nas etapas de desenvolvimento, foram capazes de identificar as necessidades de usuários reais por meio das etapas de interação com o usuário, e desta forma, estruturaram bons enunciados de problema. Além disso, os estudantes também especificaram as estratégias que permitiram uma maior aproximação com os usuários.

Ainda, parte do Ciclo 3 desta pesquisa ocorreu em paralelo com o Ciclo 2, porém, com um público-alvo distinto. Este ciclo será mais bem detalhado na próxima seção, no entanto, assim como no Ciclo 2, foram realizadas intervenções utilizando uma versão das quatro dimensões de problema, no formato de um canvas. Desta forma, levanta-se a hipótese de que o uso de um Canvas para Definição de Problema, estruturado de uma forma semelhante, possa facilitar a definição de um problema.

As rubricas de acompanhamento, exploradas no Ciclo 1 para a definição do problema e busca das referências, foram substituídas pelas quatro dimensões do problema, e pelos acompanhamentos semanais, e esta alterações não apresentaram nenhum prejuízo para o processo de desenvolvimento de projetos.

Em conversa com os estudantes, percebeu-se que a falta de centralização dos artefatos entregues em um mesmo ambiente virtual de aprendizagem, pode gerar desconforto para uma visualização do processo, como um todo.

No que diz respeito ao escopo dos projetos, algumas equipes questionaram a viabilidade de utilizar a abordagem proposta no Ciclo 2 desta pesquisa, para a elaboração de projetos de iniciação científica. Como exemplo, os estudantes propuseram uma investigação a respeito da especificação da melhor câmera para registro de vídeos, que seja capaz de identificar pessoas não autorizadas em uma instituição do ensino superior, no período noturno.

Os resultados do Ciclo 2 também permitem perceber que o método sugerido favorece o desenvolvimento de soluções para problemas do mundo real, e na visão dos estudantes, existe um ganho positivo para o desenvolvimento das habilidades técnicas e não técnicas. No cálculo da média final da disciplina, foi possível perceber que houve poucas diferenças entre as notas alcançadas pela turma de 2019/2, que não aplicou projetos, e que alcançou uma média de 7,97 nas avaliações institucionais, e a turma de 2020/2, que alcançou média de 8,1 nos mesmos testes. Ainda, este ciclo permitiu identificar que é possível aproximar os estudantes do processo de avaliação, ao incluir uma etapa de autoavaliação antes, e após a condução da disciplina. Esta abordagem corrobora com as premissas do DRB, quanto a participação dos stakeholders.

Os resultados também indicam que houve mudanças estatisticamente significativas, para as habilidades de design, de programação física e relacionadas a resolução de problemas do mundo real. Estas mudanças ocorreram tanto na visão do docente, quanto dos próprios estudantes. No que diz respeito a produção dos materiais, entende-se que embora os estudantes tenham realizado entrevistas com vários usuários, a ausência de um processo sistemático, pode inviabilizar uma análise aprofundada dos resultados. Logo, entende-se que a inclusão de um artefato que apoie o processo de elaboração de um roteiro de entrevistas, e apoie a consolidação destes dados pode auxiliar os estudantes a realizarem uma análise mais aprofundada, pode auxiliar na construção de soluções mais robustas.

Por fim, dentre as principais habilidades desenvolvidas neste ciclo, entende-se que as que mais se destacam são (i) autonomia de aprendizagem (ii) resolução de problemas do mundo real, em um processo de co-design com usuários reais (iii) habilidade de trabalho em equipe, e negociação e (iv) habilidade de pensar em diversos caminhos distintos, com julgamento baseado em evidências.

3.5 Ciclo 3: Estudo de Caso 4 – Formação Docente

O Ciclo 3 foi conduzida com 15 professores da rede pública paulista, que lecionam disciplinas para estudantes do ensino médio, e que participaram do projeto "Internet das Coisas para Jovens do Ensino Médio". Foi associado ao estudo de caso 4, um projeto em que os professores participaram de conjunto de formações e mentorias, realizadas pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em conjunto com a Associação do Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico e Furnas Centrais Elétricas S.A. Esta formação foi estruturada em três eixos distintos (i) a implementação de um espaço de criação na escola; (ii) o desenvolvimento de soluções que envolvem programação física, e eventualmente internet das coisas; e (iii) o desenvolvimento de projetos para resolução de problemas do mundo real.

Inicialmente, este Ciclo 3 foi projetada para ser conduzida no regime presencial. No entanto, devido as restrições sanitárias da cidade de São Paulo, foi necessário refatorar o processo de desenvolvimento de projetos, e a formação proposta para este método.

Neste contexto, o Ciclo 3 teve por objetivo *coletar evidências do uso das quatro dimensões de definição de um problema, no contexto de formação de professores da rede pública de ensino*, e *propor uma versão de uso destas quatro dimensões no formato de um canvas.* Entende-se que, embora o público-alvo de professores não seja formado por estudantes do ensino superior em engenharia, ainda assim trata-se de formadores cujo propósito é inserir o método de engenharia na sala de aula. Logo, a participação deste público-alvo tende a auxiliar no processo de construção de uma ferramenta que possa ser inserida em outros contextos de formação, e ao mesmo tempo coletar impressões de outros formadores.

3.5.1 Caracterização dos Participantes

Os 15 professores que participaram deste ciclo da pesquisa foram selecionados após uma chamada pública, que teve por objetivo democratizar a inserção da cultura maker, e da aprendizagem baseada em projetos nas escolas públicas de São Paulo. O processo de seleção levou em consideração a expertise dos professores, a distribuição geográfica dos espaços maker de internet das coisas nas diferentes regiões da cidade de São Paulo e possibilidade de envolvimento e pelo menos dois professores por escola.

Já os formadores que conduziram a formação docente, fazem parte de uma mesma equipe de pesquisa, e possuem experiência no desenvolvimento de projetos relacionados ao uso do método de engenharia.

Quadro 19 - Caracterização das ***Turma D*** – Estudo de Caso 4

Características	Turma D
Ambiente das Aulas	Não Convencional – encontros remotos pelo Zoom e mentorias pelo Google Meeting
Autores da Formação	Time de Formadores
Avaliações	Co-Autoria nas publicações
Projeto	Introdução à Internet das Coisas para Jovens do Ensino Médio
Definição do Problema	Livres, com sugestão para o contexto da escola
Temas Centrais da Formação	Espaço Maker, Aprendizagem Baseada em Problemas e Projetos, Programação Física
Duração das Formações	Encontros presenciais, de 8 horas. Encontros remotos de 3 horas, 6 sessões de mentoria (1 hora cada)
Experiência da Turma em Projetos no Ensino Médio	Sim
Papel do Autor na condução das aulas	Formador e Pesquisador
Perfil das Instituições	Públicas

Time de Formadores

O Ciclo 3 foi conduzida com a participação de diversos atores, divididos entre formadores, professores (que participaram da formação) e estudantes das escolas públicas de São Paulo. No entanto, foram afetados diretamente pelo Ciclo 3, os formadores, e os professores. Ainda, os formadores atuaram em duas frentes, sendo (i) na elaboração e condução de encontros presenciais (8 horas cada) e encontros remotos (3 horas cada) e (ii) na mentoria dos professores (6 encontros de 1 hora cada). O grupo de formadores foi composto por:

- Uma professora da Escola Politécnica da Universidade de são, com graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (USP)
- Uma pesquisadora do Laboratório de Sistemas Integráveis da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que é graduada em matemática e ciência da computação pela Universidade de Tel-Aviv, e mestre e doutora em engenharia elétrica pela Universidade de São Paulo (USP).

- Um professor do departamento de física da Universidade Federal do Amazonas, que é licenciado em Física pela USP, mestre em ensino de física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e doutorando em engenharia elétrica pela Universidade de São Paulo.
- Uma pesquisadora do Laboratório de Sistemas Integráveis da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que é licenciada em matemática e ciências, mestre em ciências pela Escola Politécnica de USP e doutora em educação pela USP.
- Uma pesquisadora, mestre em história social pela USP.
- Uma pesquisadora, graduada em pedagogia pela Universidade de Brasília, e com especialização em gestão de projetos pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- Um pesquisador, licencia em física pela USP.
- Um estudante de engenharia da computação, da USP.

O papel de cada um dos formadores no projeto Internet das Coisas para Jovens do Ensino Médio pode ser visualizado em Lopes et al. (2021a). Ainda, os resultados relacionados ao desenvolvimento de projetos para resolução de problemas do mundo real, pode ser verificada em Lopes et al. (2021c).

O perfil dos professores formados pode ser caracterizado considerando que:

- Participaram da formação, 15 professores, sendo sete (7) do sexo feminino e oito (8) do sexo masculino.
- Cinco (5) professores atuam em escolas públicas regulares de São Paulo, enquanto oito (8) professores atuam em Escolas Técnicas Estaduais (ETEC) e dois (2) em escolas com Programa de Ensino Integral (PEI).
- Os professores da escola PEI atuam nas disciplinas de matemática, física e tecnologia, e possuem experiência no ensino de projetos.
- Os professores das escolas públicas regulares de São Paulo, atuam nas disciplinas de artes, física, inovação, tecnologia, matemática, ciências e biologia, e possuem experiências em projetos, no contexto de áreas de conhecimento distintas.

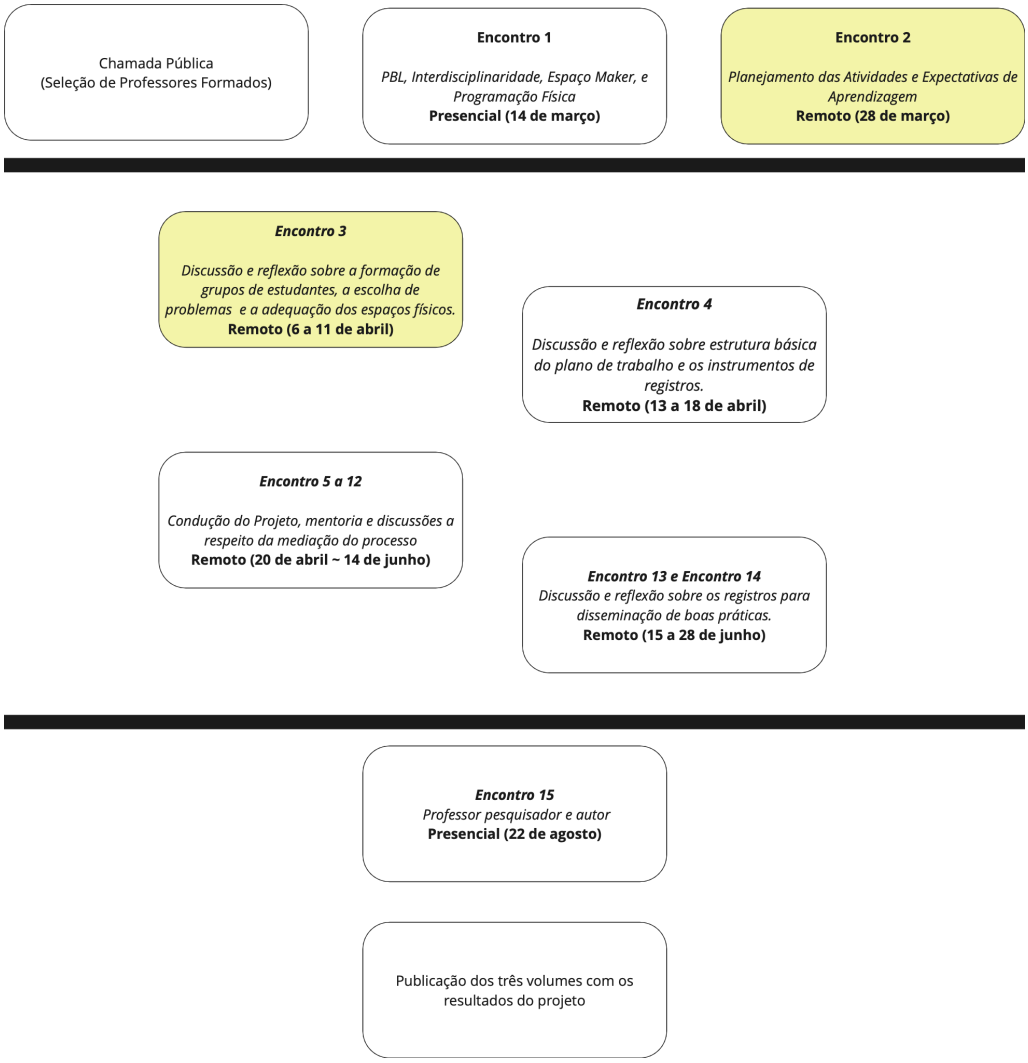
- Os professores das ETEC, atuam nos cursos técnicos de mecatrônica, eletrônica, automação industrial, nutrição e dietética, e desenvolvimento de sistemas.

3.5.2 Apresentação do Programa

A Figura 33 destaca a estrutura dos encontros que foram conduzidos na formação dos professores para o projeto *Internet das Coisas para Jovens do Ensino Médio*. Diferente dos outros ciclos de pesquisa, este Ciclo 3 não tratou de um estudo de caso pautado na condução de uma disciplina.

O programa foi desenhado para ocorrer no regime presencial, no entanto, devido a pandemia do coronavírus, apenas o primeiro encontro foi presencial, sendo todo o restante do programa, conduzido no formato remoto.

Figura 33 - Estrutura de encontros do Ciclo 3



No **encontro 1** foi apresentada uma visão geral do projeto, alguns fundamentos de programação física, e uma definição geral para espaços *maker* (espaço de criação), seguida de exemplos práticos de como estimular a cultura *maker* na escola. No **encontro 2**, os professores vivenciaram uma formação a respeito do método de engenharia, e foram desafiados a pensarem em quais estratégias empregariam para o levantamento de problemas reais, no contexto de sua escola. No **encontro 3**, os professores vivenciaram uma prática de aprendizagem baseada em problemas e projetos, indicando quais problemas já haviam estruturados com suas turmas. Em paralelo, os professores receberam uma mentoria a respeito do uso Canvas de Definição de Problemas, com o intuito de fornecerem uma versão formal para estruturação de problemas com seus estudantes. No **encontro 4**, os professores receberam formação para auxiliar no processo de registro das produções de seus estudantes. Também foi discutido o uso de um diário de bordo para acompanhamento das atividades. Alguns professores, por exemplo, indicaram o uso de redes sociais e do uso da câmera para registro das atividades no formato de vídeo, bem como o uso de aplicativos de troca de mensagem para celular.

Nos **encontros** de **5 a 12** foram realizadas formações com cada uma das equipes, com dedicação exclusiva por escola. Nestes encontros, foram discutidas as abordagens de projetos, as experiências e o contexto de cada escola, as estratégias para levantamento de problemas, e a priorização das etapas de projeto em cada escola. Os **encontros 13 e 14** foram destinados para entrevistas que auxiliaram na compilação dos resultados de projeto, e que permitiram o lançamento de um livro em três volumes, e que podem ser verificados em Lopes et al. (2021a), Lopes et al. (2021b) e Lopes et al. (2021c).

O **encontro 15** foi destinado ao compartilhamento dos resultados entre os professores das escolas que participaram do programa. Além disso, também foram realizadas as entregas dos materiais para construção de espaços *maker* nas escolas.

Avaliação do Processo

O processo de formação foi avaliado por meio de um questionário que foi aplicado no final de cada encontro. O questionário seguiu a mesma estrutura para todos os encontros formativos, sendo composto por cinco perguntas (ver Quadro 20).

Quadro 20 - Questionário de Avaliação dos Encontros do Ciclo 3

Pergunta 1: O que funcionou?
Pergunta 2: O que não funcionou?
Pergunta 3: O que você sabe agora (e não sabia antes)?
Pergunta 4: Do que você precisa?
Pergunta 5: Outras informações, sugestões ... que gostaria de acrescentar

Os questionários foram preenchidos no formato digital, através de um formulário do Google Forms. Além do questionário, também foram consideradas conversas não sistematizadas que ocorreram durante as mentorias. Os resultados deste ciclo serão discutidos na subseção 3.5.4.

3.5.3 Artefatos Produzidos e Ferramentas Adotadas no Ciclo 3

Para condução do Ciclo 3 desta pesquisa, foram desenvolvidos materiais de apoio, no formato de apresentação de *slides*, e que foram utilizados na formação dos professores. Além disso, foram desenvolvidos artefatos com o objetivo de viabilizar o processo de dimensionamento de problemas, por estudantes e professores do ensino médio das escolas públicas de São Paulo. Um dos materiais consiste em um *checklist* para verificação de um problema, que pode ser observado no Anexo B deste documento.

A primeira versão do Canvas de Definição de problemas pode ser observada na Figura 34, em que os protocolos sugeridos para elaboração das quatro dimensões de um problema, que foram apresentadas no Ciclo 2, foram transformados em “post-its” digitais, com o intuito de facilitar a estruturação de um problema em equipes.

O canvas apresentado na Figura 34 foi fornecido aos professores no formato digital, em um link na internet que direcionava os docentes para uma apresentação no Google Slides. Além disso, também foi fornecida na mesma apresentação, uma versão preenchida do canvas para auxiliar no processo de preenchimento e estruturação dos materiais, tanto por parte do professor, quanto por parte dos estudantes.

Ainda, vale destacar que o projeto foi conduzido utilizando o ambiente virtual de aprendizagem Google Classroom, onde foram concentradas as entregas e artefatos produzidos para a formação docente. O ambiente foi estruturado em nove seções distintas, sendo elas (i)

Portfólios de cada uma das cinco escolas participantes (ii) Atividades Dirigidas (realizadas nos encontros de formação) (iii) Apresentações dos Encontros (slides e conteúdos apresentados nos encontros de formação) (iv) materiais sobre espaço e cultura maker (v) Ferramentas para práticas EAD (vi) materiais sobre PPBL (vii) materiais sobre programação física (viii) materiais sobre internet das coisas (ix) Produção dos professores.

Figura 34 - Canvas de Definição de Problema (Não preenchido)

Fonte: Autoria própria

3.5.4 Resultados Obtidos

Os principais resultados obtidos neste Ciclo 3 foram relatados nos três volumes do livro "Internet das Coisas para Jovens do Ensino Médio"[5], e podem ser verificadas em Lopes et al. (2021a), Lopes et al. (2021b) e Lopes et al. (2021c). O Quadro 21 apresenta as respostas que foram dadas pelos professores, a pergunta 3, após a conclusão do encontro 3.

Quadro 21 - Devolutivas da formação de definição de problemas

"Os conceitos de gestão de projetos achei fantástico, pois são abordagens com exemplos mais modernos. Normalmente tratado mais em grandes empresas e não em escola, mas que faz parte de qualquer planejamento estratégico seja empresarial ou escolar. "
"Definir um problema não é uma tarefa fácil, e os conceitos de restrição e requisitos tornam difícil enunciar um problema"
"A atividade permitiu verificar quais os requisitos para desenvolvermos um projeto focado em espaços de criação da escola, ao me ver nos fez pensar fora da caixa"
"Percebi que não precisamos de tanto tempo para definir um problema"

O Quadro 21 permite destacar que o uso do Canvas de Definição de Problemas pode ser utilizado para elucidar a construção de um enunciado, mas que ainda assim, é necessário sugerir materiais complementares que viabilizem a compreensão de termos como "Restrição" e "Requisitos". No final do projeto, por conta desta sugestão, foi estruturado um material de apoio para docentes, e que foi publicado em Lopes et al. (2021b, p.25).

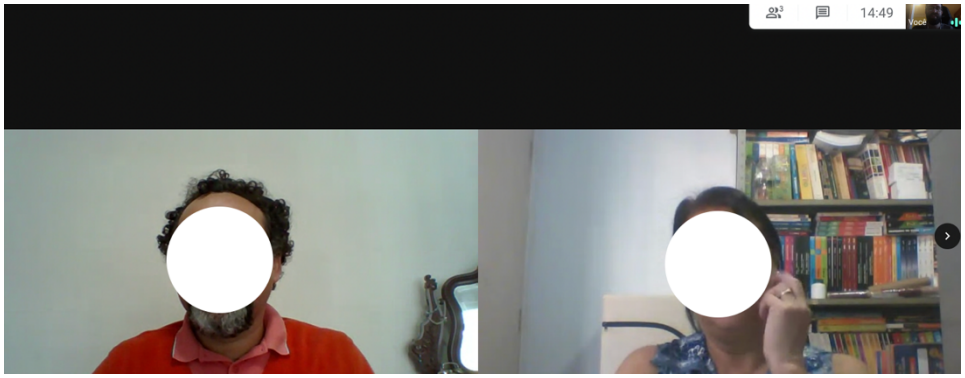
Além disso, as devolutivas indicam que o uso do canvas pode auxiliar na construção objetiva de um enunciado de problema, uma vez que estimula o estudante a observar projetos similares, a antecipar possíveis restrições, a incluir uma caracterização do usuário e a justificar quais os principais impactos do desenvolvimento deste projeto, para usuários reais.

No entanto, observou-se que para estudantes novatos, o uso do Canvas de Definição de problemas ainda pode ser uma tarefa difícil. Uma das professoras da E.E. Irmã Annete Marlene Fernandes de Mello, durante uma mentoria (ver Figura 35), relatou que a ausência de repertório e a ausência de inspirações próximas ao contexto do estudante, dificultam a elaboração de um

[5] Os conteúdos apresentados não serão transcritos nesta tese para evitar autoplágio

problema, que na visão do estudante seja válida para um projeto de sala de aula. E neste caso, muitos estudantes, acabam sugeriam problemas complexos e fora do seu contexto, por acreditarem que as oportunidades identificadas em suas comunidades, escola ou bairro, não tratam de problemas sérios o suficiente.

Figura 35 - Mentoria com a E.E. Irmã Annete Marlene Fernandes de Mello



Desta forma, entende-se que para condução deste tipo de projeto, no contexto do ensino médio, é fundamental preparar um material de apoio que ilustre projetos desenvolvidos por estudantes em contexto próximo ao público-alvo, para construção e aprimoramento do repertório de projetos. Ainda, admite-se que o contexto e a representatividade são fatores fundamentais para que os estudantes se sintam encorajados em assumirem o papel de projetistas.

Os professores da E.E. Pereira Barreto (ver Figura 36), indicaram a necessidade de adaptar o Canvas de Definição de Problemas, considerado a condução desta ferramenta de forma diluída em pelo menos quatro encontros. Para isso, os professores adaptaram o canvas, garantindo que cada uma das dimensões do problema fosse apresentada em uma página, em tamanho A4, que fossem desenvolvidas pelos estudantes de forma assíncrona as aulas. Após o preenchimento dos estudantes, os professores aproveitaram as aulas para assessorar os projetos dos estudantes.

Figura 36 - Mentoria com professoras de E.E. Pereira Barreto

Um dos professores, da Escola Pereira Barreto, destacou que:

> *"Para que os estudantes identificassem problemas, demos muitos exemplos de desafios, de projetos que nasceram com base na resolução de problemas. Aproveitamos os projetos do site da FEBRACE, elencamos muitos links de projetos a partir de problemas, tentando destacar aos estudantes a importância da relevância social. Quando realizamos a chuva de ideias para o levantamento de problemas que poderiam trabalhar, notamos que muitos nem entenderam que era para criarem um projeto. Ainda que não tenha sido colocado como um tema, citamos a relevância social na questão de projeto e cultura maker, e isso fixou! Há projetos das meninas sobre autoestima, empoderamento. Recordo que quando tentaram esboçar o problema, trouxeram o panorama, e a dimensão social está superforte para alguns grupos."*
>
> *Professor da E.E. Pereira Barreto.*

A fala do professor da Escola Pereira Barreto corrobora com a afirmação levantada pela professora da E.E. Irmã Anette Marlene Fernandes de Mello, em que ambas indicam a importância da construção de um repertório para o desenvolvimento projetos, principalmente para estudantes novatos.

Os professores da ETEC Uirapuru, destacaram que o uso de ferramentas inadequadas para o acesso aos cursos e materiais relacionados ao projeto, afeta o engajamento dos estudantes, que muitas vezes precisam acessar ambientes de aprendizagem que não são executados de forma correta em smartphones. Desta forma, entende-se que ao sugerir algum Ambiente Virtual de Aprendizagem, que possa compilar as etapas sugeridas pelo programa proposto nesta pesquisa, deve-se considerar o uso de tecnologias que funcionem bem tanto para computadores pessoais, quanto para dispositivos móveis.

3.5.5 Reflexões Acerca da Ciclo 3

O Ciclo 3 desta pesquisa, permitiu validar o uso Canvas de Definição de Problemas em um contexto fora do Ensino Superior em Engenharia. No entanto, para uso desta ferramenta fora do ambiente de graduação, é necessário estabelecer uma estratégia distinta, que seja focada na construção etapa a etapa, de cada uma das dimensões do canvas. Este ciclo também permitiu observar a importância dos contextos em que os projetos são desenvolvidos, e como podem afetar a percepção do estudante, como um ator capaz de assumir o papel de projetista.

Os professores que participaram deste ciclo, indicaram que muitos estudantes por não se enxergarem representados, tem receio, ou apresentam dificuldade de se enxergarem capazes de desenvolver um projeto. Desta forma, levanta-se a hipótese de que antes da estruturação de um problema, é importante apresentar um recorte de problemas possíveis, que estejam próximos tanto do nível de complexidade esperado para os estudantes que resolverão este problema, quanto estejam conectados com os contextos destes mesmos estudantes.

Com relação ao canvas de definição de problemas, percebeu-se a necessidade de transcrever informações complementares, que ajudem o estudante a realizarem uma pesquisa rápida, acerca das dimensões que estão associadas em cada uma das seções do canvas. Ainda, o uso de alguns termos técnicos pode tornar o processo difícil e exigir um preparo extra de materiais, para condução desta ferramenta fora do contexto das engenharias, pois termos como *restrição*, *requisito* e *premissa*, não fazem parte do vocabulário comum vivenciado no ensino médio.

Embora os participantes deste projeto não tenham vivenciado um ciclo completo de desenvolvimento de projetos, entende-se que a elaboração de materiais de apoio, seja para definição de um tema prévio para os estudantes, ou para auxiliar na construção de um repertório, são fundamentais para garantir que mesmo estudantes menos experientes, possam se sentir confortáveis em sugerir temas de projeto, que inclusive façam parte do próprio contexto social. Logo, para consolidação da proposta apresentada neste pesquisa, entende-se necessária uma revisão do canvas de definição de problemas e a consolidação destes materiais em um único ambiente de aprendizagem/colaboração. Ainda, entende-se que em disciplinas em que o tema seja pré-definido, ou uma pergunta de pesquisa norteadora seja elaborada, é necessário que o docente elabore algum material complementar para apoiar o processo de imersão dos estudantes, antes do início da pesquisa.

3.6 Ciclo 4: Estudo de Caso 5 – Resolução de Problemas Reais

O Ciclo 4 desta pesquisa discute os resultados de um estudo de caso 5, conduzido por meio da adaptação de um programa para a disciplina de Laboratório de Software e Projetos, e que foi conduzido na Universidade Anhembi Morumbi, entre os anos de 2020 e 2021. Nesta edição, as intervenções em sala de aula foram conduzidas com uma adaptação da abordagem empregada no Ciclo 2. No entanto, no Ciclo 4, devido as diferenças de perfil dos estudantes (ver subseção 3.5.1), foram incluídas mudanças quanto (i) ao cronograma da disciplina, e a distribuição das aulas ao longo de 18 semanas, uma vez que a disciplina tem caráter exclusivo para o desenvolvimento de um projeto, e não incorpora outros temas técnicos que devem ser abordados e (ii) a inserção de etapas que favoreçam o desenvolvimento de projetos de iniciação científica. Além disso, o processo de avaliação da disciplina é composto por apenas uma nota, no final do semestre, gerada por uma banca de avaliadores externos a disciplina, e a disciplina também foi conduzida remotamente.

O Ciclo 4 teve por objetivo *investigar a condução de uma abordagem para resolução de problemas do mundo real, em um contexto de estudantes em fase de conclusão de curso, e com dedicação exclusiva da disciplina, para o desenvolvimento de projetos de alta complexidade*. Ainda, no Ciclo 3, objetivou-se avaliar o uso deste processo, para a construção de projetos de iniciação científica.

3.6.1 Caracterização dos Participantes

Participaram deste ciclo 107 estudantes, divididos em três turmas distintas mistas, com participantes dos cursos de Ciência da Computação, Sistemas de Informação e Análise e Desenvolvimento de Sistemas. As características principais deste grupo podem ser verificadas no Quadro 22.

Quadro 22 - Caracterização das ***Turma E*** – Estudo de Caso 5

Características	Grupo E
Ambiente das Aulas	Não Convencional – aulas remotas utilizando o BlackBoard Collaborate
Autores do Plano de Ensino	Autor da pesquisa
Avaliações	Apresentação Final – Banca Avaliadora
Curso	Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Ciência da Computação e Sistemas de Informação
Definição do Problema	Livre, podendo optar por um projeto de iniciação científica
Disciplina	Laboratório de Software e Projetos
Duração das Aulas	18 semanas (3h/semana)
Experiência da Turma em Projetos no Ensino Superior	Sim
Papel do Autor na condução das aulas	Professor
Perfil da Instituição	Privada
Temas Principais da Disciplina	Projeto de conclusão de curso

O grupo de estudantes participantes do Ciclo 4 desta pesquisa, é composto por estudantes de três cursos distintos, da área de tecnologia da informação e comunicação, que puderam estruturar grupos mistos, com um número de 3 a 6 integrantes. Ao todo, foram desenvolvidos 32 projetos, dos quais 23 envolveram um produto ou serviço para resolução de um problema real, e nove (9) realizaram uma pesquisa de iniciação científica. Ainda, considera-se que:

- A Turma D2 possuí 37 estudantes, sendo 35 estudantes do sexo masculino, e dois (2) estudantes do sexo feminino. Ainda, foram desenvolvidos nove (9) projetos que se propuseram a resolver problemas reais, e dois (2) projetos que buscaram responder a uma pergunta de pesquisa, na modalidade de iniciação científica.
- A Turma D3 possuí 31 estudantes, sendo 26 do sexo masculino, e cinco (5) do sexo feminino. Foram desenvolvidos três (3) projetos que se propuseram a resolver problemas reais, e seis (6) projetos na modalidade de iniciação científica.
- Já a turma D4 possuí 39 estudantes, sendo 33 do sexo masculino, e seis (6) do sexo feminino. Nesta turma foram desenvolvidos 11 projetos que se propuseram

a resolver problemas reais, e um (1 projeto) na modalidade de iniciação científica.

Ainda, vale destacar que também participaram deste ciclo, professores de outras disciplinas do curso, que atuaram como avaliadores do projeto final desenvolvido por cada uma das equipes, em uma banca avaliadora. O perfil dos professores consiste em:

- Uma professora com graduação em Sistemas de Informação e mestre em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Campo Limpo Paulista e que será tratado como Avaliadora 1 nesta pesquisa;
- Um professor com graduação em Sistemas de Informação, e mestre em Ciências da Computação, pelo Centro Universitário Campo Limpo Paulista e que será tratado como Avaliador 2 nesta pesquisa;
- Um professor com graduação em Ciência da Computação, pela Universidade Anhembi Morumbi e Mestrado e Doutorado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e que será tratado como Avaliador 3 nesta pesquisa;
- Um professor com graduação em Ciência da Computação pela Universidade do Maringá, com Mestrado e Doutorado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e que será tratado como Avaliador 4 nesta pesquisa.

3.6.2 Apresentação do Método

O Ciclo 4 desta pesquisa acrescentou uma variável que não foi observada nos Ciclo 1 e Ciclo 2 desta pesquisa, e que consiste na necessidade de pensar em adaptar o método proposto para resolução de problemas do mundo real, para que seja possível conduzir um projeto de iniciação científica no usuário. Nesta abordagem, assume-se que o usuário final da solução será a comunidade científica, que realiza investigações em áreas correlatas, ou que desenvolve trabalhos similares.

Desta forma, algumas mudanças foram sugeridas no programa, alterando a estratégia para escolha do problema, que passou a incluir a elaboração de uma pergunta de pesquisa, e para a formação das equipes, que tratou de uma etapa extra inicial para escolha das equipes, em atuar em um projeto que se propõe a resolver problemas do mundo real, ou projetos que buscam realizar uma pesquisa de iniciação científica.

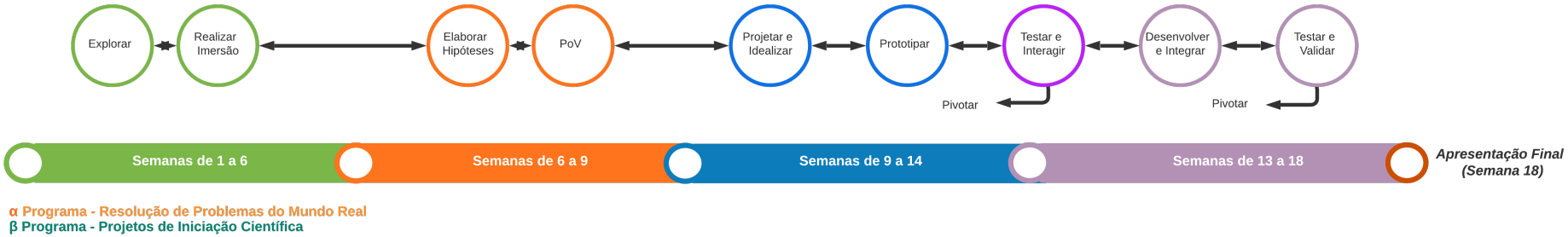
Na **Aula 1**, os estudantes foram apresentados ao programa da disciplina, sendo sugerido que poderiam optar por um projeto que se propusesse a resolver um problema do mundo real, por meio do desenvolvimento de um produto ou serviço tecnológico, ou estruturar uma pesquisa de iniciação científica, em que os resultados deveriam ser o desenvolvimento de um modelo/algoritmo, a especificação de cenários de validação, pautado em um método identificado na literatura e a validação do modelo/algoritmo desenvolvido. Desta forma, foram realizados alguns ajustes no programa proposto para este ciclo, e que permitiram a criação da proposta sugerida na Figura 37.

A **Aula 2**, foi destinada para construção dos cronogramas de trabalho, consolidação das equipes de trabalho e consolidação do tipo de projeto escolhido pelos estudantes. Ainda, o professor da disciplina atendeu cada uma das equipes, para elaboração e construção de metas de trabalho, que sejam capazes de viabilizar a entrega dos materiais necessários para o cumprimento das etapas estabelecidas de acordo com o programa destacado na Figura 37.

Na **Aula 10** foi realizada uma apresentação intermediária, contendo os resultados consolidados até a elaboração do Ponto de Vista (para as equipes que optaram por resolverem um problema do mundo real) e de uma Pergunta de Pesquisa (para as equipes que optaram por realizar uma investigação científica). Na **Aula 16** foi realizada uma pré-banca de avaliação, em que os estudantes realizaram uma apresentação para o professor da disciplina, e receberam devolutivas a respeito do trabalho desenvolvido até esta aula, e na **Aula 18** foi realizada uma apresentação para uma banca de professores externos a disciplina. Antes da banca, todas as equipes, independente da trilha de projeto escolhida, entregaram um artigo no formato da Sociedade Brasileira de Computação, para apreciação da banca de avaliadores

As aulas intermediárias que ocorreram entre os encontros supracitados, foram dedicadas a atividades no formato de estúdio, em que o professor realizou assessoria a cada uma das equipes, esclarecendo tanto dúvidas relacionadas ao método de projeto escolhido, quanto aos aspectos técnicos necessários para o desenvolvimento das soluções ou modelos/algoritmos.

Figura 37 - Programa para Ciclo 4. Laboratório de Software e Projetos



α Programa - Resolução de Problemas do Mundo Real
β Programa - Projetos de Iniciação Científica

Explorar

α Definir Problemas Candidatos
α Criar Roteiro de Entrevistas (Foco nas necessidades do usuário)
α Definir Persona Candidata
β Definir Perguntas de Pesquisa Candidatas
β Selecionar pelo menos dois trabalhos similares
β Elaborar um protocolo de busca

Realizar Imersão

α Aprofundar Enunciado do Problema (Canvas de Definição do Problema)
α Conduzir Entrevistas
α Revisar Persona
β Aprofundar Perguntas de Pesquisa (Canvas de Definição do Problema)
β Conduzir Revisão da Literatura

Elaborar Hipóteses

α Definir Solução Candidata
α Consolidar Solução Candidata (Após a Definição do PoV)
β Definir Método da Pesquisa
β Selecionar modelos/algoritmos que serão implementados
β Definir Método de Validação da Pesquisa

α Ponto de Vista (PoV)

α Consolidar Enunciado do Problema
α Planejar Solução Candidata

β Pergunta de Pesquisa

β Consolidar Enunciado da Pergunta de Pesquisa
β Planejar Desenho Experimental

Projetar e Idealizar

α Elaborar Jornada do Usuário
α Elaborar Canvas de Modelo de Negócio
β Diagrama de Atividades (Desenho Experimental)
β Consolidar Método de Validação
β Planejar Cronograma

Prototipar

α Elaborar Histórias do Usuário
α Elaborar Lista de Tarefas
α Projetar - MVP - Baixa Fidelidade
β Criar Modelos e Elaborar Cenários

Testar e Interagir

α Elaborar Roteiro de Entrevistas para Testar Protótipo
α Testar Protótipo (com usuários reais)
β Elaborar Plano de Testes
β Testar Modelos/Algoritmos
β Documentar Resultados

Desenvolver e Integrar

α Testar Protótipo (com usuários reais)
α Melhorar protótipo
β Revisar Modelo/Algoritmo
β Comparar Resultados com a literatura

Testar e Validar

α Elaborar Roteiro de Entrevistas para Testar Protótipo
α Testar Protótipo (com usuários reais)
β Elaborar Plano de Testes
β Testar Modelos/Algoritmos
β Documentar Resultados
β Definir um congresso para submissão do artigo

Fonte: Autoria própria

Avaliação dos Projetos

De acordo com as normativas institucionais, esta disciplina tem sua média final composta pela média das avaliações dos professores que participam da banca final de avaliação da disciplina. No entanto, o instrumento para composição da avaliação, pode ser especificado pelo professor da disciplina. Desta forma, os projetos foram avaliados seguindo dois conjuntos de rubricas distintos, que variam de acordo com tipo de projeto escolhido pelos estudantes no começo do semestre. O primeiro, segue os mesmos tópicos da rubrica especificada no Quadro 15, e foi utilizado em projetos que buscam resolver problemas do mundo real. E o segundo, segue as rubricas destacadas no Quadro 23 e foi conduzido para os projetos que realizaram uma investigação no formato de iniciação científica.

Ao todo, cada estudante foi avaliado por pelo menos quatro professor que não viram os projetos em situações anteriores (com o objetivo de garantir imparcialidade no processo de avaliação). O resultado das notas sugeridas pelas rubricas foi discutido em banca fechada, e consolidação com registro em ata.

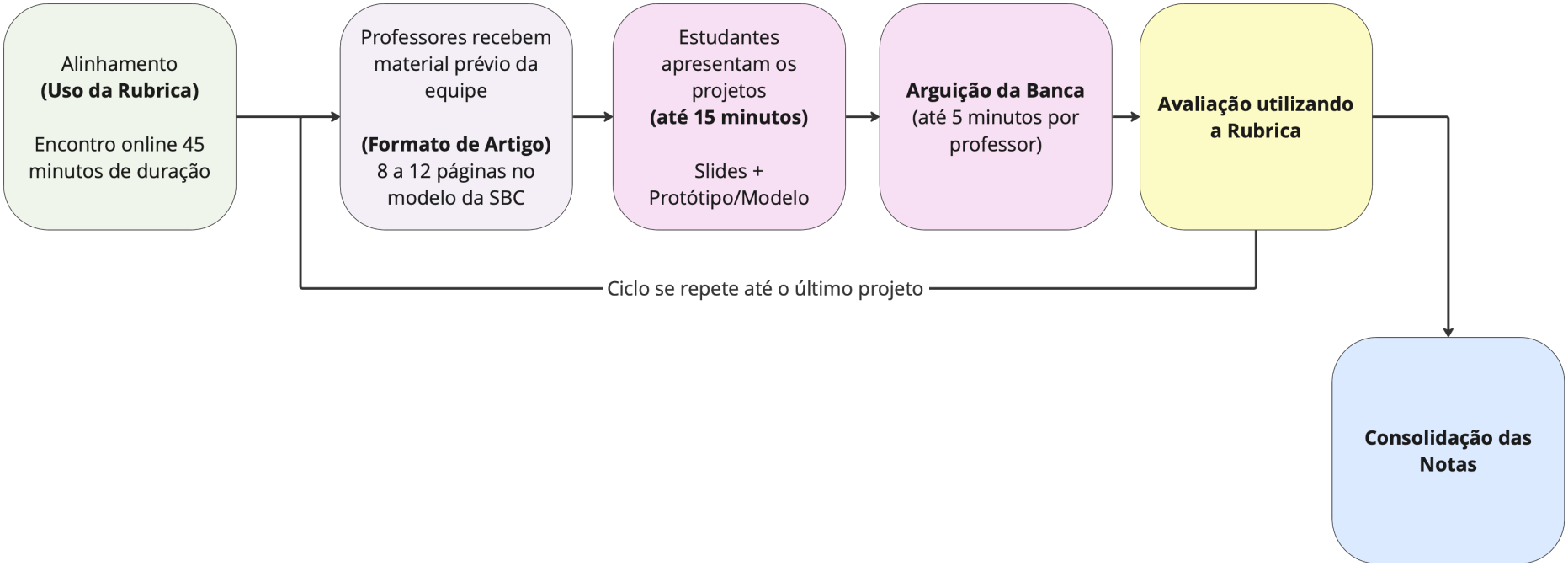
A equação para cálculo de média pode ser observada na Equação 3.

Equação 3 - Cálculo da Média Final na Disciplina de Laboratório de Software e Projetos

$$Média = \sum_{n=1}^{4} \frac{Média\ Rubrica_n}{4}$$

Para condução deste processo, o professor da disciplina realizou um alinhamento prévio com os professores avaliadores, com duração de 45 minutos. Neste alinhamento foram esclarecidos cada um dos itens da rubrica de avaliação, e foi destacado o processo de desenvolvimento esperado para cada uma das equipes. Ainda, cada avaliador recebeu uma cópia digital do artigo elaborado pelas equipes, com pelo menos uma semana de antecedência. O roteiro do processo de avaliação dos projetos seguiu o fluxo representado na Figura 38 e as rubricas de avaliação podem ser verificadas no Quadro 23.

Figura 38 - Roteiro de avaliação dos projetos no Ciclo 4



Fonte: Autoria própria

Quadro 23 - Rubricas de Avaliação do Projeto Final da Disciplina

Atributo Avaliado	Indicador de Qualidade
(2.0/10.0) A respeito do PROBLEMA de pesquisa apresentados no projeto, você entende que o DESEMPENHO alcançado pelos estudantes É:	**Ruim (30% de 2 pontos)** - Pois a pergunta de pesquisa definida pelo grupo não foi abordada de forma clara e objetiva. Ainda, o grupo não investigou o estado da arte e nem o estado da prática. Por fim, o grupo também não realizou etapas de imersão com seu público-alvo/envolveu trabalhos similares em seu projeto. **Regular (60% de 2 pontos)** - Pois a pergunta de pesquisa definida foi abordada de forma clara e objetiva. No entanto, o grupo não investigou o estado da arte e nem o estado da prática. Por fim, o grupo também não realizou etapas de imersão, pois não envolveu trabalhos similares em seu projeto. **Bom (80% de 2 pontos) -** Pois a pergunta de pesquisa definida foi abordada de forma clara e objetiva. Ainda, o grupo investigou OU o estado da arte, OU o estado da prática e não ambos. Por fim, o grupo também não realizou etapas de imersão, pois não envolveu trabalhos similares em seu projeto. **Muito Bom (100% de 2 pontos)** - Pois a pergunta de pesquisa definida foi abordada de forma clara e objetiva. Ainda, o grupo investigou o estado da arte e o estado da prática e envolveu trabalhos similares em seu projeto.
(2.0/10.0) A respeito dos TRABALHOS SIMILARES apresentados no projeto avaliado, você entende que o DESEMPENHO alcançado pelos estudantes É:	**Ruim (30% de 2 pontos) -** Pois os procedimentos realizados pela equipe não foram evidenciados durante a apresentação e a equipe não demonstrou como aplicou o uso de trabalhos similares na construção do seu estudo. **Regular (60% de 2 pontos)** - Pois os procedimentos realizados pela equipe foram evidenciados parcialmente durante a apresentação. No entanto, a equipe não demonstrou como aplicou o uso de trabalhos similares na construção do seu estudo. **Bom (80% de 2 pontos)** - Pois os procedimentos realizados pela equipe foram evidenciados durante a apresentação. No entanto, embora a equipe tenha evidenciado em algum grau o uso dos trabalhos similares, não demonstrou de forma prática quais decisões de projeto foram afetadas com base nos trabalhos similares. **Muito Bom (100% de 2 pontos)** - Pois os procedimentos realizados pela equipe foram evidenciados durante a apresentação. Ainda, a equipe demonstrou como empregou os trabalhos similares em seu projeto e identificou quais as mudanças estratégicas que ocorreram decorrente deste estudo prévio.
(2.0/10.0) A respeito dos MATERIAIS E MÉTODOS utilizados no	**Ruim (30% de 2 pontos)** - Pois a equipe não deixa claro qual o estudo metodológico realizado, não identifica ferramentas adequadas para construção de sua solução, não incorpora estratégias modernas para trabalho em equipe e nem validações sistematizadas centradas no usuário.

projeto avaliado, você entende que o DESEMPENHO alcançado pelos estudantes É:	**Regular (60% de 2 pontos)** - Pois a equipe destaca o estudo metodológico realizado, porém identifica adequadamente apenas UM (1) dos TRÊS (3) itens: (a) materiais, métodos e procedimentos utilizados durante o desenvolvimento da solução (b) estratégias modernas para trabalho em equipe, como Métodos Ágeis e Lean Startup (c) validação pautada no método científico com MÉTRICAS DA LITERATURA **Bom (80% de 2 pontos)** - Pois a equipe destaca o estudo metodológico realizado, porém identifica adequadamente apenas DOIS (2) dos TRÊS (3) itens: (a) materiais, métodos e procedimentos utilizados durante o desenvolvimento da solução (b) estratégias modernas para trabalho em equipe, como Métodos Ágeis e Lean Startup (c) validação pautada no método científico com MÉTRICAS DA LITERATURA **Muito Bom (100% de 2 pontos)** - Pois a equipe destaca o estudo metodológico realizado, apresentando adequadamente todos os TRÊS itens: (a) materiais, métodos e procedimentos utilizados durante o desenvolvimento da solução (b) estratégias modernas para trabalho em equipe, como Métodos Ágeis e Lean Startup (c) validação pautada no método científico com MÉTRICAS DA LITERATURA
(2.0/10.0) A respeito das ESTRATÉGIAS DE VALIDAÇÃO utilizadas no projeto avaliado, você entende que o DESEMPENHO alcançado pelos estudantes É:	**Ruim (30% de 2 pontos)** - Pois a equipe não estabeleceu métricas claras, não detalhou o desenho do experimento e não comparou os resultados com trabalhos similares. **Regular (60% de 2 pontos)** - Pois a equipe utilizou métodos já validados. Cumpriu apenas UM (1) dos TRÊS (3) itens: (a) estabeleceu métricas claras para validação do projeto (b) detalhou o desenho do experimento, identificando as etapas do projeto com um diagrama e (c) comparou os resultados com trabalhos similares. CIENTÍFICOS, não estabeleceu métricas claras, não detalhou o desenho do experimento e não comparou os resultados com trabalhos similares **Bom (80% de 2 pontos)** - Pois a equipe utilizou métodos já validados. Cumpriu apenas DOIS (2) dos TRÊS (3) itens: (a) estabeleceu métricas claras para validação do projeto (b) detalhou o desenho do experimento, identificando as etapas do projeto com um diagrama e (c) comparou os resultados com trabalhos similares. CIENTÍFICOS, não estabeleceu métricas claras, não detalhou o desenho do experimento e não comparou os resultados com trabalhos similares **Muito Bom (100% de 2 pontos)** - Pois a equipe utilizou métodos já validados. Completou os TRÊS (3) itens: (a) estabeleceu métricas claras para validação do projeto (b) detalhou o desenho do experimento, identificando as etapas do projeto com um diagrama e (c) comparou os resultados com trabalhos similares. CIENTÍFICOS, não estabeleceu métricas claras, não detalhou o desenho do experimento e não comparou os resultados com trabalhos similares.
(2.0/10.0) A respeito da SOLUÇÃO E DO PÚBLICO-ALVO apresentados no projeto avaliado, você entende que o DESEMPENHO	**Ruim (30% de 2 pontos)** - Pois a solução não apresenta nenhum grau de inovação além disso, não é coerente, factível e viável com relação ao público-alvo especificado. **Regular (60% de 2 pontos)** - Pois a solução apresenta PELO MENOS um dos TRÊS (3) itens relacionados a INOVAÇÃO, (a) colaboração para instâncias/estruturação de base de dados nacionais (b) análise de sensibilidade e/ou combinação de técnicas computacionais (c) estratégia de validação do experimento e visualização dos dados.

alcançado pelos estudantes É:	**Bom (80% de 2 pontos)** - Pois a solução apresenta AO MENOS DOIS (2) dos TRÊS (3) itens relacionados a INOVAÇÃO, (a) colaboração para instâncias/estruturação de base de dados nacionais (b) análise de sensibilidade e/ou combinação de técnicas computacionais (c) estratégia de validação do experimento e visualização dos dados. Muito Bom (100% de 2 pontos) - Pois a solução contempla TODOS OS TRÊS (3) itens relacionados a INOVAÇÃO, quando (a) colaboração para instâncias/estruturação de base de dados nacionais (b) análise de sensibilidade e/ou combinação de técnicas computacionais (c) estratégia de validação do experimento e visualização dos dados.

Fonte: Autoria própria

3.6.3 Resultados Obtidos

Avaliação dos Projetos

Os projetos desenvolvidos no Ciclo 4 desta pesquisa foram avaliados por meio do uso de rubricas de avaliação. Este processo foi conduzido de acordo com o fluxo destacado na Figura 38 ao todo foram realizadas 128 avaliações, e ao final de cada uma delas, o professor também foi convidado a dar um parecer, quantitativo, com uma nota que variasse de 0 a 10 para cada um dos projetos baseado na sua percepção de impacto da solução para o usuário, e no envolvimento das habilidades esperadas para formação de profissionais na área de Sistemas da Computação e Engenharia de Software.

Com base nos resultados das avaliações geradas pelo parecer do professor, e pelas médias calculadas nas rubricas, foi conduzido um Teste T de hipótese, para um número de 128 amostras, com 95% de confiança. O teste comparou dois conjuntos de notas distintos, que representam (i) as notas geradas pela soma de cada uma das dimensões da rubrica de avaliação; e (ii) as notas informadas pelos professores, na conclusão do preenchimento do formulário ao final de cada apresentação. Os resultados podem ser verificados na Tabela 2.

Para este teste assumiram-se as seguintes hipóteses de pesquisa:

H0: As médias são estatisticamente iguais, ou seja, as notas geradas pelas rubricas são equivalentes as notas geradas pelo parecer dos avaliadores sem o uso das rubricas

H1: As médias são estatisticamente diferentes, ou seja, as notas geradas pelas rubricas não são equivalentes as notas geradas pelo parecer dos avaliadores sem o uso das rubricas

Tabela 2 – Comparação entre o parecer docente, e as notas geradas pelas rubricas

Teste T (n = 128)		
Propriedade	***Avaliação por Rubricas***	***Avaliação por Parecer***
Médias	7,798	8,105
Variância	2,702	2,388
p-value	*0,062089738*	
Correlação de Pearson	0,899	
Hipótese rejeitada	H1	

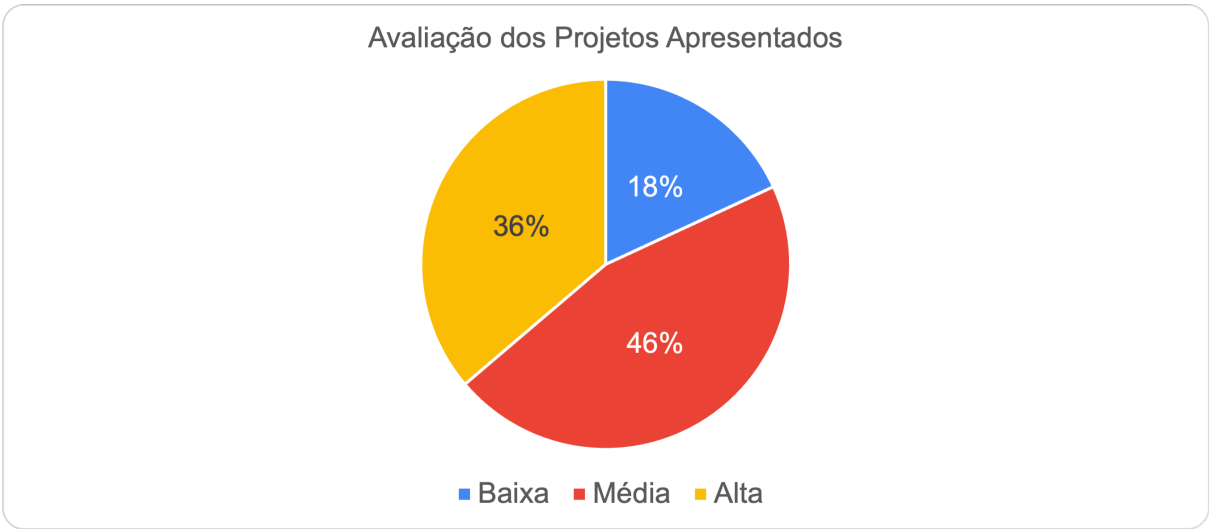
Os resultados do Teste T indicam que para uma confiança de 95%, a hipótese nula não é rejeitada e as médias geradas, bem como as amostras coletadas não são diferentes entre si. Desta forma, o uso das rubricas pode ser considerado como uma proposta positiva para avaliação de desempenho dos estudantes. Embora as médias sejam diferentes, o uso de rubricas favorece o processo pedagógico ao gerar um processo de avaliação sistemático, quantificável, verificável e capaz de sustentar uma devolutiva em cima de critérios objetivos.

Ainda, no que diz respeito ao resultado do teste de hipótese, as rubricas apresentaram maior variância, e quando avaliada a correlação de Pearson, entende-se que existe uma correlação alta entre as mostras, indicando uma relação de linearidade entre as notas geradas pelos dois processos de avaliação.

No que diz respeito aos produtos gerados pelos estudantes, entende-se que na visão dos professores avaliadores, os estudantes atingiram os objetivos de aprendizagem, e alcançaram uma média geral acima da necessária para aprovação (6,0). No entanto, três projetos receberam nota inferior à média da disciplina, e de acordo com o parecer dos professores, foram avaliadas com nota 4,0. No entanto, ao utilizar as rubricas de avaliação, dois dos projetos foram avaliados com nota 3, e um deles recebe nota 3,6.

Por fim, os avaliadores também avaliaram a desejabilidade da solução propostas pelas equipes, no que diz respeito, a capacidade da solução de gerar impacto para resolver problemas reais, associados ao público-alvo especificado pelos próprios estudantes durante a apresentação dos projetos na banca final de avaliação. O gráfico destacado na Figura 39 ilustra os resultados deste parecer.

Figura 39 – Possibilidade de impacto da solução para o público-alvo, na visão dos avaliadores



De acordo com a Figura 39, 46% dos projetos apresentados, na visão dos avaliadores, apresenta média possibilidade de impactar o público-alvo, enquanto 36% dos projetos apresentam alta possibilidade, e são indicados pelos avaliadores como projetos com alto potencial de geração de uma inciativa inovadora, e, 18% dos projetos apresentam baixa possibilidade de impactar o público-alvo especificado. De acordo com o parecer os professores avaliadores, os projetos que apresentam baixa possibilidade de impactar o público-alvo não comprovaram aderência entre a solução proposta e usuários, ou não foram capazes de ilustrar os artefatos técnicos produzidos de forma correta

Projetos de Destaque

Os resultados deste Ciclo 4, permitiu a elaboração de projetos de alta complexidade em sala de aula, em um período de um semestre (quatro meses), para os cursos de Ciência da Computação, Análise e Desenvolvimento de Sistemas de Informação da Universidade Anhembi Morumbi. No entanto, os projetos também foram acompanhados após este período, com o intuito de estimular a produção de artigos científicos, e o engajamento dos estudantes para acessarem o processo de incubação tecnológica da instituição.

Dentre os projetos de iniciação científica desenvolvidos ao longo do semestre, destaca-se o de Almeida, Fuzaro, Nieto e Santana (2021), que tratou do processo de identificação de notícias falsas no contexto político brasileiro, e que foi público nos anais do *II Workshop sobre as implicações da computação na sociedade*. Neste projeto, os estudantes implementaram dois algoritmos de classificação distintos, combinando-os com uma abordagem de processamento

de linguagem natural, para classificar notícias como falsas ou não, no contexto político brasileiro. Os resultados da pesquisa alcançaram uma exatidão de 80,4%, e uma precisão de 82%.

No que diz respeito aos projetos elaborados para resolução de problemas do mundo real, foram selecionados três projetos de destaque, cujas características de implementação incorporaram uma maior aproximação com usuários reais, e que foram avaliados como projetos, que de acordo com os avaliadores, possuem alta possibilidade de impacto para o público-alvo definido. Os resultados podem ser observados no Quadro 24.

Quadro 24 - Projetos de Destaque do Ciclo 4

Identificador da Equipe	Proposta do Projeto	Cursos Envolvidos	Estratégia da Validação	Produção em Vídeo
E1E1	Uma plataforma digital para conectar consumidores brasileiros, com salões de beleza	Sistemas de Informação	Teste de usabilidade com 40 usuários	Loiola et al. (2022)
E1E2	Implementação de um sistema de informação para redução de filas em estabelecimentos comerciais utilizando QRCode	Sistemas de Informação	Teste de usabilidade com 380 usuários	Ferreira et al. (2022)
E1E3	Desenvolvimento de sistema de informação para a integração de assistentes pessoais com as demandas de uma Universidade: uma abordagem utilizando REST, Node e Mongodb	Ciência da Computação	Teste de funcionalidade 212 usuários	Viana et al. (2022)

Todas as equipes listadas nesta seção vivenciaram o programa apresentado na Figura 37. As equipes destacadas no Quadro 24 foram convidados para participarem do processo de aceleração, pela incubadora de inovação tecnológica da instituição. Para isso, elaboraram um artefato compilando os principais resultados de desenvolvimento e de estruturação do protótipo, que está destacado no Quadro 24 na coluna de Produção em Vídeo.

As três equipes destacadas nesta seção testaram suas soluções com usuários reais. As equipes *E1E1* e *E1E2* realizaram testes de usabilidade, em que enviaram formulários para usuários que possuem características próximas da persona desenhada durante o projeto. Além disso, os estudantes anexaram ao formulário, o endereço de uma url para que os usuários fossem capazes de interagir com a aplicação. A equipe E1E1 testou sua solução com 40 usuário, enquanto a equipe E1E2 testou com 380 usuários.

No entanto, os questionamentos estruturados pelos estudantes não seguiram nenhum protocolo formal para elaboração do roteiro de entrevistas. Além disso, os estudantes indicaram durante o processo de arguição que foi possível avaliar a usabilidade da solução e identificar

oportunidades de melhoria para o desenvolvimento de seus projetos. No entanto, ao observar os resultados obtidos e a quantidade de respostas registradas, é possível perceber que a ausência de um processo sistematização para formulação dos questionários, e para análise de resultados, não permitiu extrair o potencial máximo das intervenções com os usuários. Ainda, em diálogo com as 32 equipes durante o processo de arguição, foi possível perceber que mais ciclos de validação, com processos de refatoração da solução, teriam permitido avaliar outros aspectos além da usabilidade da solução, como por exemplo, viabilidade financeira, uso de recursos, teste de novas funcionalidades e a comparação com produtos/serviços semelhantes.

Já a equipe E1E3 realizou um teste de funcionalidade, que também foi conduzido com o auxílio de um questionário enviado pela plataforma Google Forms, mas que contou com implementações de eventos para cruzar as respostas geradas pelo formulário, com as interações dos usuários no próprio sistema. Este processo permitiu a captura de um conjunto de interações do usuário, e contou com um instrumento de coleta apurado, capaz inclusive, de mensurar que outras estratégias para a construção dos elementos de interação homem-máquina, poderiam ser incorporados na solução para garantir uma aproximação maior no que diz respeito, a linguagem do público-alvo. Embora os estudantes também não tenham empregado uma abordagem sistemática para estruturação dos testes, a estratégia de coleta de dados foi positiva ao inserirem a implementação de um sistema de monitoramento interno na própria aplicação.

3.6.4 Artefatos Produzidos e Ferramentas Adotadas no Ciclo 4

Não foram produzidos artefatos diferentes para condução deste ciclo da pesquisa. No entanto, foi destacada a necessidade de consolidar os artefatos desenvolvidos para acompanhamento do processo de desenvolvimento de soluções para problemas do mundo real, em um único ambiente. Para isso, optou-se por adaptar e implementar cada um dos artefatos utilizados na abordagem representada na Figura 37, em uma ferramenta de design colaborativo.

Outra possibilidade seria a elaboração de um sistema de informação. No entanto, cada um dos ciclos anteriores permitiu verificar que os principais requisitos para especificação deste espaço consistem em (i) estruturar todos os artefatos necessários, para cada uma das etapas em um mesmo ambiente de aprendizagem (ii) ter a possibilidade de fornecer uma devolutiva, diretamente neste espaço e (iii) permitir o processo de co-design destes artefatos, com o uso otimizado de recursos visuais e textuais. Desta forma, entende-se que utilizar uma ferramenta

para condução deste processo pode ser uma hipótese válida para resolver o problema de descentralização dos artefatos.

3.6.5 Reflexões Acerca do Ciclo 4

No Ciclo 4 deste projeto os estudantes vivenciaram a experiência de conduzir um projeto de alta complexidade, no ensino superior, para os cursos de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Ciência da Computação e Sistemas de Informação, em um período de quatro meses. O programa proposto neste Ciclo 4 permitiu verificar a viabilidade de conduzir um processo de desenvolvimento centrado no usuário, com artefatos para estruturação e aprofundamento de um problema, tanto no desenvolvimento de projetos para resolução de problemas do mundo real, quanto na condução de pesquisas de iniciação científica nas áreas de tecnologia. Os resultados alcançados por Almeida, Fuzaro, Nieto e Santana (2021), demonstram que o uso de boas práticas pode viabilizar a produção de trabalhos acadêmicos, em nível de iniciação científica e em uma disciplina de graduação com a possibilidade de gerar um artigo científico publicado no final do percurso. No entanto, vale destacar que apenas uma das nove equipes publicou de fato o artigo produzido ao longo do semestre.

No entanto, o processo conduzido neste Ciclo 4 gerou uma série de demandas para o professor da disciplina, que tornam o processo bastante dificultoso no que diz respeito a operacionalização, acompanhamento e assessoria dos projetos desenvolvidos ao longo do semestre. Entende-se que para conduzir este tipo de projeto, é necessária uma infraestrutura que permite o acompanhamento do projeto com uma visão geral de todo processo e em um mesmo ambiente de aprendizagem, e que o teto estabelecido para orientação de projetos de graduação deve ser de no máximo dez equipes por semestre.

Logo, reforçou-se a necessidade de especificar uma plataforma ou um ambiente de co-criação, que seja capaz de concentrar todos os materiais necessários para os estudantes sejam capazes de vivenciar o processo de desenvolvimento sugerido no programa proposto nesta pesquisa, pois entende-se que desta forma a complexidade de acompanhamento será reduzida, otimizando a prática docente em sala de aula. No que diz respeito as rubricas de avaliação, foi possível observar que embora as medias geradas pelas rubricas sejam diferentes das médias indicadas pelos professores sem o uso delas, são estabelecidos valores muito próximos, embora estatisticamente divergentes. No entanto, ainda se sugere que as rubricas sejam adotadas, e que

preferencialmente sejam associadas a cada uma das entregas para permitir que os estudantes possam acompanhar o seu progresso de forma adequada.

Por fim, reforça-se a necessidade identificada no Ciclo 3 deste estudo, no que diz respeito a criação de um repositório que ajude a ilustrar exemplos de projetos que são esperados para turma que vivenciará a experiência proposta por esse programa. Ainda, caso as fronteiras de desenvolvimento de projetos sejam reduzidas, e sejam pré-definidos temas de projeto, a indicação de materiais extras para facilitar uma visão geral preliminar do problema, ou dos temas, também é indicada para as primeiras aulas da disciplina.

4 MÉTODO PROPOSTO

Os quatro ciclos desta pesquisa permitiram avaliar e aperfeiçoar um método para operacionalização do desenvolvimento de competências para a realização de projetos complexos no ensino de engenharia, com ênfase na resolução de problemas do mundo real.

O Ciclo 1 sugeriu a necessidade de criar estratégias para aproximar os estudantes projetistas de usuários reais que estejam associados ao problema especificado pelas equipes. Os resultados indicaram que a ausência de um processo sistemático para construção dos roteiros, inviabiliza a extração de conhecimento, e por consequência, nem sempre torna possível um aprendizado ativo e imersivo, quanto ao universo do problema. Desta forma, foi sugerido o desenvolvimento de um protocolo que fosse capaz de auxiliar os estudantes no processo de estruturação de um roteiro de entrevistas, e que pudesse ser conduzido na etapa de formulação do problema. Ainda, foi verificada a necessidade de realizar pelo menos duas entrevistas (i) na etapa de imersão do problema e (ii) nas etapas de validação da solução. No entanto, os resultados do Ciclo 1 e Ciclo 2, indicaram a necessidade de uma etapa intensificada imersão por parte dos estudantes projetistas, no que diz respeito a caracterização do seu usuário. Para isso, foi especificada uma etapa extra, que deve ocorrer antes da construção do roteiro de entrevista, e que consiste na elaboração de uma proto-persona. Logo, após concluir o Ciclo 1, percebeu-se a necessidade de elaborar ou especificar artefatos que possibilitem aos estudantes, a construção de uma proto-persona, que deve ser validada, e refatorada, assim que as informações obtidas pela entrevista sejam registradas e analisadas.

No Ciclo 2, estes artefatos foram estruturados e inseridos na estratégia pedagógica utilizada em sala de aula, e por conta disso, foi especificado um conjunto de protocolos que deram origem as quatro dimensões de um problema. Estas dimensões permitem a estruturação de um problema candidato centrado no usuário. Ao estabelecer como parte fundamental da estrutura do problema, o termo *["QUEM?"], precisa ["DO QUE?"]*, assume-se que o ponto de vista definido pela equipe deve ser focado em um usuário real, ou seja, o ["QUEM?"].

O processo de criação previsto nas atividades de projeto em equipe, é favorecido pela diversidade e pela construção de equipes multidisciplinares, uma vez que em face a um problema, o repertório de cada estudante proporciona uma visão distinta da realidade e do universo do problema, e por consequência, gera possibilidades para especificação de caminhos não óbvios. Durão *et al.* (2018), destacam os impactos do processo de divergência, na

estruturação de um problema, o que corrobora com a percepção de que equipes diversas, tendem a prototipar projetos mais inovadores.

No entanto, o processo de divergência, muitas vezes dificulta o processo de convergência para definição de um problema a ser seguido, ou para especificação de uma solução candidata. Logo, para reduzir a ameaça gerada pela incerteza em definir um caminho ao qual todos os estudantes de uma equipe estejam de bom acordo, foi estabelecido o uso do gráfico de decisões. Os gráficos são baseados em uma matriz de valores de duas dimensões, em que a *dimensão 1* trata do **impacto** que uma eventual solução trará ao usuário, no caso de o problema ser resolvido, e a *dimensão 2* do **esforço** demandado pela equipe para operacionalizar esta solução ou para resolver o problema. Com base nas interações com os estudantes, foi possível perceber que este instrumento auxilia no processo de decisão, à medida que propõe uma abordagem sistemática, pautada na decisão em equipe, para definição dos caminhos a serem escolhidos (etapas de convergência do duplo diamante).

O uso da jornada do usuário e das histórias do usuário, propostos no Ciclo 2 como uma adaptação de artefatos já existentes nos métodos ágeis de desenvolvimento de software e no Design Thinking, permitem que a equipe tenha uma visão objetiva da relação entre usuário e o problema identificado. Esta visão é construída em cima de um cenário, que busca a imersão dos projetistas no universo do problema. Ainda, do ponto de vista de design de uma solução que seja factível, viável e desejável, a jornada permite mapear eventos que acontecem antes do usuário identificar que possuí um problema, e permite que as equipes compreendam quais eventos da jornada são capazes de aproximar o usuário de uma solução. Além disso, a jornada do usuário sugere que os estudantes sejam capazes de prever quais ações são prioritárias para que o usuário, ao utilizar a solução candidata, possa enxergar valor na solução proposta.

À medida que as equipes mais experientes constroem jornadas melhores, acabam desenhando histórias melhores para o usuário. As histórias permitem que os projetistas realizem recortes na jornada, estabeleçam critérios de priorização e especifiquem o que deve ser implementado nas primeiras versões de cada protótipo. Desta forma, histórias do usuário bem estruturadas e avaliadas, auxiliam no processo de criação de um cronograma de projetos mais factível e viável, uma vez que está diretamente associado ao valor esperado para solução, e ao mesmo tempo dimensiona o esforço gasto pela equipe. Ainda, em casos de semestres que exijam critérios objetivos para comparação do esforço dos estudantes, as pontuações definidas

em cada história do usuário permitem quantificar o nível de esforço e o valor da solução produzida.

No Ciclo 2, foi sugerido o uso de um pré-teste e de um pós-teste para construção do perfil dos estudantes. Após a conclusão destes quatro ciclos de pesquisa, entende-se que o uso de um pré-teste e pós-teste pode auxiliar na avaliação de desempenho e progresso dos estudantes, e ao mesmo tempo incluir um recorte do perfil de cada estudante. No entanto, propõe-se uma nova versão deste instrumento, que generaliza o uso das tecnologias quando avalia as habilidades técnicas de cada estudante, e que ao mesmo tempo permite ao docente avaliar as competências desenvolvidas ao longo da trajetória do estudante. Foram inseridas e ajustadas as questões que buscam avaliar as habilidades não técnicas dos estudantes, permitindo o agrupamento das habilidades avaliadas em seis conjuntos de perguntas, que buscam dimensionar a percepção do estudante quanto (H1) habilidades de resolver problemas reais em diferentes contextos de complexidade (H2) habilidade de trabalhar em equipe (H3) habilidade de liderança e gestão de projetos (H4) habilidade de resolver problemas com tecnologia (H5) habilidade de co-design e (H6) habilidade de comunicação.

Estas seis habilidades foram escolhidas com base na revisão bibliográfica da literatura conduzida no Capítulo 2, e com base nas habilidades esperadas para um estudante de engenharia e tecnologia possa exercer seu papel profissional na era da Indústria 4.0. A versão proposta pode ser visualizada no Apêndice F deste documento.

O desenvolvimento destas habilidades foi observado em sala de aula, sendo possível verificar que diversos grupos, a medida que empregaram o uso destas habilidades, para resolver problemas muitas vezes originais em seu contexto, também exercitaram a capacidade de aplicar de forma autônoma as habilidades desenvolvidas ao longo do semestre. Desta forma, entende-se que estes estudantes também desenvolveram um conjunto de competências, ao aplicarem os conhecimentos assimilados e as habilidades desenvolvidas. As indicações destas competências podem ser verificadas no Quadro 25, e estão associadas com as habilidades observadas durante o desenvolvimento dos projetos observados na condução dos estudos de caso. Ainda, as ações observadas podem auxiliar no processo de avaliação, bem como na elaboração de instrumentos para construção de novas rubricas.

Quadro 25 – Competências Estimuladas pelo Método Proposto

Competência	Habilidades Envolvidas	Ações Observadas
Resolução Problemas do Mundo Real	Definir um problema	• Quando de forma autônoma, pesquisa em fontes primárias e secundárias para compreensão do universo do problema • Quando de forma autônoma, definem enunciados para um problema candidato • Quando de forma autônoma, priorizam um problema a ser resolvido, com base no esforço e impacto esperado para uma possível solução • Quando de forma autônoma, se aprofundam no estado da arte e estado da prática para ampliar o conhecimento a respeito do universo do problema.
	Entrevistar usuários reais	• Quando conduzem entrevistas guiadas com usuários reais, sem a intervenção de um tutor ou docente • Quando estabelecem um conjunto de percepções acerca dos apontamentos levantados pelas entrevistas, e refletem a respeito do impacto destes resultados para compreensão do problema ou da solução • Quando criam roteiros flexíveis (baseado em desvios condicionais gerados pelas especificidades do usuário), com base no aprendizado obtido por rodadas anteriores de entrevistas • Quando selecionam usuários reais, e assumem o risco de estarem ou não associados ao seu público-alvo.
	Elaborar uma solução viável, factível e desejável para um usuário real	• Quando selecionam os materiais e métodos necessários para elaboração de um protótipo, considerando que o processo de desenvolvimento deve ser factível e viável • Quando mapeiam as prioridades de desenvolvimento, baseado nas histórias do usuário • Quando levantam os requisitos baseado nas jornadas do usuário e priorizam as soluções desejáveis

		• Quando investigam um modelo de negócio para avaliar a viabilidade e a factibilidade da solução
	Escrever testes de funcionalidade e de usabilidade com usuários reais	• Quando investigam a literatura para identificar estratégias já existentes para validação da solução, com base em trabalhos similares • Quando realizam um teste piloto, para verificar se o roteiro de testes pode ser aplicado com usuários reais • Quando preparam um ambiente adequado para captura dos dados
	Aprimorar um protótipo de uma solução	• Quando registram, refletem e descrevem melhorias para os protótipos com base nos testes realizados • Quando refatoram o projeto, justificando as mudanças e evidenciando as descobertas
	Validar uma solução com usuários reais	• Quando estabelecem critérios e métricas claras para comparar as versões das soluções desenvolvidas • Quando de forma clara e objetiva, são capazes de conduzir testes e evidenciar que as principais dores de um usuário foram afetadas pela solução desenvolvida
	Comunicar resultados para as partes interessadas	• Quando elaboram uma apresentação para os usuários, indicando os resultados produzidos e coletam as percepções do usuário • Quando elaboram uma apresentação para avaliação em sala de aula e valorizam o processo de caracterização das justificativas, pautadas nas interações com usuários reais
Trabalho em Equipe	Definir um problema	• Quando organizam cronogramas e distribuem tarefas, adotando as ferramentas que julgam como mais adequadas • Quando identificam uma forma sistemática e reproduzível para selecionar o problema que será abordado
	Entrevistar usuários reais	• Quando definem papeis adequados para condução das entrevistas
	Elaborar uma solução viável, factível e desejável para um usuário real	• Quando especificam de forma sistemática e reproduzível o processo de priorização das histórias de usuário, considerando o esforço da equipe e o impacto da solução
	Escrever testes de funcionalidade e de usabilidade com usuários reais	• Quando identificam estratégias e ferramentas de Co-Design para registro e comunicação das etapas de interação com o usuário
	Aprimorar um protótipo de uma solução	
	Validar uma solução com usuários reais	

	Comunicar resultados para as partes interessadas	• Quando identificam estratégias e ferramentas de Co-Design para registro e comunicação dos resultados e artefatos produzidos pela equipe • Quando identificam ferramentas adequadas para comunicação entre as partes interessadas ao projeto
Liderança e gestão de projetos	Elaborar cronogramas realistas	• Quando estabelecem cronogramas entre pares e são capazes de identificar problemas que afetam as entregas estabelecidas pela equipe
	Priorizar implementações técnicas que favoreçam a elaboração de uma proposta de valor	• Quando elaboram um backlog adequado, com base na jornada do usuário e das histórias escritas pela equipe • Quando são capazes de descartar ou priorizar tarefas de forma sistemática e reproduzível
	Organizar tarefas de acordo com a complexidade esperada	• Quando são capazes de descartar ou priorizar tarefas de forma sistemática e reproduzível
	Compartilhar conhecimento com o time	• Quando protagoniza o processo de compartilhamento de conhecimento, auxiliando outros colegas de equipe em atividades que possuí mais experiência
Resolver problemas com o uso de tecnologias	Elaboração de um protótipo mínimo viável	• Quando aprendem novas linguagens de programação, ou técnicas de programação para implementar uma funcionalidade para o protótipo • Quando adaptam técnicas de programação para implementar uma funcionalidade para o protótipo • Quando refatoram uma solução, corrigindo problemas ou aprimorando a solução desenvolvida • Quando aprendem a utilizar novos materiais ou processos de fabricação para representação física de um protótipo • Quando aplicam a estratégia de prototipação adequada para fase do projeto ao qual se encontram • Quando são capazes de selecionar hardwares e componentes adequados para a fase do projeto ao qual se encontram
	Pesquisa Secundárias	• Quando utilizam fontes adequadas de pesquisa para identificar informações confiáveis • Quando de forma autônoma buscam os autores de pesquisas para ampliar o conhecimento a respeito do tema.

		• Quando identificam estratégias de testes e de validação já presentes na literatura • Quando partem de propostas já testadas e validadas, e assumem premissas baseadas nestas propostas para elaboração de um projeto
Co-Design	Selecionar ferramentas adequadas para o design colaborativo	• Quando selecionam ambientes de desenvolvimento que permitam o registro adequado de cada uma das etapas de desenvolvimento do projeto • Quando estabelecem estratégias para compartilhar os resultados e criar soluções de forma colaborativa • Quando utilizam recursos adequados para capturar contribuições genuínas das partes interessadas ao projeto
	Aproximar as partes interessadas do processo de desenvolvimento	• Quando com clareza, e de forma autônoma, envolvem o usuário final no processo de co-criação da solução
Comunicação Oral e Escrita	Elaborar relatórios escritos para comunicação dos resultados	• Quando reportam os resultados de acordo com os padrões estabelecidos pela disciplina para entrega de um relatório escrito
	Sintetizar os resultados obtidos para as partes interessadas	• Quando são capazes de se adaptar a diferentes modalidades de comunicação de resultados, que podem variar de acordo com o tempo da apresentação ou de acordo com o público-alvo

Fonte: Autoria própria

No que diz respeito ao processo de avaliação, o Ciclo 2 e o Ciclo 4 permitiram verificar que o uso de rubricas de avaliação permite a consolidação de um processo de atribuição de notas, que ao mesmo tempo que é capaz de gerar um parecer ao estudante, também viabiliza uma avaliação formativa, consciente e com diretrizes claras de progresso para o estudante. Para avaliação final dos projetos sugerem-se as rubricas apresentadas no Ciclo 2 (resolução de problemas do mundo real) e Ciclo 4 (projetos de iniciação científica).

Nos quatro ciclos da pesquisa, percebeu-se que a etapa de definição de problemas é importante para o desenvolvimento de um projeto que esteja conectado a um usuário real. Por conta disso, o canvas de definição de problemas foi refinado, sugerindo exemplos para o uso do instrumento. A versão final pode ser verificada em Santana e Lopes (2022).

No Ciclo 2 e no Ciclo 4 desta pesquisa, foi possível observar a preocupação dos estudantes quanto a elaboração de um modelo de negócio. Os estudantes indicaram a necessidade de se aprofundar na análise de viabilidade e factibilidade de sua solução, para ampliar o acesso de suas criações para outras pessoas da comunidade, que vivenciem problemas semelhantes ao da persona especificada. Desta forma, no Ciclo 2, assumiu-se a hipótese de que a inserção de um Canvas de Modelo de Negócios e um Canvas de Proposta de Valor, fossem capazes de introduzir as primeiras reflexões acerca deste tema. Na versão final proposta por esta pesquisa, optou-se por manter apenas o Canvas de Modelo de Negócios. Entende-se que esta ferramenta não resolve completamente as demandas para elaboração de um plano de negócios, mas viabiliza uma primeira interação dos estudantes na elaboração de um modelo de negócios.

O Ciclo 3 desta pesquisa, auxiliou no processo de compreensão do uso do canvas de definição de problemas, e evidenciou a necessidade de introduzir elementos relacionados ao universo de problemas que serão solucionados pelos estudantes. Desta forma, sugere-se que na aula 1 sejam fornecidos aos estudantes exemplos de problemas já resolvidos por outros estudantes, e em caso de a disciplina não possuir um histórico de projetos, sejam indicados trabalhos similares de outros estudantes inseridos em contextos próximos ao da turma que vivenciará o desenvolvimento de projetos para resolução de problemas do mundo real.

O Ciclo 4 tratou de investigações preliminares a respeito da adaptação do método proposto por esta pesquisa, para condução de projetos de iniciação científica. Os resultados ainda são bastante preliminares e exigem maior aprofundamento. No entanto, percebe-se que é

promissora a adaptação apresentada no Ciclo 4 desta pesquisa, mas que talvez sejam necessárias outras mudanças que podem variar de acordo com a proposto pedagógica esperada para disciplina que utilizará o método indicado nesta pesquisa.

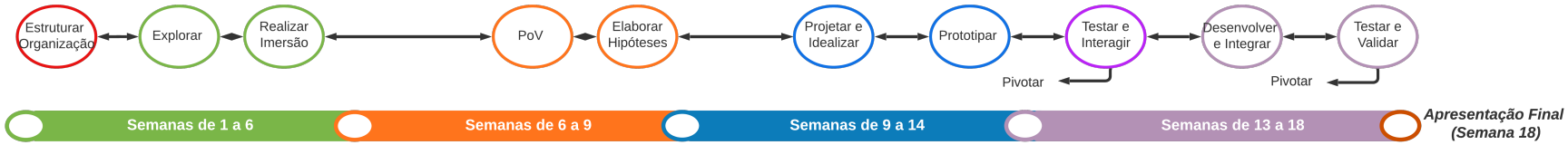
No que diz respeito a generalização dos artefatos, e do método proposto, entende-se que o fluxo apresentado em Santana e Lopes (2022), permite que os estudantes vivenciem todas as fases de projeto, e que o fluxo de desenvolvimento centrado no usuário deve fazer parte de qualquer abordagem que se proponha a resolver problemas do mundo real.

No entanto, entende-se que não deve ser generalizada a distribuição destas aulas em uma ementa de disciplinas. Pois os contextos de cada instituição, docente ou pesquisa que se propuser a implementar este modelo, deve levar em conta o repertório dos estudantes, e a proposta da disciplina ao qual esta abordagem será inserida. Entende-se que quando este método é associado a uma disciplina que possuí demandas teóricas a serem cobertas em um semestre, é viável a elaboração de projetos de forma concorrente ao processo de ensino-aprendizagem de conteúdos técnicos. No entanto, outras metodologias ativas de aprendizagem devem ser especificadas, e talvez estratégias complementares com as indicadas no Ciclo 1 desta pesquisa, devam ser definidas pelo docente da disciplina.

Sugere-se que durante a elaboração de um programa, que utilize o método proposto neste estudo, sejam considerados que (i) a equipe identifique o problema o mais rápido possível (ii) envolva o maior número de usuários reais na etapa de definição do problema (iii) elabore um roteiro de entrevistas, e sistematize o processo de análise, priorizando uma a elaboração de uma proto-persona persona (iv) que os temas técnicos necessários ao projeto sejam apresentados antes da elaboração dos protótipos e (v) sejam dedicadas aulas de estúdio para assessoria dos professores, para cada uma das equipes. Desta forma, o processo pode sofrer transformações quanto a linearidade da condução dos temas da disciplina, e pode assumir um fluxo de demandas “puxadas”, em que o estudante define o que deseja saber, para compor a construção de sua solução frente a um problema.

Por fim, para condução de um projeto que incorpore o uso desta abordagem, sugere-se o uso de um ambiente de co-design, que seja capaz de concentrar todas as etapas de desenvolvimento de um projeto. A versão final do método proposto pode ser verificada na Figura 40, e o ambiente para condução das atividades (que pode ser replicado), pode ser verificado em Santana e Lopes (2022).

Figura 40 - Proposta de Método para Resolução de Problemas do Mundo Real



ESTRUTURAR ORGANIZAÇÃO

Semana 1

- Definir Equipes
- Selecionar Temas de Interesse
- Definir ferramentas de comunicação, periodicidade dos encontros e liberar acessos ao Mural

EXPLORAR

Semana 2

- Realizar tempestade de ideias: problemas de interesse
- **Tarefa**: Iniciar etapa de **Priorização de Problemas**

Semana 3

- Consolidar escolha do problema
- Iniciar **Canvas de Definição de Problemas**

REALIZAR IMERSÃO

Semana 4

- Concluir Canvas de Definição de Problemas
- Montar Proto-Persona
- Elaborar Roteiro de Entrevistas (Imersão)

Semana 5

- **Tarefa**: Conduzir entrevistas com usuários reais

Semana 6

- **Tarefa**: Consolidar Resultados das Entrevistas
- Revisar e Consolidar Persona

PONTO DE VISTA (POV)

Semana 7

- Consolidar Ponto de Vista

ELABORAR HIPÓTESES

Semana 7

- Realizar tempestade de ideias: soluções candidatas
- **Tarefa**: Iniciar etapa de **Priorização das Soluções**

Semana 8

- Consolidar escolha da solução candidata
- Elaborar Jornada do Usuário
- **Tarefa:** iniciar **Histórias do Usuário**

Semana 9

- Definir Histórias do Usuário
- Priorizar Histórias do Usuário

PROJETAR E IDEALIZAR

Semana 9

- Tarefa: Iniciar **Lista de Tarefas** (BackLog)

Semana 10

- Elaborar Backlog e distribuir papéis

Semana 11

- Canvas de Modelo de Negócio (Concluir como tarefa)

Semanas 12 e 13

- Elaborar Roteiro de Entrevista - Rodada I (Validação)
- Conduzir Entrevistas

Semana 13

- Consolidar Resultados da Entrevista

PROTOTIPAR

Semana 11 a 14

- Elaborar Primeiras Versões do Protótipo (foco em validar proposta de valor)

TESTAR E INTERAGIR

Semana 13

- Registrar evidências do teste e do protótipo
- Testar protótipo com usuários reais
- Consolidar Resultados da Entrevista de Testes

DESENVOLVER E INTEGRAR

Semana 14

- Elaborar/Aprimorar Roteiro de Entrevistas - Rodada II (Validação)
- Tarefa: Conduzir Entrevistas

TESTAR E VALIDAR

Semana 15

- Elaborar/Aprimorar Roteiro de Entrevistas - Rodada II (Validação)
- Registrar evidências do teste e do protótipo
- Testar protótipo com usuários reais

Semana 16

- Consolidar Resultados da Entrevista de Testes

COMUNICAR RESULTADOS

Semana 17

- Consolidar Apresentação Final
- Conduzir Pré-Banca

Fonte: Autoria própria

O método proposto na Figura 40, destaca um fluxo de aulas semana-a-semana, que pode ser conduzido tanto em modalidade presencial, quanto remota. No entanto, vale destacar que existem dois cenários distintos, que carregam características que devem ser levadas em consideração para o uso deste método. (Cenário 1) a disciplina é conduzida com ênfase na estruturação de um projeto, conforme abordado no Ciclo 4 desta pesquisa e (Cenário 2) a disciplina é conduzida e em paralelo, espera-se que algum outro conteúdo técnico também faça parte dos objetivos de aprendizagem da disciplina. Este cenário é refletido no Ciclos 1 e 2 desta pesquisa.

Para o Cenário 1, espera-se que as aulas sejam conduzidas de acordo com o cronograma aula-a-aula especificado na Figura 40. Ainda, vale destacar que os projetos que serão desenvolvidos pelos estudantes devem ser acompanhados pelo professor da disciplina, e sugere-se que as devolutivas ocorram na conclusão de cada uma das etapas de projeto: *estruturar organização, explorar, realizar imersão, PoV, elaborar hipóteses, projetar e idealizar, prototipar, testar e interagir, desenvolver e integrar, testar e validar, comunicar resultados e apresentar.* Ainda, o professor pode optar por avaliar a conclusão de cada um dos diamantes do método de duplo diamante do Design Thinking, em que neste caso, são consolidados os resultados do Primeiro Diamante, e que envolvem as etapas de *estruturar organização, explorar, realizar imersão* e que a pré-banca incorpore os resultados do Segundo Diamante, que trata das etapas *elaborar hipóteses, projetar e idealizar, prototipar, testar e interagir, desenvolver e integrar, testar e validar*. No entanto, esta segunda abordagem deve ser conduzida apenas com estudantes mais experientes.

Outra característica importante que deve ser levada em consideração para o Cenário 1, é o nível de maturidade dos participantes. Em projetos como os destacados no Ciclo 1, para turma de Introdução à Engenharia Elétrica, por exemplo, espera-se que o docente destaque temas para auxiliar os estudantes, e que estes temas estejam mais próximos do domínio técnico da formação dos estudantes, e das outras disciplinas correntes do semestre. Já para estudantes mais experientes, como os que participaram do Ciclo 4, sugere-se que a escolha de temas seja aberta, e que sejam estimulados problemas que fujam das fronteiras pessoais do estudante, e que sejam vivenciados por sua comunidade.

Já para o Cenário 2, espera-se que as aulas sejam divididas em dois blocos, conforme apresentado nos Ciclos 1 e 2 da pesquisa, para as turmas de Engenharia Mecânica e de Engenharia da Computação. Nesta abordagem, o método apresentado na Figura 40 precisa ser

adaptado para que ocupe apenas metade das aulas, garantindo que a conclusão das tarefas seja realizada antes da próxima semana iniciar. A abordagem de avaliação pode ser a mesma.

No que diz respeito a avaliação dos estudantes, sugere-se o uso das rubricas apresentadas no Quadro 15 para avaliação final. Ainda, sugere-se que o instrumento de autoavaliação apresentado no Apêndice F seja aplicado em três momentos distintos (i) no início do semestre, na Semana 1 (ii) após a conclusão do primeiro diamante e (iii) na conclusão da disciplina.

As próximas subseções destacarão cada um dos artefatos produzidos para o método proposto na Figura 40.

4.1 Semana 1

Na primeira semana de projetos, sugere-se que os estudantes se identifiquem no ambiente de Co-Design. Após isso, para as turmas novatas, o professor deve incluir sugestões de temas de projeto. Já para as turmas mais experientes, o professor deve estimular que os temas sejam sugeridos pelos estudantes. Ainda, nesta etapa, os estudantes devem especificar as ferramentas que utilizarão para Comunicação Assíncrona, Realizar Pesquisa, Elaborar Artefatos, ou quais quer outras ferramentas que facilitem o desenvolvimento de um projeto de foram colaborativas. A Figura 41 ilustra os artefatos elaborados para serem utilizados na primeira semana de aula.

Espera-se que a equipe preencha estes modelos de forma colaborativa, e que inicialmente, seja estabelecido um número para equipe (para facilitar o controle docente), e que os estudantes coloquem seus nomes completos, e fotos para facilitar a identificação dos integrantes da equipe. Em “definir temas de projeto”, espera-se que os estudantes indiquem, com frases curtas, quais as ações realizadas fora de sala de aula.

Na etapa de temas sugeridos, os adesivos seguem as mesmas cores dos estudantes, pois nesta fase, cada integrante da equipe deve realizar contribuições individuais que colaborem para discussão da equipe.

Já na seção de Ferramentas Utilizadas, os adesivos possuem cor neutra, pois espera-se que as informações definidas pela equipe sejam consolidadas ao final do processo. Para esta semana 1, espera-se que o professor apresente uma devolutiva acerca do tema escolhido, e principalmente do processo de decisão do tema por parte da equipe (que deve ser guiado).

Figura 41 - Semana 1: Identificação da equipe, temas sugeridos e ferramentas utilizadas

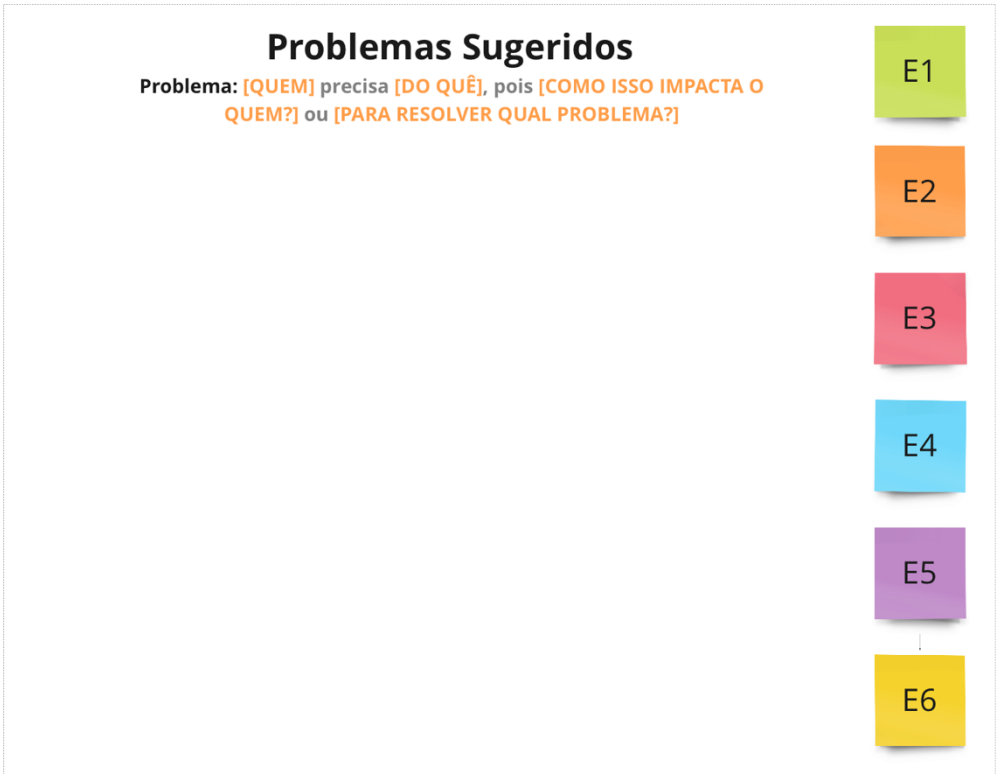
Fonte: Autoria própria

4.2 Semana 2

Na segunda semana, espera-se que os estudantes sejam capazes de estruturar problemas e de forma sistematizada, definir quais problemas são prioritários para que na visão da equipe, devam ser defendidos e resolvidos ao longo do semestre.

Na primeira etapa desta semana, que será iniciada em sala de aula, os estudantes devem sugerir enunciados de problema seguindo o protocolo: [QUEM] precisa [DO QUÊ], pois [COMO ISSO IMPACTA O QUEM?] ou [PARA RESOLVER QUAL PROBLEMA?]. Cada estudante elabora pelo menos um enunciado para um problema, utilizando o adesivo de mesma cor atribuído a ele/ela na Semana 1 (ver Figura 42).

Figura 42 – Semana 2: Tempestade de Ideias: Problema Candidato

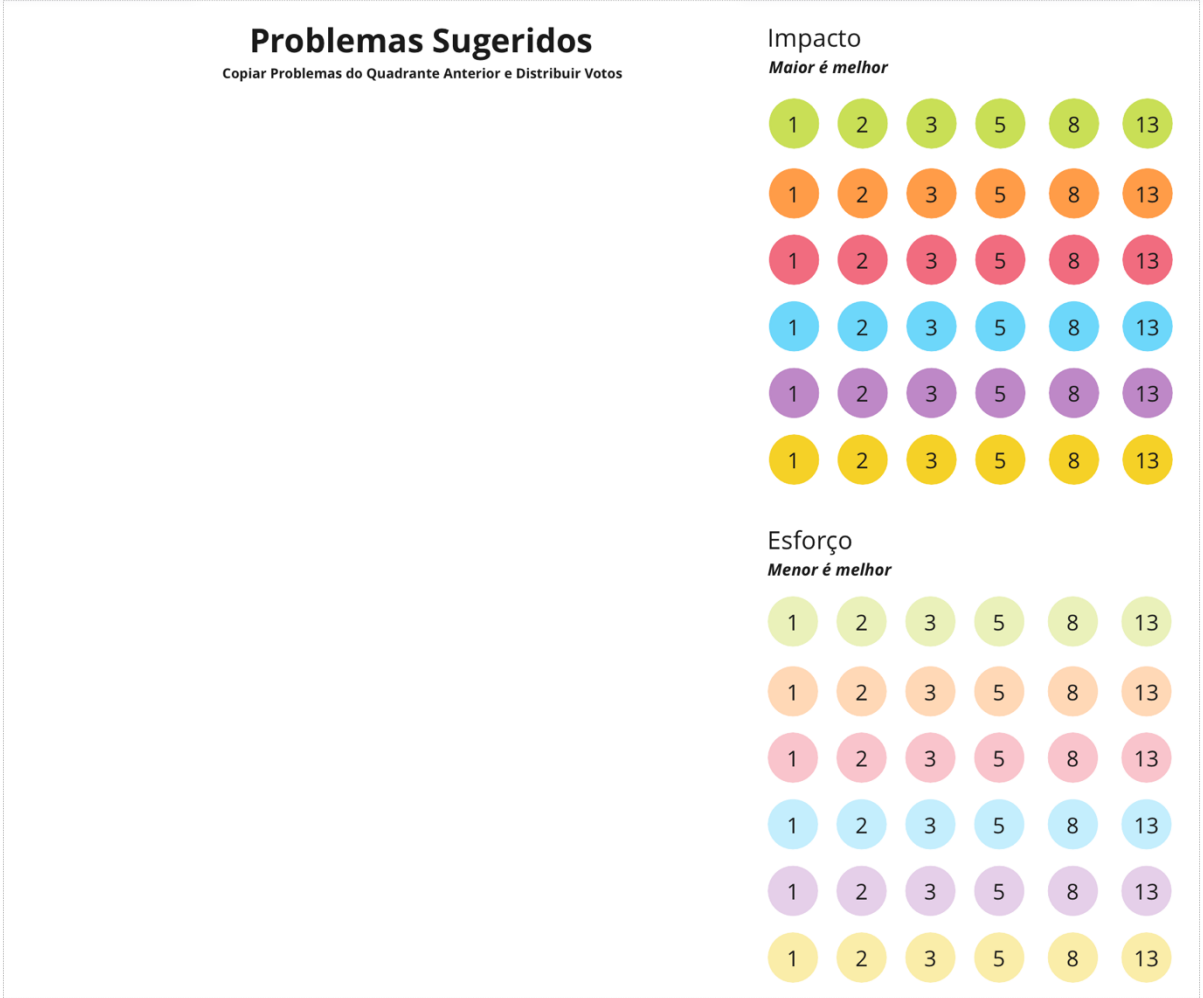


Fonte: Autoria própria

Após esta etapa, os estudantes devem iniciar um processo de votação para definir qual dos problemas será selecionado pela equipe. Entende-se que ao selecionar um único problema, é mais fácil para que as equipes realizem buscas para ampliar o conhecimento acerca dos subtemas que envolvem o problema. No entanto, esta etapa é bastante complexa e exige

bastante negociação entre os integrantes da equipe, por conta disso, sugere-se que seja adotada uma abordagem guiada, conforme ilustrado na Figura 43.

Figura 43 – Semana 2: Priorização de Problemas



Fonte: Autoria própria

Nesta etapa, os estudantes devem (i) copiar os problemas estruturados na etapa anterior para o quadro de problemas sugeridos, preferencialmente padronizando a cor dos adesivos para uma cor neutra, e em seguida, iniciar um processo de votação. O processo de votação consiste em atribuir notas de “Impacto”, que variam entre 1, 2, 3, 5, 8 e 13, para cada um dos problemas sugeridos. Cada estudante terá direito a apenas um marcador destes e deve utilizar os marcadores seguindo as mesmas cores atribuídas a cada estudante na Semana 1. Isso vale para as notas de “Esforço”. Destaca-se que para cada uma das categorias, o estudante possuí apenas um marcador de pontuação disponível, que não deve ser duplicado.

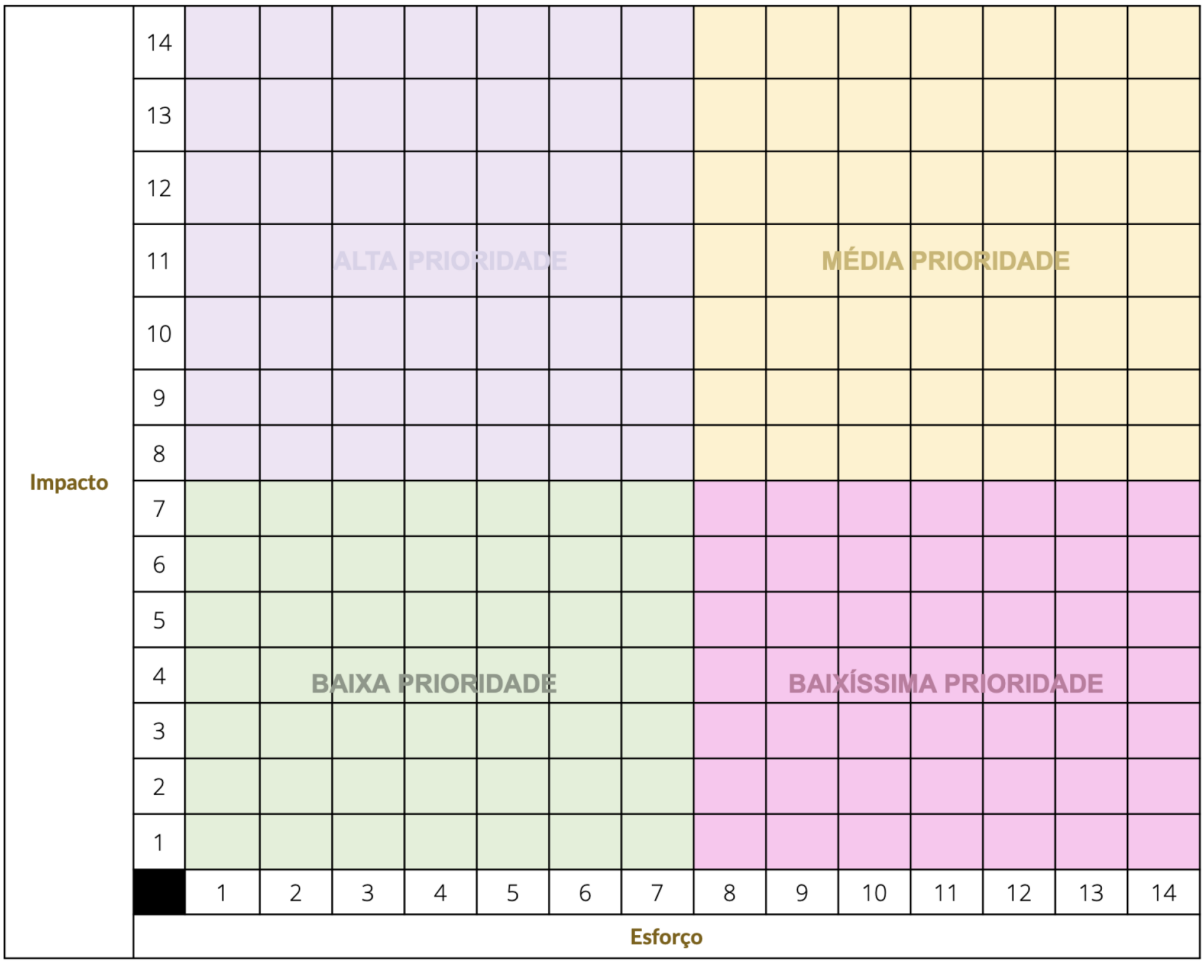
Ainda, recomenda-se que nesta etapa os estudantes sejam informados que as notas de impacto se referem ao quanto a solução para este problema, representa uma mudança para o

usuário-alvo, e que o esforço se refere as competências que a equipe já possuí para resolver problemas como o problema avaliado.

4.3 Semana 3

Nesta etapa os estudantes devem priorizar os problemas que foram elaborados na Semana 2. Para isso, sugere-se que esta etapa seja iniciada como uma tarefa para casa, e que os estudantes utilizem as notas que foram atribuídas na segunda semana de aula para organizar os problemas de acordo com a prioridade hipotetizada pela equipe. Para isso, sugere-se o uso do Mapa de Priorização de Problemas, apresentado na Figura 44.

Figura 44 - Semana 3: Mapa de Priorização de Problemas



Fonte: Autoria própria

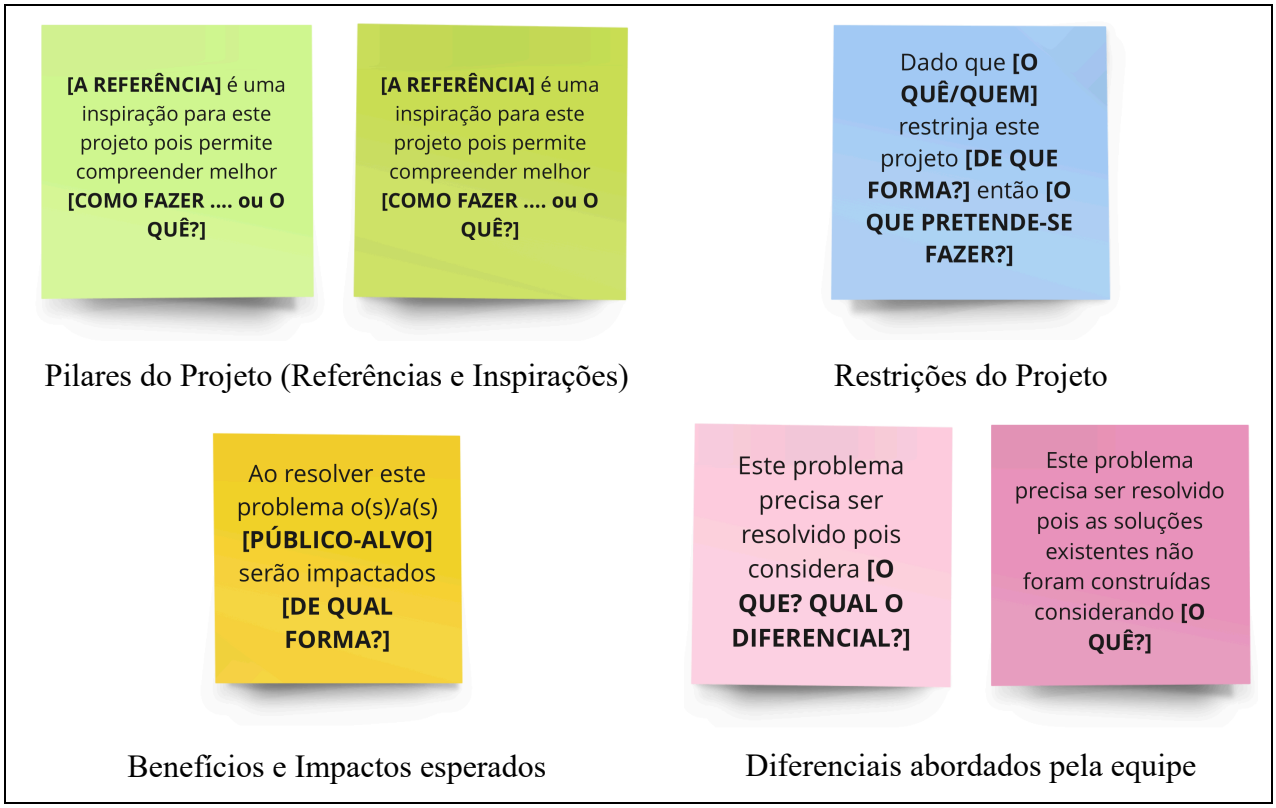
Para utilizar esta ferramenta, os estudantes devem consolidar as notas atribuídas na Semana 2, e após isso, definir uma média das notas que foram atribuídas individualmente. De

posse das notas, a equipe deve plotar os problemas utilizando o artefato sugerido na Figura 44. Por exemplo, se para um problema qualquer, as médias da equipe foram [6] para esforço e [9] para impacto, então este problema será posicionado no quadrante de Alta Prioridade. Já se um segundo problema obtiver as médias [12] para impacto e [8] para esforço, deverá ser alocado no quadrante Média Prioridade.

Sugere-se que para equipes mais experientes, sejam selecionados problemas que priorizem o impacto, em caso de impacto no mesmo quadrante. Para equipes novatas, sugere-se que os problemas selecionados sejam o que demandam menos esforço, pois a construção de um repertório de projetos, é parte fundamental para o desenvolvimento de competências para resolução de problemas do mundo real.

Ainda, na semana 3, a equipe deverá se aprofundar a respeito do tema escolhido. Este aprofundamento deve iniciar na mesma aula em que o problema foi especificado, e deverá ser conduzido até a semana 4. Esta etapa é importantíssima para que todo processo de apropriação da equipe, a respeito do tema, ocorra de forma adequada, bem como seja inserida a experiência de outros projetistas no processo de formulação do problema. Para isso, sugere-se o Canvas de Definição de Problema, que pode ser visualizado na Figura 45.

Figura 45 - Semanas 3 e 4: Canvas de Definição de Problemas.



Fonte: Autoria própria

O preenchimento do canvas deve ocorrer de forma coletiva e os adesivos não representam as cores atribuídas aos estudantes na Semana 1. Cada uma das dimensões apresentadas no canvas, permite que o estudante se posicione a respeito do problema, sem se aprofundar na solução, mas ao mesmo tempo, destacando a relação do problema com o usuário e com outras pesquisas/obras já documentadas no mercado ou na literatura.

4.4 Semanas 4 e 5

Espera-se que ao final da semana 4 a equipe tenha uma nova versão do Ponto de Vista (enunciado do problema), que deve ser revisado com base na imersão proporcionada pelo preenchimento do Canvas de Definição de Problemas. Com base nos resultados do canvas, a equipe deve elaborar uma proto-persona, e para isso, sugere-se o artefato apresentado na Figura 46.

Figura 46 - Semana 4: Modelo de Proto-Persona

Fonte: Autoria própria

A proto-persona deve ser preenchida levando em consideração um nome de pessoa real, e que não carregue consigo estereótipos do mundo real. Por exemplo, uma persona com o nome de uma figura pública deve ser evitada. Além disso, sugere-se que a equipe utilize uma foto de uma pessoa real, que pode vir de um repositório público de imagens[6]. Ainda, a equipe pode adaptar a estrutura da persona para incluir outras características demográficas, no entanto, é fundamental que a história da persona, seus objetivos, as suas necessidades, a relação com o problema e fluência digital também sejam preenchidos pela equipe, para evitar uma caracterização da persona baseada em quem ela é, ao invés de uma caracterização que também inclua os problemas que devem ser abordados pela equipe.

Vale destacar que a proto-persona elaborada recebe este nome pois foi construída com base nas percepções da equipe acerca de um usuário, que vivencia o problema selecionado pelos estudantes, e que esta persona será revisada após a entrevista com usuários reais.

Após a elaboração da proto-persona, a equipe deve elaborar um roteiro de entrevistas, que deve incluir perguntas que auxiliem na validação das hipóteses estabelecidas pela equipe para caracterização da persona e do problema. Sugere-se o uso do modelo apresentado na Figura 47 para registro das perguntas elaboradas pela equipe.

---

[6] http://unsplash.com

Figura 47 - Semana 4: Roteiro de Entrevistas

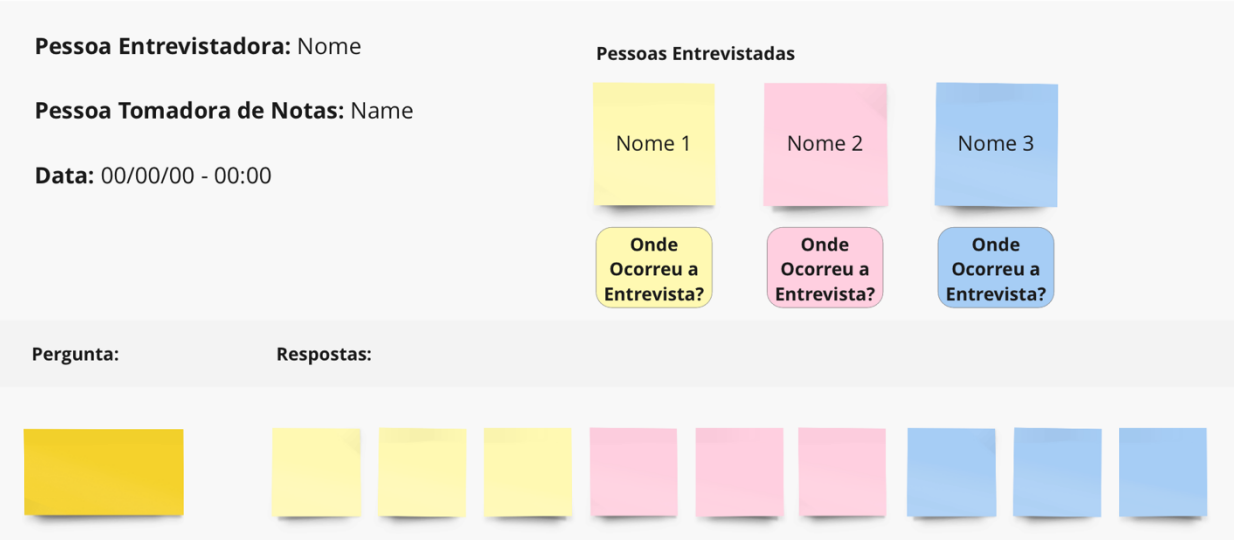
Fonte: Autoria própria

Sugere-se que a equipe entreviste pelo menos três pessoas distintas, e que os resultados da entrevista sejam registrados levando em consideração que um integrante da equipe realizará as perguntas, e outro integrante tomará nota das respostas. Também deve-se registrar as datas de quando a entrevista foi realizada, onde foi realizada e deve-se estabelecer um identificador para cada pessoa entrevistada. Para auxiliar neste processo, sugere-se o artefato apresentado na Figura 48.

As entrevistas devem ocorrer fora do ambiente de sala de aula. No entanto, deve-se verificar se os estudantes que realizarão as entrevistas são maiores de idade, e deve-se sugerir para estudantes iniciantes, que busquem pessoas próximas do seu contexto, e que tenham características próximas as identificadas na proto-persona.

Já para estudantes mais experientes, é importante estimular que as pessoas entrevistadas não sejam suas conhecidas. Esta característica permite que a relação de “empatia”, entre pessoa entrevistada, e entrevistador, sejam estabelecidas de forma inédita na entrevista. Do contrário, o estudante pode gerar um viés durante a condução do processo.

Figura 48 - Semana 5: Registro das Entrevistas



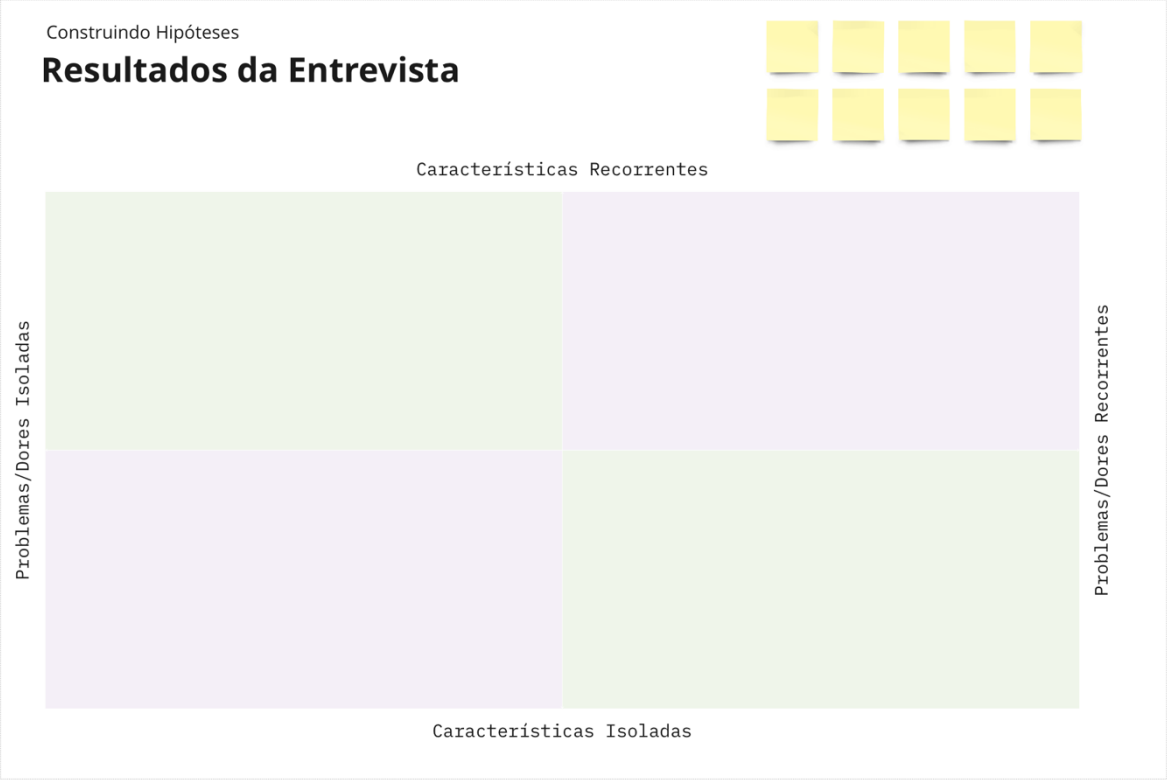
Fonte: Autoria própria

4.5 Semana 6

Para sexta semana, espera-se que os estudantes compilem os resultados obtidos na etapa de entrevista, para identificar dentre as respostas obtidas, o que pode ser caracterizado como uma descoberta aderente a persona, ou o que se trata de casos particulares de um indivíduo entrevistado. Para isso, sugere-se o artefato apresentado na Figura 49.

Para isso, a equipe deve selecionar as respostas obtidas para cada um dos três entrevistados e distribuir as respostas de acordo com as dimensões apresentadas na Figura 49.

Figura 49 - Semana 6: Consolidação dos Resultados da Entrevista



Fonte: Autoria própria

O eixo das características recorrentes, tem por objetivo auxiliar os estudantes a discutirem o que de fato é uma característica presente nos três entrevistados, e o que pode ser considerado como particular de um único indivíduo. Já a dimensão dos Problemas e Dores, refere-se as necessidades e problemas identificados pela equipe, e que também devem ser classificados quanto ao nível de generalização das respostas. Ao final do processo, a equipe deve revisitar a Proto-Persona, ajustando-a para que incorpore as novas descobertas desta etapa.

4.6 Semanas 7 e 8

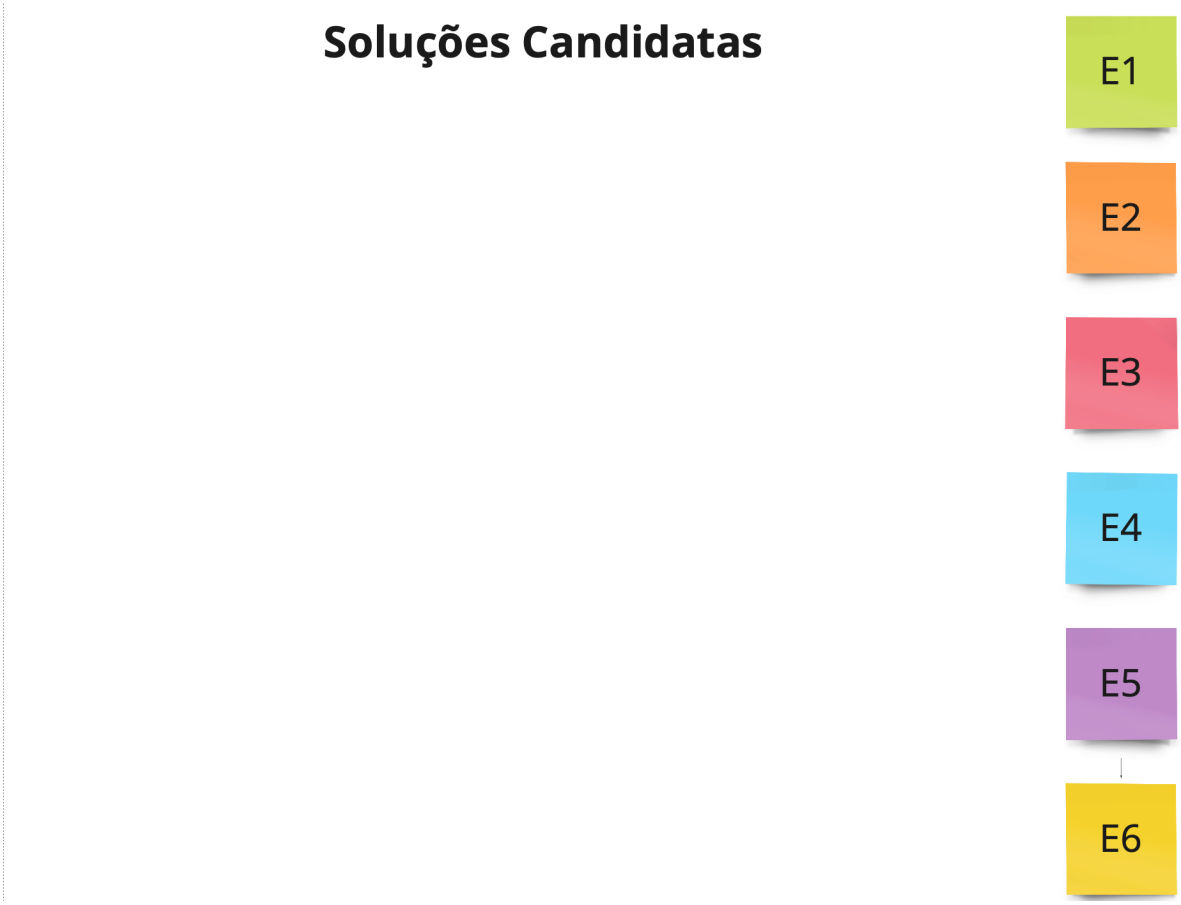
Na semana sete, a equipe deve consolidar o seu ponto de vista, ajustando-o agora de acordo com todas as descobertas percebidas pela entrevista com os usuários, e também pelas descobertas obtidas durante cada uma das etapas de pesquisa (mercado e literatura).

Nesta etapa os professores podem optar por realizar uma avaliação intermediária, no formato de uma apresentação, consolidando os principais resultados obtidos. Também é importante que os artefatos sejam analisados, e utilizando o próprio ambiente de co-design,

sejam apresentadas devolutivas aos estudantes, a respeito de suas escolhas. Além disso, cabe ao professor da disciplina dar sugestões que apoiem as próximas fases do projeto.

Com o ponto de vista consolidado, a equipe deve iniciar o Segundo Diamante do processo de desenvolvimento, para isso, deve iniciar uma etapa de tempestade de ideias, que deve estimular o pensamento divergente. Para isso, sugere-se a mesma abordagem conduzida na semana 2, porém, utilizando o artefato apresentado na Figura 50.

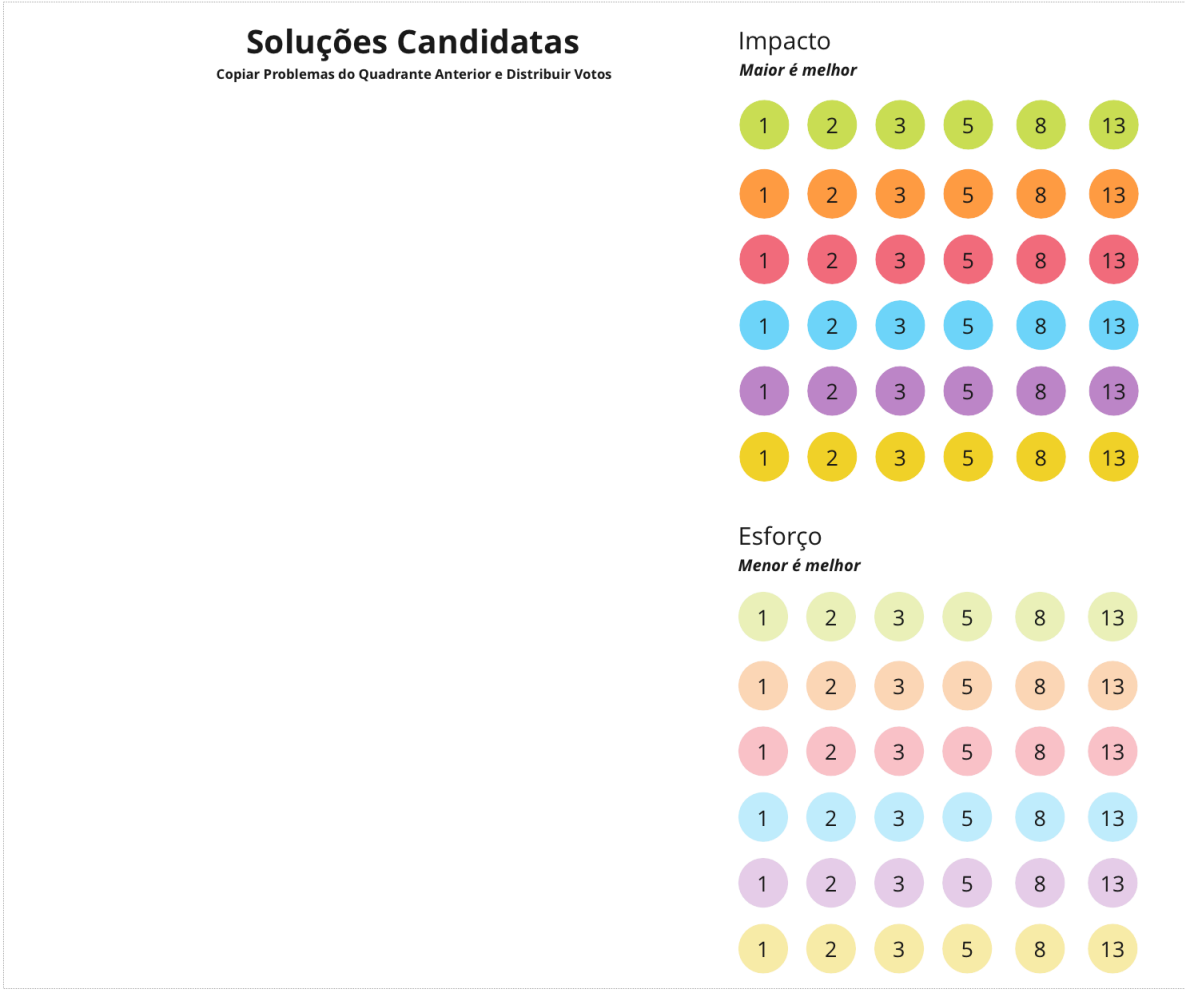
Figura 50 - Semana 7: Tempestade de Ideias - Soluções Candidatas



Fonte: Autoria própria

Ainda, de forma semelhante como ocorreu com a definição do problema, os estudantes devem realizar votações acerca do Impacto e do Esforço esperado para que cada uma das soluções candidatas possam ser prototipadas nas semanas restantes. Para isso, sugere-se o artefato apresentado na Figura 51.

Figura 51 - Semana 7: Priorização das Soluções Candidatas

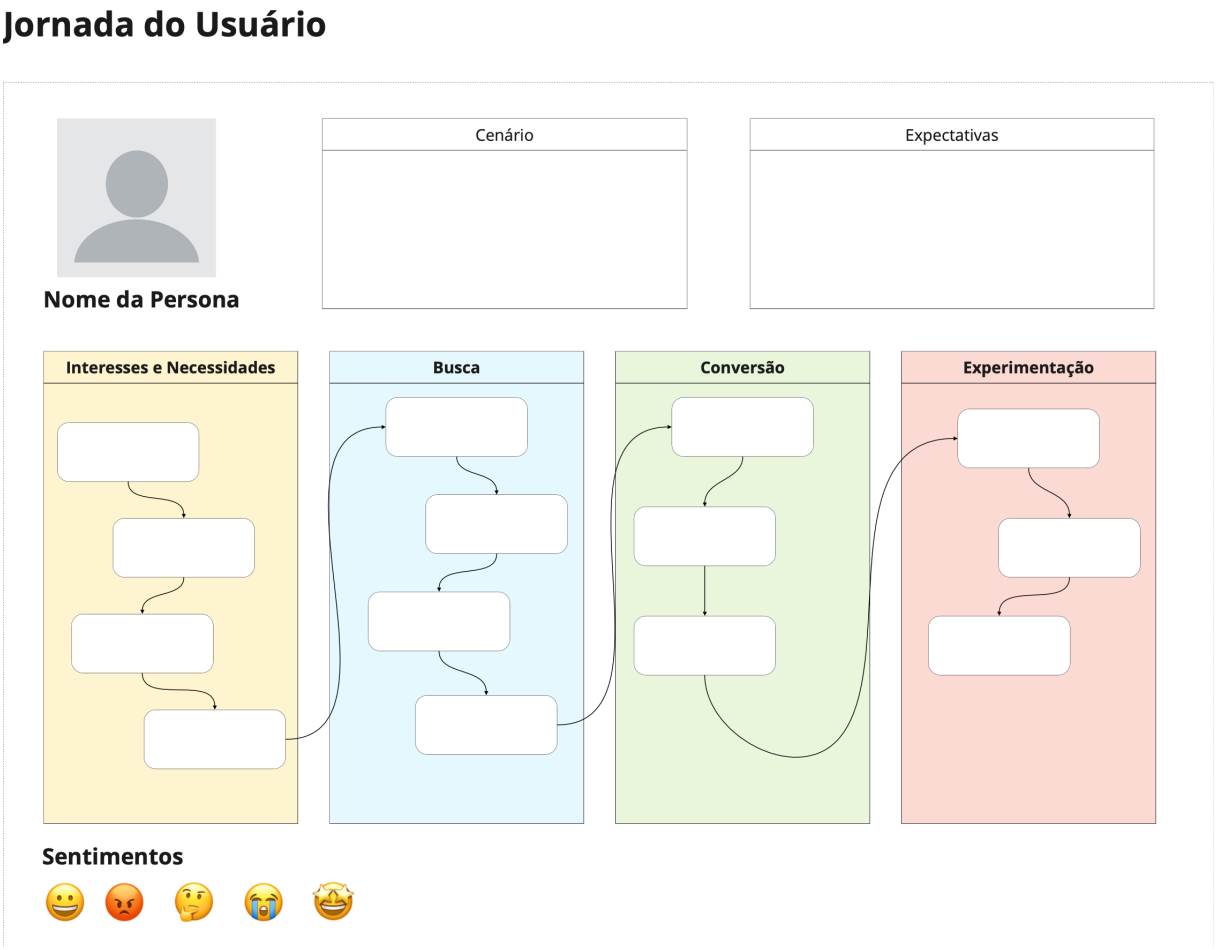


Fonte: Autoria própria

Após esta etapa, como tarefa que deve ser concluída na semana 8, os estudantes devem distribuir as soluções candidatas seguindo o mesmo Mapa de Priorização, apresentado na Figura 44.

Ainda na oitava semana, os estudantes devem elaborar uma Jornada do Usuário, que deve conter a relação da Persona, em um cenário elaborado pela equipe, em que são definidas uma situação problema, que guia o usuário desde a identificação de uma necessidade, até a conclusão de uma tarefa que o ajuda a resolver o problema. Para isso, sugere-se o template de Jornada do Usuário apresentado na Figura 52.

Figura 52 - Semana 8: Jornada do Usuário



Fonte: Autoria própria

O preenchimento deste modelo deve resgatar a imagem da Persona, que foi especificada nas etapas anteriores, além do seu nome. No quadro de cenário, a equipe deve incluir uma situação que contextualize o momento em que a persona percebeu que está com um problema. No quadro expectativas, deve-se em tópicos, ilustrar o que a persona espera diante do cenário desenhado pela equipe.

Após isso, a equipe deve preencher cada uma das quatro dimensões da jornada, identificando, inicialmente, os interesses e necessidades do usuário, que tratam da percepção acerca do problema e da conscientização de que algo está errado diante do contexto apresentado pela equipe. Após isso, a equipe deve mapear o espaço de busca da persona, frente ao problema vivenciado. Na terceira dimensão, a equipe deve ilustrar o exato momento em que a persona entende que a solução proposta pela equipe pode ser uma resposta para o seu problema. Por fim, na etapa de experimentação, a equipe deve ilustrar o uso da solução, desde o primeiro contato, até o momento em que o problema da persona é resolvido.

Além disso, sugere-se que a equipe ilustre em cada uma das ações da persona, os sentimentos vivenciados pelo usuário, e para isso, utilize as imagens destacadas em sentimentos (podem se repetir).

Este processo permite que o estudante vivencie do ponto de vista técnico, o que é necessário para tirar a solução do papel, e quais as produções que geram mais valor agregado (mudam drasticamente o sentimento da persona).

4.7 Semana 9

Na semana 9, a equipe deve recortar da jornada do usuário, as principais histórias do usuário que representam as ações da persona frente aos artefatos técnicos que serão projetados pela equipe. Para isso, sugere-se o template de história do usuário ilustrado na Figura 53.

Figura 53 - Semana 9: Template da História do Usuário

<table>
<tr><td colspan="2">H1 - [UMA FRASE QUE RESUMA A HISTÓRIA]</td><td>[Esforço]</td></tr>
<tr><td colspan="3">Como [QUEM UTILIZARÁ A SOLUÇÃO - PERFIL DO USUÁRIO]

Eu quero [O QUE DESEJA? QUAL AÇÃO PRECISA REALIZAR]

para [QUAL O BENEFÍCIO GERADO? QUAL O GANHO AO REALIZAR A AÇÃO?]</td></tr>
<tr><td>Dado que [Pré-Condição para que ação possa ser realizada]

Quando o usuário [Ação realizada pelo usuário]</td><td>Premissas Adotadas

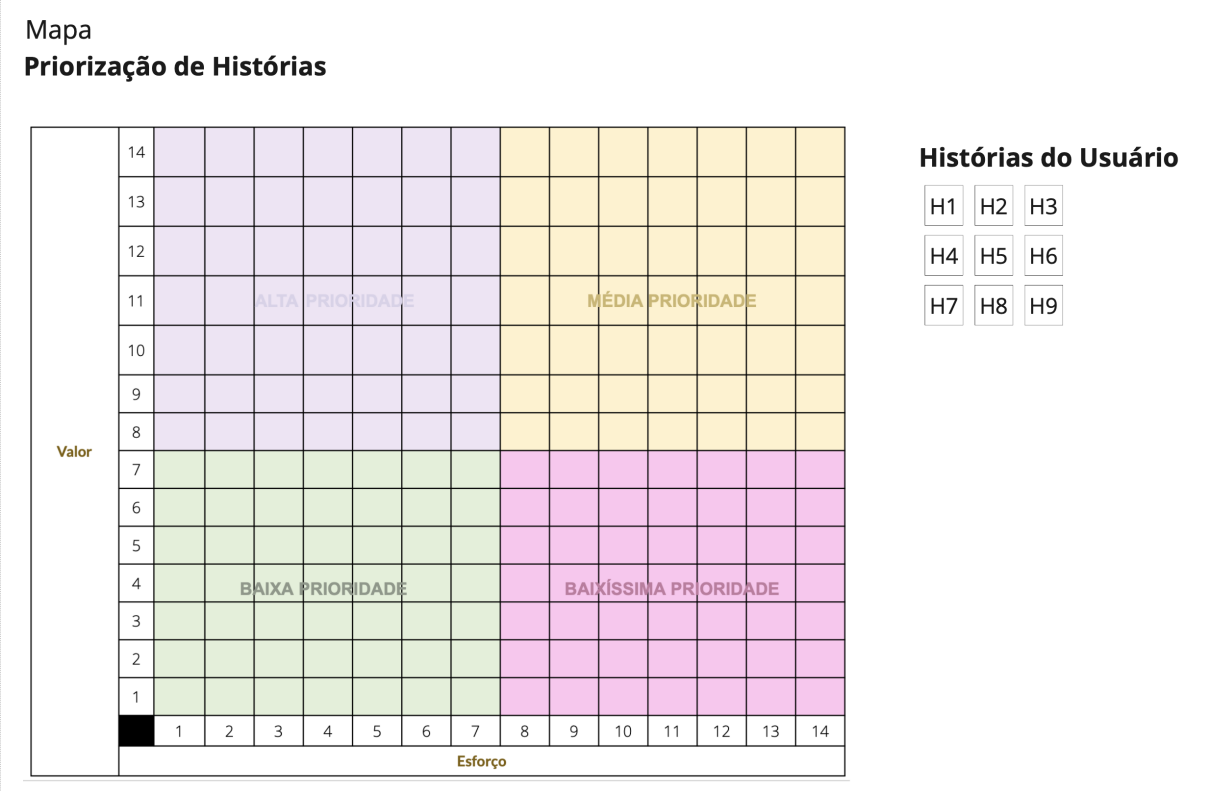
-
-
-
-</td><td>[Valor]</td></tr>
</table>

No entanto, a equipe pode identificar muitas histórias e nem todas elas serão possíveis de serem implementadas durante a disciplina. Para isso, sugere-se que a equipe dimensione dois

atributos para cada história. O primeiro relacionado ao esforço da equipe, que trata dos conhecimentos técnicos já obtidos e que são capazes de permitir a implementação desta etapa da solução, e o valor da história para resolver o problema do usuário. Para esta etapa, a equipe também pode atribuir notas seguindo a mesma estratégia da definição dos problemas e da solução candidata, utilizando a mesma escala de valores [1, 2, 3, 5, 8 e 13].

Após esta avaliação, a equipe deve priorizar as histórias, utilizando um Mapa de Priorização das Histórias, que segue o mesmo modelo dos mapas anteriores, e que pode ser visualizado na Figura 54.

Figura 54 - Semana 9: Mapa de Priorização de Histórias



Fonte: Autoria própria

Como tarefa para semana 9, os estudantes devem começar a pensar em um cronograma para elaboração de tarefas que permitam abordar as etapas restantes do projeto.

4.8 Semanas 10 e 11

Na décima semana os estudantes devem preencher o Backlog de tarefas, e atribuir papeis aos estudantes responsáveis por cada uma das tarefas registradas. As tarefas, essencialmente são as histórias do usuário. Para isso, sugere-se o template da Figura 55.

Figura 55 - Semana 10: Backlog de Histórias do Usuário

Backlog

		Avaliação de Prioridade					
Histórias do Usuário		Esforço	Valor	Teste 1	Teste 2	Status	Responsável
Hx							
Hx							
Hx							
Hx							
Hx							
Hx							
Hx							
Hx							
Hx							

Status da História

- **Aprovado**
- **Avaliação Pendente**
- **Em avaliação**
- **Rejeitado**
- **Refatorando**

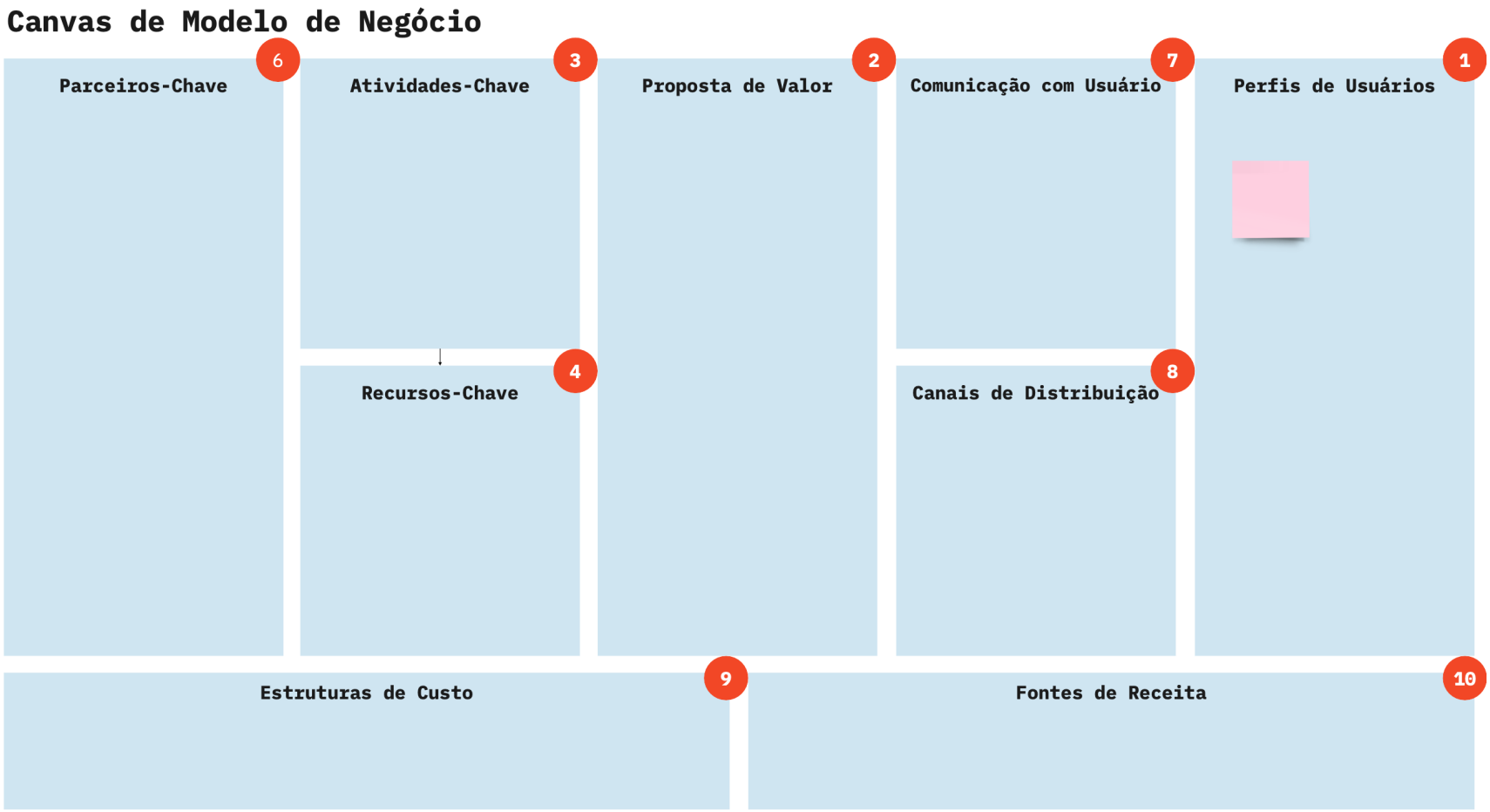
Fonte: Autoria própria

Para o preenchimento deste artefato, sugere-se que as histórias do usuário sejam preenchidas na ordem pela qual foram priorizadas. E no caso de empates no mesmo quadrante de prioridade, deve-se favorecer a história com maior valor para o usuário (no caso de projetistas mais experientes) ou a de menor esforço (no caso de projetistas menos experientes).

Além disso, sugere-se que a equipe defina em qual dos dois testes com o usuário esta história será validada, qual integrante é o responsável por garantir que a história seja concluída, e qual o status atual da história. O status Aprovado, refere-se a uma história que foi implementada e avaliada. O status de Avaliação Pendente, refere-se a uma história que foi implementada, mas que ainda não foi avaliada em nenhum estes com usuário. Já o status em avaliação, refere-se a uma história que foi implementada, mas que está em semana de avaliação. O status de rejeitando, refere-se a uma história que embora tenha sido implementada, não obteve sucesso nos testes e a equipe optou por ter sido rejeitada, ou alguma história que não foi implementada, mas por decisão a equipe resolver não priorizar para o desenvolvimento do projeto. Por fim, o status refatorando, sugere que a história está sendo revisada, após resultados de um teste e que será revisada para novos testes.

Na semana 11, a equipe deve preencher o Canvas de Modelo de Negócio, que foi apenas traduzido e inserido na proposta deste método. O Canvas sugerido pode ser verificado na Figura 56. Ainda, nesta semana, a equipe já deve ter iniciado o desenvolvimento das primeiras versões do protótipo, que podem ser de baixa fidelidade, e incorporar uma abordagem de estruturas que permitam alguma interação, mas que não necessariamente estejam com todas as funcionalidades implementadas.

Figura 56 - Semana 11: Canvas de Modelo de Negócio



Para o preenchimento deste canvas, sugere-se a ordem identificada pelos números no canto superior direito de cada caixa. Ainda, sugere-se que a equipe utilize a mesma cor de adesivo de perfis de usuário, como legenda para preenchimento de cada uma das outras dimensões do canvas de modelo de negócios.

4.9 Semanas 12 e 13

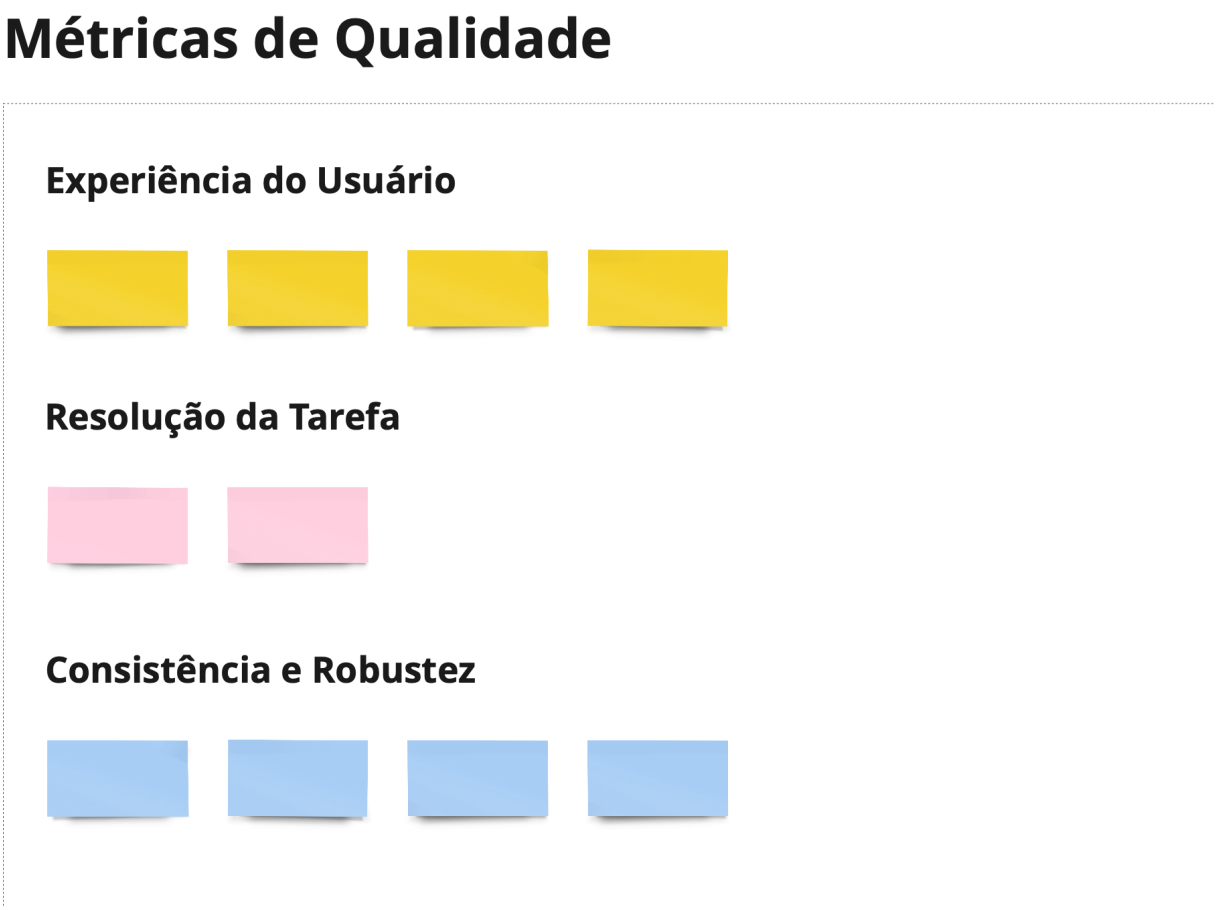
Na semana 12, espera-se que a equipe elabore um roteiro de testes que seja capaz de coletar evidências para o uso de sua solução, e que permita que a equipe estabeleça métricas comparáveis entre as versões do projeto. Para o roteiro de testes, sugere-se o template da Figura 57.

Figura 57 - Semana 12: Roteiro de Testes

Fonte: Autoria própria

Já para definição das métricas de qualidade, sugere-se o template destacado na Figura 58, e que sugere que a equipe defina indicadores quantitativos para três dimensões diferentes (i) relacionadas a experiência do usuário (ii) a resolução de uma tarefa e (iii) a consistência e robustez da solução para operar no ambiente do usuário.

Figura 58 - Semana 12: Métricas de Qualidade



Fonte: Autoria própria

Na semana 13, a equipe deve realizar entrevistas utilizando o roteiro elaborado, registrando os principais resultados nos espaços indicados para “Evidências dos Testes Intermediários (ver Figura 59).

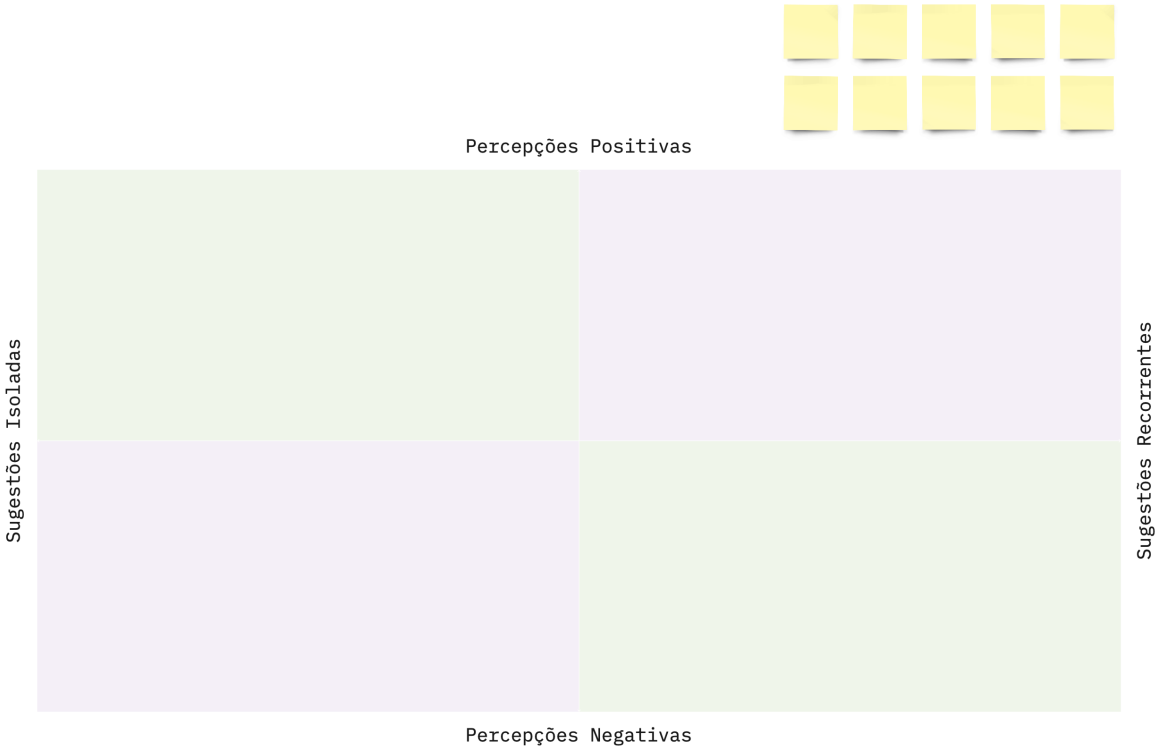
Figura 59 – Semana 13: Evidências dos Testes Intermediários

Fonte: Autoria própria

No campo de artefatos utilizados, a equipe deve destacar os modelos, protótipos e ilustrações que foram produzidas e utilizadas nestes testes. Ainda, deve ser estimulado que a equipe relacione as histórias do usuário com cada um dos artefatos. Já no campo ambiente de teste, a equipe deve ilustrar onde o teste ocorreu e registrar a condução do teste com imagens.

Na semana 13, a equipe também deve consolidar as descobertas, utilizando o template ilustrado na Figura 60. Nesta etapa, a equipe deve utilizar os adesivos para posicionar as descobertas proporcionadas pela entrevista entre as dimensões Percepções Positivas e Percepções Negativas, que devem ser confrontadas com o volume de sugestões recorrentes, ou isoladas.

Figura 60 - Semana 13: Consolidação dos Resultados de Entrevista



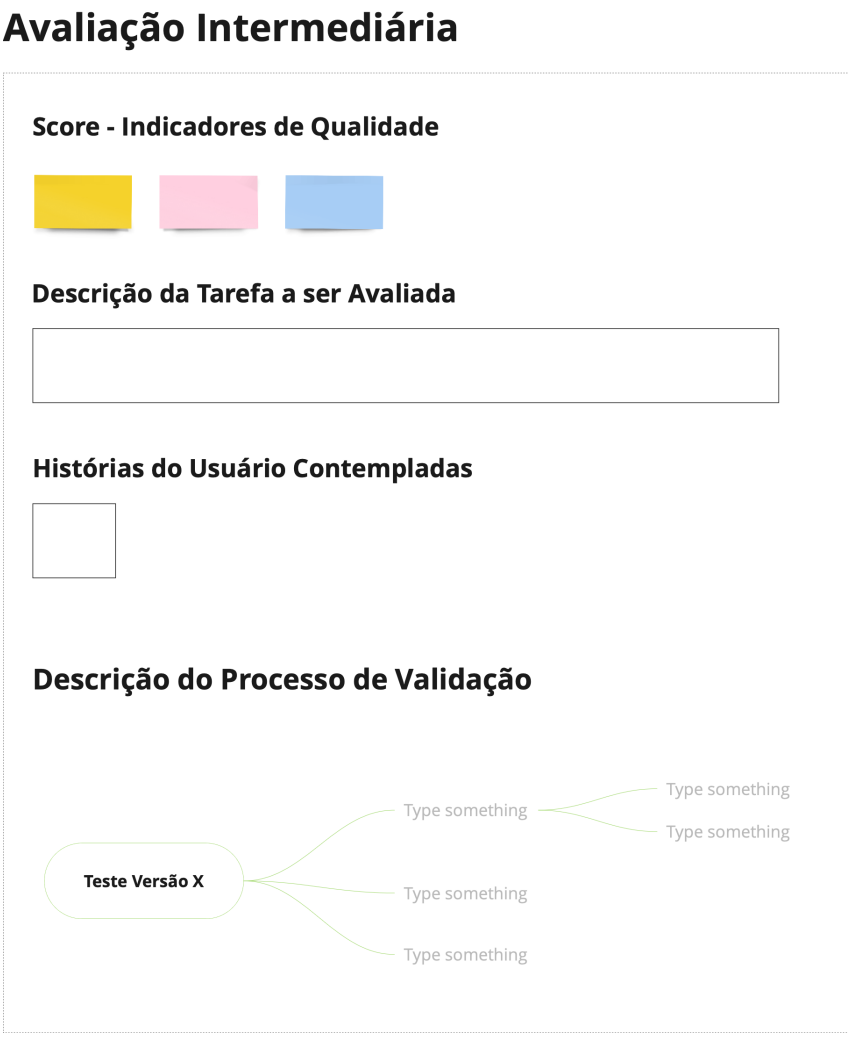
Fonte: Autoria própria

4.10 Semanas 14 a 18

Na semana 14, sugere-se que a equipe revisite o roteiro de testes, ilustrado na Figura 57, e faça adaptações para uma segunda rodada de testes. Vale destacar que as métricas de validação não podem ser alteradas. Os resultados dos testes intermediários e dos testes que serão realizado na semana 15, devem ser consolidados no template ilustrado na Figura 61. O mesmo template será utilizado para consolidar os resultados da avaliação final.

Ainda, sugere-se que a equipe registre da mesma forma que ocorreram as documentações para os resultados dos testes intermediários, os resultados obtidos na etapa final de validação, utilizando assim, o template da Figura 59. No entanto, espera-se que para o teste da semana 15, seja utilizado um protótipo funcional (para equipes mais experientes) e um protótipo que incorpore algumas das mais importantes funcionalidades (para equipes menos experientes). Ainda, nesta etapa, o professor pode definir requisitos a serem cumpridos, como os ilustrados no Ciclo 1 e no Ciclo 2 desta pesquisa.

Figura 61 - Semana 14: Consolidar Resultados da Avaliação Intermediária



Fonte: Autoria própria

Por fim, na semana 17, a equipe deve preparar o material para uma pré-apresentação, que deve incluir as melhorias observadas e indicadas pelas pessoas entrevistadas, e que podem ou não ser implementadas até o final do ciclo do projeto. Para isso, a equipe deve realizar dois últimos registros no ambiente de projetos, que consiste em (i) um link para um vídeo de demonstração do protótipo funcional e (ii) um hyperlink para a apresentação digital, que será utilizada no fechamento da disciplina.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo propor um método para operacionalização de projetos de alta complexidade no ensino de engenharia, com ênfase na resolução de problemas do mundo real.

As estratégias adotadas, bem como os artefatos utilizados em cada um dos quatro ciclos de pesquisa, foram estudadas, analisados, aprimorados e documentados, para que tornar possível a replicabilidade deste estudo por outros pesquisadores da área de ensino de engenharia. A DBR permitiu que as estratégias adotadas, bem como as premissas assumidas no início desta pesquisa, fossem revisadas por meio da participação dos atores envolvidos, por meio dos estudos de caso abordados durante a condução deste estudo, e pela possibilidade de realizar mudanças nas intervenções de sala de aula, a cada iteração realizada.

A DBR permitiu responder à pergunta de pesquisa deste estudo, ao viabilizar o processo de avaliação de estudantes em diferentes momentos de sua trajetória no curso de engenharia, e ao viabilizar a análise dos instrumentos elaborados neste estudo para proposição de um método que permita operacionalizar o desenvolvimento de projetos complexos no ensino superior de engenharia, priorizando o Co-Design de soluções centradas no usuário, e em diferentes fases da formação de um engenheiro. A Tabela 1 ilustra os diferentes perfis que compuseram este estudo, e Santana e Lopes (2022) suportam a consolidação do método proposto em um ambiente de Co-Design, e que sugere a aproximação do usuário em diferentes fases de desenvolvimento do projeto.

O primeiro objetivo específico "*Realizar um levantamento do estado da arte a respeito de práticas de Ensino de Engenharia que foquem na Resolução de Problemas do Mundo Real"*, foi atingido por meio da pesquisa documentada em Santana e Lopes (2020).

O segundo objetivo específico *"Propor um método para aplicação de estratégias de ensino focadas em Resolução de Problemas do Mundo Real e que permita avaliar o estudante em diversos níveis de progresso durante a elaboração do seu projeto"*, foi atingido após a condução dos quatro ciclos da pesquisa, e as conclusões destacadas no Capítulo 4 corroboram o cumprimento deste objetivo. Além disso, o Quadro 25 compila as principais competências observadas durante o processo de desenvolvimento do método proposto.

Além disso, o segundo objetivo específico também foi atingido ao consolidar todas as etapas de projeto em um único ambiente de desenvolvimento colaborativo (SANTANA;

LOPES, 2022), e ao indicar os questionários de auto-avaliação, que podem ser aplicados em diferentes fases do projeto, e as rubricas de avaliação.

O quarto objetivo específico *"Construir um design experimental, para aplicação em sala de aula, dos artefatos desenvolvidos ao longo da pesquisa;"*, foi atingido ao estabelecer o uso da DBR e consolidar a elaboração desta pesquisa em quatro fases distintas.

O quinto objetivo específico *"Realizar intervenções em sala de aula com a aplicação dos artefatos desenvolvidos"*, também foi atingido ao estabelecer o uso da DBR, no que diz respeito ao desenho dos métodos utilizados para as intervenções em sala de aula. E o sexto objetivo específico *"Comparar e explicitar os efeitos destas intervenções em diferentes grupos de estudantes, avaliando o potencial do método proposto para o desenvolvimento de competências para a realização de projetos complexos, baseados na resolução de problemas reais"*, foi atingido pela proposição dos questionários de auto-avaliação, documentados e validados no Ciclo 2 desta pesquisa, pelos resultados indicados no Capítulo 4 deste documento e pelas competências sugeridas no Quadro 25.

O método sugerido por esta pesquisa, apresentou indícios de que pode ser empregado em diferentes disciplinas das áreas de engenharia, tanto em regime de aulas presenciais, quanto o de aulas remotas. Os resultados do método proposto neste estudo, evidenciam que ao inserir uma abordagem que permita que os estudantes dialoguem com o seu contexto pessoal, e projetem soluções para problemas do mundo real, é necessária a adaptação das estratégias metodológicas, que tradicionalmente são conduzidas em sala de aula. O processo passa a ser descentralizado, gerando autonomia e independência de uma abordagem centrada na relação entre estudante e professor, e insere novos atores neste processo. No entanto, o estudante assume o papel de protagonista, e se permite dividir esta responsabilidade com usuários que o ajudarão a compor o processo de criação de projetos de engenharia. Ainda, passa a ser necessária uma revisão das ementas das disciplinas, para que os conteúdos deixem de seguir uma sequência linear, pois mesmo para disciplinas caracterizadas pelos objetivos de aprendizagem que sugerem o aprendizado de conteúdos técnicos e teóricos, faz-se necessária uma inversão do processo, uma vez que estes conteúdos deixam de protagonizar o tema central da disciplina, e passam a serem utilizados como mídia para garantir que um projeto seja concluído.

No que diz respeito a trabalhos futuros, entende-se que existe uma oportunidade que envolve:

- A condução desta abordagem em disciplinas de graduação, que envolvam cursos de outras outras escolas de conhecimento;
- A elaboração de uma plataforma digital que seja capaz de elencar problemas do mundo real para escolha e apreciação dos estudantes;
- Um repositório capaz de compartilhar as trajetórias de cada estudante, e por consequência inspirar a criação de novos projetos no ensino superior;
- A condução de novos ciclos de pesquisa, que incorporem novas variáveis, ou que permitam a construção de cenários ainda não explorados, como por exemplo: (i) disciplinas que tradicionalmente não são baseadas em projetos (ii) disciplinas que envolvam estudantes de graduação e pós-graduação e (iii) formação de professores do ensino superior
- A condução deste método, por docentes distintos, contando apenas com a observação do autor desta pesquisa (sem intervenção direta ou indireta).

Por fim, entende-se que o processo de resolução de problemas do mundo real, pode ser tratado como uma abordagem para democratização do processo de desenvolvimento de soluções inovadoras. Este tipo de abordagem viabiliza que estudantes de diferentes contextos assumam o papel de projetistas, que além de se aperfeiçoarem para exercerem seu papel no mercado de trabalho, passam a atuar como agentes transformadores do seu contexto social. Outros resultados desta pesquisa podem ser verificados na seção 5.1 deste documento.

5.1 Resultados Acadêmicos

Referência	Aplicação na Pesquisa
Lopes et. al. (2019)	Fundamentação Teórica: compreensão do uso de metodologias ativas de aprendizagem no contexto da engenharia.
Santana et al. (2019)	Condução de uma intervenção em sala de aula. Baseada no uso de Metodologias Ativas de Aprendizagem
Leal, Oliveira, Silveira, Santana Junior, Reis, Fleury e Zancul (2020)	*Startup Garage Innovation Process*: Vivência prática do processo de desenvolvimento focado no empreendedorismo para resolução de problemas do mundo real
Santana e Lopes (2020)	Fundamentação Teórica: investigação de abordagens relacionadas a metodologias ativas de aprendizagem, no contexto da indústria 4.0
Lopes, Ficheman, Santana, Rabinovitch, Venancio, Padilha e Santos (2021a)	Resultados da condução do Ciclo 3 da Pesquisa

Lopes, Ficheman, Santana, Rabinovitch, Venancio, Padilha e Santos (2021b)	
Lopes, Ficheman, Santana, Rabinovitch, Venancio, Padilha e Santos (2021c)	
Almeida, Fuzaro, Nieto e Santana (2021)	Artigo elaborado por estudantes que participaram do Ciclo 3 deste projeto
Santana e Lopes (2023 – no prelo)	Compilação dos resultados do Ciclo 2 do projeto
Se (2022)	Proposta de recurso de aprendizagem, para condução do processo proposto por esta pesquisa

Agradecimentos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil.

REFERÊNCIAS

ABELE, E. et al. Learning factories for research, education, and training. **Procedia CIRP**, v. 32, n. Clf, p. 1–6, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação em Engenharia. 2018. Disponível em: http://www.abenge.org.br/arquivos/Diretrizes_Curriculares_Abenge_2018.pdf. Acesso em: 15 mar. 2023.

ASTHON, Kevin. That 'Internet of Things' thing. **RFID Journal**, p. 4986, 2010.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. **Computer Networks**, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010.

BAENA, F. et al. Learning Factory: The Path to Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 9, p. 73–80, 2017.

BANBURY, Annie et al. Using the Double Diamond model to co-design a dementia caregivers telehealth peer support program. **Journal of Telemedicine and Telecare**, v. 27, n. 10, p. 667-673, 2021.

BARAB, Sasha; SQUIRE, Kurt. Design-based research: Putting a stake in the ground. **The journal of the learning sciences**, v. 13, n. 1, p. 1-14, 2004.

BECK, Kent et al. Manifesto for agile software development. 2001.

BENEŠOVÁ, A.; TUPA, J. Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 11, n. June, p. 2195–2202, 2017.

BROWN, Ann L. Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. **The journal of the learning sciences**, v. 2, n. 2, p. 141-178, 1992.

BROWN, Tim et al. Design thinking. **Harvard business review**, v. 86, n. 6, p. 84, 2008.

CHANIN, Rafael et al. A systematic mapping study on software startups education. In: **Proceedings of the 22nd International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering 2018**. 2018. p. 163-168.

COLLINS, Allan; JOSEPH, Diana; BIELACZYC, Katerine. Design research: Theoretical and methodological issues. **The Journal of the learning sciences**, v. 13, n. 1, p. 15-42, 2004.

CORRAL, Luis; FRONZA, Ilenia. Design thinking and agile practices for software engineering: an opportunity for innovation. In: **Proceedings of the 19th Annual SIG Conference on Information Technology Education**. 2018. p. 26-31.

CRESPO, Raquel M. et al. Aligning assessment with learning outcomes in outcome-based education. In: IEEE EDUCON 2010 Conference. IEEE, 2010. p. 1239-1246.

CROWE, Sarah et al. **The case study approach. BMC medical research methodology**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2011.

DAM, Rikke; SIANG, Teo. What is design thinking and why is it so popular. **Interaction Design Foundation**, p. 1-6, 2018.

DE ALMEIDA, Laura D.; FUZARO, V.; NIETO, F. V.; SANTANA, A. L. M. Identificação de “Fake News” no contexto político brasileiro: uma abordagem computacional. In: **Anais do II Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade**. SBC, 2021. p. 78-89.

DENNEHY, Denis et al. A Lean Start-up approach for developing minimum viable products in an established company. **Journal of Decision Systems**, v. 28, n. 3, p. 224-232, 2019.

DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE. Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. **Educational researcher**, v. 32, n. 1, p. 5-8, 2003.

DURÃO, Luiz Fernando CS et al. Divergent prototyping effect on the final design solution: the role of" Dark Horse" prototype in innovation projects. **Procedia Cirp**, v. 70, p. 265-271, 2018.

DYM, Clive L. et al. Engineering design thinking, teaching, and learning. **Journal of engineering education**, v. 94, n. 1, p. 103-120, 2005.

EASTERDAY, Matthew W.; REES LEWIS, Daniel G.; GERBER, Elizabeth M. The logic of design research. **Learning: Research and Practice**, v. 4, n. 2, p. 131-160, 2018.

EHLERS, Ulf-Daniel; KELLERMANN, Sarah A. **Future skills: The future of learning and higher education**. Karlsruhe, 2019.

FÁBRICA DO FUTURO (São Paulo). Inova USP - Centro de Inovação da USP (org.). **D2 – Controle de Qualidade por visão computacional**. 2022a. Disponível em: https://sites.usp.br/fabricadofuturo/d2-controle-de-qualidade-por-visao-computacional/. Acesso em: 18 out. 2022.

FÁBRICA DO FUTURO (São Paulo). Inova USP - Centro de Inovação da USP (org.). **Ensino**. 2022b. Disponível em: https://sites.usp.br/fabricadofuturo/ensino/. Acesso em: 18 out. 2022.

FERNANDEZ, Cassia de Oliveira. **Programação física e criatividade**: contribuições de uma abordagem exploratória para a introdução da programação física no ensino fundamental. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FERREIRA, A. et al. Implementação de um sistema de informação para reduzir filas de espera em estabelecimentos utilizando QRCode. YouTube, 14 de outubro de 2022. Disponível em: < https://youtu.be/76fQpR6TOTk>. Acesso em: 14 de outubro de 2022.

FORTUS, D. et al. Design-based science and real-world problem-solving. **International Journal of Science Education**, v. 27, n. 7, p. 855–879, 2005.

FRANCÉS MORCILLO, Leire et al. The wearable co-design domino: a user-centered methodology to co-design and co-evaluate wearables. **Sensors**, v. 20, n. 10, p. 2934, 2020.

FREEMAN, S. et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 23, p. 8410–8415, 2014.

FROYD, Jeffrey E.; WANKAT, Phillip C.; SMITH, Karl A. Five major shifts in 100 years of engineering education. **Proceedings of the IEEE**, v. 100, n. Special Centennial Issue, p. 1344-1360, 2012.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOLDBERG, D. E.; SOMERVILLE, M. The making of a whole new engineer: Four unexpected lessons for engineering educators and education researchers. **Journal of Engineering Education**, v. 104, n. 1, p. 2–6, 2015.

GOLDBERG, David E.; SOMERVILLE, Mark. **Whole New Engineer: The Coming Revolution in Engineering Education.** Champaign: Threejoy Associates, 2014. 288 p.

GRAHAM, Ruth. The global state of the art in engineering education. **Massachusetts Institute of Technology (MIT) Report**, Massachusetts, USA, 2018.

GRINT, Keith. Problems, problems, problems: The social construction of 'leadership'. **Human relations**, v. 58, n. 11, p. 1467-1494, 2005.

GUBBI, J. et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, 2013.

GUSTAFSSON, Daniel et al. Analysing the Double diamond design process through research & implementation. 2019.

HENRIKSEN, Danah; MEHTA, Rohit; MEHTA, Swati. Design thinking gives STEAM to teaching: A framework that breaks disciplinary boundaries. In: **STEAM education. Springer**, Cham, 2019. p. 57-78.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. **Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences**, v. 2016- March, p. 3928–3937, 2016.

HOFFMANN, Michael HW et al. Knowledge, skills, and competences: Descriptors for engineering education. In: **IEEE EDUCON 2010 Conference**. IEEE, 2010. p. 639-645.

KAGERMANN, Henning. Change through digitization—Value creation in the age of Industry 4.0. In: **Management of permanent change**. Springer Gabler, Wiesbaden, 2015. p. 23-45.

KAMARUZAMAN, F. MOHD et al. Comparison of engineering skills with IR 4.0 skills. **International journal of online and biomedical engineering**, v. 15, n. 10, p. 15–28, 2019.

KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE, 2007.

KITCHENHAM, Barbara. Procedures for performing systematic reviews. **Keele, UK, Keele University**, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

KOH, Joyce Hwee Ling; CHAI, Ching Sing; WONG, Benjamin; HONG, Huang-Yao. Design thinking and education. In: **Design thinking for education**. Springer, Singapore, 2015. p. 1-15.

KOLMOS, Anette; DE GRAAFF, Erik. **Problem-based and project-based learning in engineering education**. Cambridge handbook of engineering education research, p. 141-161, 2014.

LAZAR, Jonathan et al. Co-design process of a smart phone app to help people with Down syndrome manage their nutritional habits. **Journal of usability studies**, v. 13, n. 2, p. 73-93, 2018.

LEAL, L. F.; de OLIVEIRA, M. S.; da SLVEIRA, D. K. B.; SANTANA, A. L. M.; JUNIOR, A. C. G.; REIS, D. A.; FLEURY, A. L.; ZANCUL, E. Fábrica de ensino em indústria 4.0: proposição de modelo de negócios. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 39, 2020.

LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v. 3, p. 18–23, 2015.

LENARDUZZI, Valentina; TAIBI, Davide. MVP explained: A systematic mapping study on the definitions of minimal viable product. In: **2016 42th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)**. IEEE, 2016. p. 112-119.

LIAO, Y. et al. Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 12, p. 3609–3629, 2017.

LOIOLA, A. et al. Prototipação de uma plataforma digital de conexão entre estabelecimentos da área de beleza e estética com clientes do Brasil. YouTube, 14 de outubro de 2022. Disponível em: < https://youtu.be/S8_Von3q59U>. Acesso em: 14 de outubro de 2022.

LOPES, Roseli de Deus et al. Iniciativas inovadoras em disciplinas de introdução à engenharia. In: TONINI, Adriana Maria; PEREIRA, Tânia Regina Dias Silva. **Desafios da Educação em Engenharia:** Inovação e Sustentabilidade, Aprendizagem Ativa e Mulheres na Engenharia. Brasília: Abenge, 2019. Cap. 1. p. 8-73. Disponível em: < http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/2/LivroSD2018.pdf >. Acesso em: 09 set. 2019.

LOPES, Roseli de Deus; FICHEMAN, Irene K.; SANTANA, A. L. M.; RABINOVITCH, Nathan; VENANCIO, Valkiria; PADILHA, Marcia; SANTOS, Elio M. F.. Internet das Coisas para Jovens do Ensino Médio. São Paulo: Lsitec, 2021a. 59 p. 1 v. Vol 1. Internet das Coisas. Disponível em: https://febrace.org.br/wp-content/uploads/2021/08/IoT-EM_Vol1-Maker-Space.pdf. Acesso em: 10 maio 2022.

LOPES, Roseli de Deus; FICHEMAN, Irene K.; SANTANA, A. L. M.; RABINOVITCH, Nathan; VENANCIO, Valkiria; PADILHA, Marcia; SANTOS, Elio M. F.. Internet das Coisas para Jovens do Ensino Médio. São Paulo: Lsitec, 2021b. 68 p. 2 v. Vol 2. Internet das Coisas. Disponível em: https://febrace.org.br/wp-content/uploads/2021/08/IoT-EM_Vol2-Internet-das-Coisas.pdf. Acesso em: 10 maio 2022.

LOPES, Roseli de Deus; FICHEMAN, Irene K.; SANTANA, A. L. M.; VENANCIO, Valkiria; PADILHA, Marcia; SANTOS, Elio M. F.; RABINOVITCH, Nathan. Internet das Coisas para Jovens do Ensino Médio. São Paulo: Lsitec, 2021c. 64 p. 3 v. Vol 3. Aprendizagem por problemas e projetos. Disponível em: https://febrace.org.br/wp-content/uploads/2021/09/IoT-EM_Vol3-Aprendizagem-por-problemas-e-projetos.pdf. Acesso em: 10 maio 2022.

MIAN, Syed Hammad et al. Adapting universities for sustainability education in industry 4.0: Channel of challenges and opportunities. **Sustainability**, v. 12, n. 15, p. 6100, 2020.

MIRAZ, M. H. et al. A review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet of Nano Things (IoNT). **2015 Internet Technologies and Applications, ITA 2015 - Proceedings of the 6th International Conference**, p. 219–224, 2015.

MOOGK, Dobrila Rancic. Minimum viable product and the importance of experimentation in technology startups. **Technology Innovation Management Review**, v. 2, n. 3, 2012.

MORRAR, R.; ARMAN, H.; MOUSA, S. The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. **Technology Inovattion Management Review**, v. 7, n. 11, p. 16–20, 2017.

MRUGALSKA, B.; WYRWICKA, M. K. Towards Lean Production in Industry 4.0. **Procedia Engineering**, v. 182, p. 466–473, 2017.

NAGEL, Nancy G. **Learning through Real-World Problem Solving: The Power of Integrative Teaching**. Thousand Oaks: Corwin, 1996. 184 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Estados Unidos da América) (Ed.). **Discipline-Based Education Research: Understanding and Improving Learning in Undergraduate Science and Engineering**. Washington: National Academies Press, 2012. 264 p.

NOBRE, Ana; MARTIN-FENANDES, Isabelle. Abrir caminhos para a investigação em educação: design-based research. **Práxis Educacional**, v. 17, n. 48, p. 234-254, 2021.

OSTERWALDER, Alexander. The business model ontology a proposition in a design science approach. 2004. Tese de Doutorado. Université de Lausanne, Faculté des hautes études commerciales.

PRESSMAN, Andrew. Design thinking: A guide to creative problem solving for everyone. Routledge, 2018.

PRINZ, C. et al. Learning Factory Modules for Smart Factories in Industrie 4.0. **Procedia CIRP**, v. 54, p. 113–118, 2016.

REEVES, Thomas. Design research from a technology perspective. In: **Educational design research**. Routledge, 2006. p. 64-78.

REIS, Diane Aparecida dos et al. Application of new agile approaches at University of São Paulo innovation agency's entrepreneurship and innovation course. **Gestão & Produção**, v. 26, 2019.

RITTEL, Horst WJ; WEBBER, Melvin M. Dilemmas in a general theory of planning. **Policy sciences**, v. 4, n. 2, p. 155-169, 1973.

SANTANA, André Luiz Maciel et al. Aplicação de estratégias de Problem Based Learning em uma disciplina de graduação em Engenharia de Produção. In: Congresso Brasileiro De Educação Em Engenharia, 47., 2019, Fortaleza. **Anais do XLVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Fortaleza: Abenge, 2019. p. 1-10. Disponível em: http://www.abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE19&codigo=COBENGE19_00089_00002397.pdf. Acesso em: 9 out. 2021.

SANTANA, André Luiz Maciel; DE DEUS LOPES, Roseli. Active learning methodologies and industry 4.0 skills development-a systematic review of the literature. **In: 2020 XV conferencia latinoamericana de tecnologias de aprendizaje (LACLO)**. IEEE, 2020. p. 1-10.

SANTANA, André Luiz Maciel; LOPES, Roseli de Deus. Resolução de Problemas do Mundo Real por meio de Projetos: uma abordagem centrada no usuário. Uma abordagem centrada no usuário. 2022. Disponível em: https://miro.com/app/board/uXjVPStK_9g=/. Acesso em: 10 out. 2022.

SANTANA, André Luiz Maciel.; LOPES, Roseli de Deus. Using Real-World Problems and Project-Based Learning for future skill development. In: **Future Skills in Higher**

Education – A Global Practice Book. Springer VS, Wiesbaden, 2023 (no prelo). p. [S.I].

SÃO PAULO. **Decreto n. 59.283**, de 16 de mar. de 2020. Declara, situação de emergência no Município de São Paulo e define outras medidas para o enfrentamento da pandemia decorrente do coronavírus. São Paulo, 2020.

SARATHY, Vasanth. Real world problem-solving. **Frontiers in human neuroscience**, v. 12, p. 261, 2018.

SINGER, Susan; SMITH, Karl A.; Discipline-Based Education Research: Understanding and Improving Learning in Undergraduate Science and Engineering. **Journal of Engineering Education**, v. 102, n. 4, p. 468–471, 2013.

SPOLAÔR, N.; BENITTI, F. B. V. Robotics applications grounded in learning theories on tertiary education: A systematic review. **Computers and Education**, v. 112, p. 97–107, 2017.

STANFORD (USA). Stanford Graduate School of Business (org.). **Startup Garage**. 2020. Disponível em: https://www.gsb.stanford.edu/experience/learning/entrepreneurship/courses/startup-garage. Acesso em: 20 out. 2020.

STEEN, Marc; MANSCHOT, Menno; DE KONING, Nicole. Benefits of co-design in service design projects. **International Journal of Design**, v. 5, n. 2, 2011.

STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 40, n. Icc, p. 536–541, 2016.

STRATEGYZER (comp.). **The Business Model Canvas**. 2019. Desenvolvido por Alex Osterwalder. Disponível em: https://www.strategyzer.com/canvas/business-model-canvas. Acesso em: 26 jul. 2019b.

STRATEGYZER AG (comp.). **The Value Proposition Canvas**. 2019. Desenvolvido por Alex Osterwalder. Disponível em: https://www.strategyzer.com/canvas/value-proposition-canvas. Acesso em: 26 jul. 2019a.

VAIDYA, S.; AMBAD, P.; BHOSLE, S. Industry 4.0 - A Glimpse. **Procedia Manufacturing**, v. 20, p. 233–238, 2018.

VAN MERRIENBOER, Jeroen JG. Perspectives on problem solving and instruction. **Computers & Education**, v. 64, p. 153-160, 2013.

VIANA, G. G. et al. Desenvolvimento de sistema de informação para a integração de assistentes pessoais com as demandas de uma Universidade: uma abordagem utilizando REST, Node e Mongodb. YouTube, 14 de outubro de 2022. Disponível em: < https://youtu.be/Uf_YERGOzcQ>. Acesso em: 14 de outubro de 2022.

VILARINHO, T. et al. A communication framework for the internet of people and things based on the concept of activity feeds in social computing. **Proceedings - 9th International Conference on Intelligent Environments, IE 2013**, p. 1–8, 2013.

WRIGHT, Mike; SIEGEL, Donald S.; MUSTAR, Philippe. An emerging ecosystem for student start-ups. **The Journal of Technology Transfer**, v. 42, n. 4, p. 909-922, 2017.

YIN, Robert K. **Case study research: Design and methods**. 5. ed. Los Angeles. Sage, 2014.

ZANCUL, E.; MACUL, V.; MAJZOUB, G.; BLIKSTEIN, P.; LOPES, R. D.; SCHEER, S. O cenário atual da disciplina de Introdução à Engenharia no Brasil: Uma oportunidade a ser aproveitada. **Research and Innovation in Brazilian Education,** 2018.

ZAPPE, S. E.; LEICHT, R. M.; MESSNER, J.; LITZINGER, T.; LEE, H. W. "flipping" the classroom to explore active learning in a large undergraduate course. **Anais do ASEE Annual Conference and Exposition**, 2009

ZENIOS, S. Critical Questions When Lauching Innovation Is the Team Right? Is it Time to Shift Gears**? IESEinsight**, v. 30, 2016.

ZHONG, R. Y. et al. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. **Engineering**, v. 3, n. 5, p. 616–630, 2017.

ZHOU, Keliang; LIU, Taigang; ZHOU, Lifeng. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In: **2015 12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD)**. IEEE, 2015. p. 2147-2152.

ZIELIŃSKI, J. S. Internet of Everything (IoE) in Smart Grid. **Przegląd Elektrotechniczny**, v. 1, n. 3, p. 159–161, 2015.

ANEXO A - REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Abstract. This paper presents the main results of a systematic review of the literature investigating Active Learning Methodologies for teaching the skills required from engineers by Industry 4.0. The products include non-technical skills covered in research in the area and the relationship of the technical knowledge explored in each paper with the pillars of Industry 4.0. Also included are the most frequently methodologies related to this theme and teaching methodologies that complement engineering skills development with the Project-Based Teaching (PBL) approach. A formal protocol was used, applied using manuals and search filters. Exclusion criteria were involved, rejecting all papers associated with at least one exclusion criterion defined in the protocol. After applying the search string, 2513 papers were collected, of which only 18 were allowed without restrictions due to the exclusion requirements. This research allowed us to answer the following research questions: Which active learning methodologies are often used in conjunction with Project-Based Approaches (PBL) to improve the engineering profile in Industry 4.0? What skills are these students developing? How are performance assessments carried out during and after applying these methodologies? What is the relationship between classroom strategies and real-world problem-solving? The main results indicate that most of the mapped works are almost as naturally as the skills associated with computer simulation. However, few studies have explored more than two pillars of Industry 4.0 during classroom activities. Among the non-technical skills, such as those most often cited in teamwork, were communication (written and oral), learning autonomy, and time management. It was also possible to identify three main groups of approaches focused on solving real-world problems. The first group focused on solving real-world problems to improve technical skills (required by the industry or university). The second one focused on solving problems that are part of everyday life and social student interaction. A third group that develops projects to evaluate technical and non-technical skills focused on technology, a tool, or to consider a model.

DOI: 10.1109/LACLO50806.2020.9381161

ANEXO B - PROTOCOLO DE DEFINIÇÃO DE PROBLEMAS

Qual problema vocês estão tentando resolver?
[QUEM] precisa [DO QUÊ] pois resolverá [O QUE?] que [É IMPORTANTE POIS ...]

Lista de Controle: Definindo um Problema

Vocês já pensaram sobre as restrições/limitações que devem respeitar para resolver esse problema?	☐ Sim ☐ Não
Este tópico é interessante o suficiente para que vocês busquem informações e trabalhem nesse projeto pelo tempo definido por seu professor?	☐ Sim ☐ Não
Vocês foram capazes de identificar pelo menos três soluções inspiradoras e que tenham características semelhantes ao seu projeto?	☐ Sim ☐ Não
Vocês foram capazes de identificar pelo menos três soluções inspiradoras e que podem ser úteis ao seu projeto?	☐ Sim ☐ Não
Vocês já identificaram estratégias para validação do seu projeto?	☐ Sim ☐ Não
Vocês já identificaram estratégias para avaliar o seu projeto? Quais métricas serão utilizadas nesse processo de avaliação?	☐ Sim ☐ Não
A sua solução será factível, viável e desejável diante do contexto da sua escola?	☐ Sim ☐ Não
A respeito dos materiais necessários para construir sua solução: vocês já têm esses materiais na escola? Caso não tenham, conseguem identificar estratégias para adquiri-los com menor custo? Ou possíveis parcerias em sua comunidade?	☐ Sim ☐ Não
Vocês têm tempo suficiente para projetar sua solução e avançar na implementação antes do prazo determinado por seu professor? Pensem quem muitas vezes é necessário um tempo extra para pesquisar ou corrigir problemas e que nem sempre a primeira tentativa de projeto apresentará uma solução ótima ou que atenda às restrições.	☐ Sim ☐ Não
Vocês planejam apresentar sua solução em eventos dentro da escola ou para a sua comunidade?	☐ Sim ☐ Não

Fonte: Lopes et. al. (2021c)

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO APLICADO NO PRÉ-TESTE

Introdução à Engenharia Elétrica (Parte 1/2)

Prezado(a) estudante,

Este questionário é parte de um estudo em desenvolvimento sobre metodologias ativas na educação em engenharia, elaborado por pesquisadores de pós graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. As informações coletadas serão utilizadas exclusivamente para fins científicos.

Caso se recuse a participar, basta não preencher o questionário. Caso aceite preenchê-lo, entende-se que se sente devidamente informado e esclarecido sobre a finalidade e objetivos desta pesquisa, bem como sobre a utilização das informações exclusivamente para fins científicos. Caso tenha alguma dúvida, não hesite em perguntar ao professor da disciplina.

Para responder este questionário você precisará de cerca de 5 minutos.
Por favor, preencha-o com atenção e sinceridade. Desde já agradecemos!

*Obrigatório

1. **Qual o seu nome completo?** *

   _____

2. **Qual a sua idade?** *

   _____

3. **Descreva brevemente se você tem algum interesse especial na área de Engenharia Elétrica e/ou já teve ou têm alguma experiência na área (pode ser relacionado hardware, software, ao contato familiar, cursos, hobbies, formação técnica, etc.)** *

   _____
   _____
   _____
   _____
   _____

4. **Como você considera seu nível de conhecimento a respeito destas tecnologias para criação de projetos de engenharia?** *
Marcar apenas uma oval por linha.

	Não Conheço	Conhecimento Básico	Experiência Básica	Experiência Intermediária	Avançado	Me considero Expert!
Arduino						
Caninos - Labrador						
ESP32/ESP8266						
FPGA - Altera						
MSP430						
PIC						
Raspberry Pi						
WRTnode						

5. **Como você considera seu nível de conhecimento a respeito destas linguagens para a criação de projetos de engenharia?** *
Marcar apenas uma oval por linha.

	Não Conheço	Conhecimento Básico	Experiência Básica	Experiência Intermediária	Avançado	Me considero Expert!
C/C++						
C#						
Java						
Javascript						
Verilog						
VHDL						

6. **Você participou do desenvolvimento de algum projeto de "engenharia" (incluindo experiências de projetos na educação básica ou ensino técnico)?** *
Marcar apenas uma oval.

- Sim *Ir para a pergunta 7.*
- Não *Ir para a pergunta 9.*

Introdução à Engenharia Elétrica (Parte 2/2)

7. **Descreva brevemente sua experiência neste projeto:**

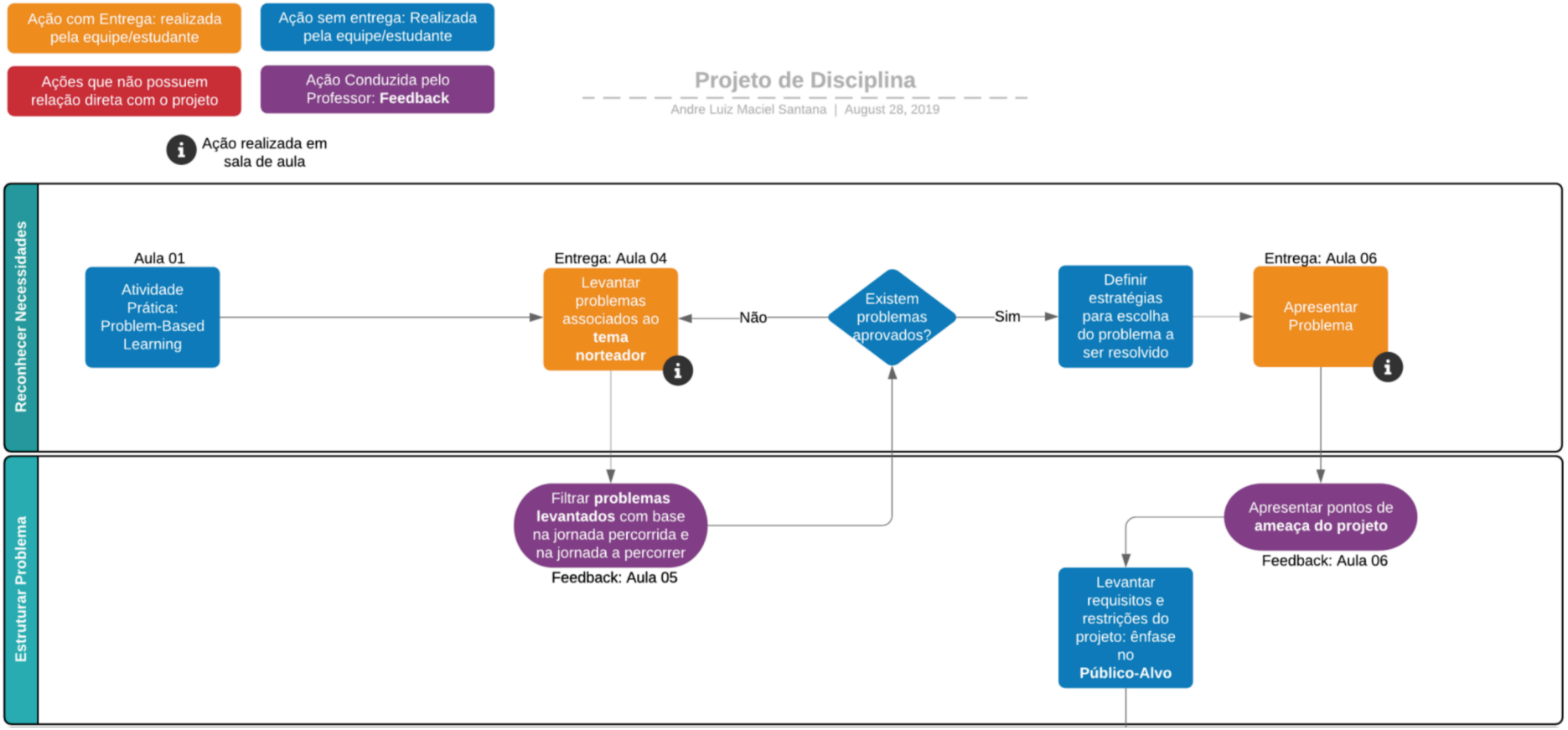
9. **Quão confiante você se sente com relação a:** *

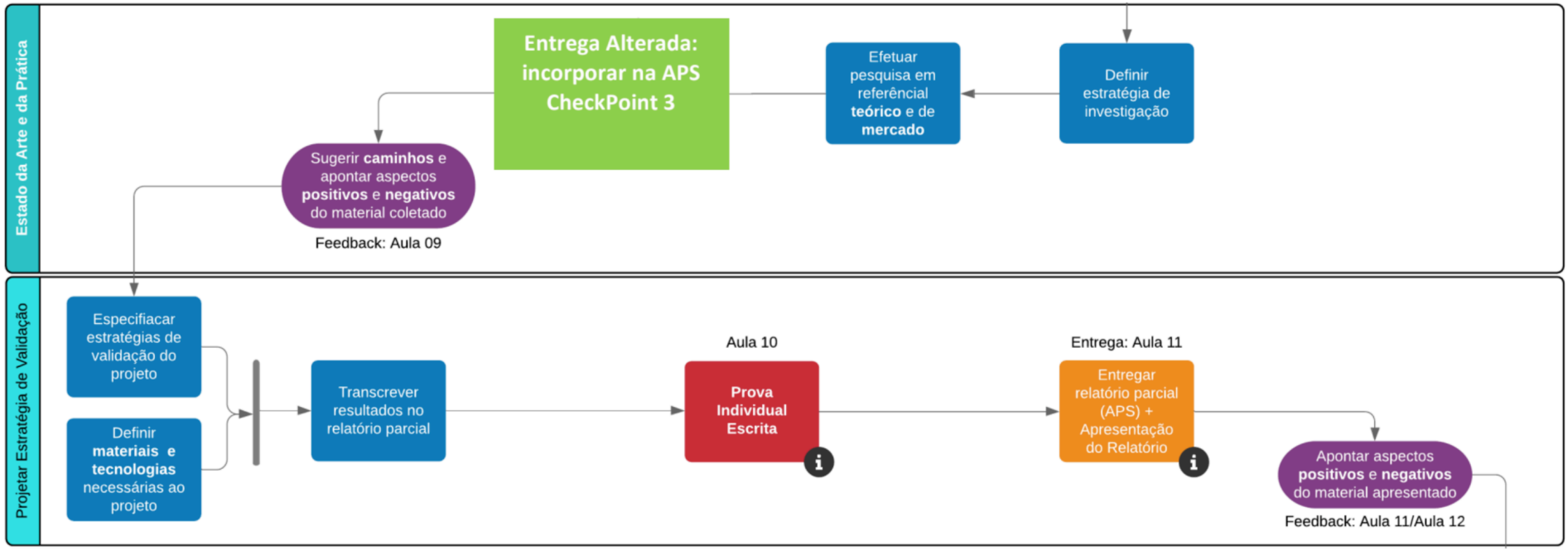
Marcar apenas uma oval por linha.

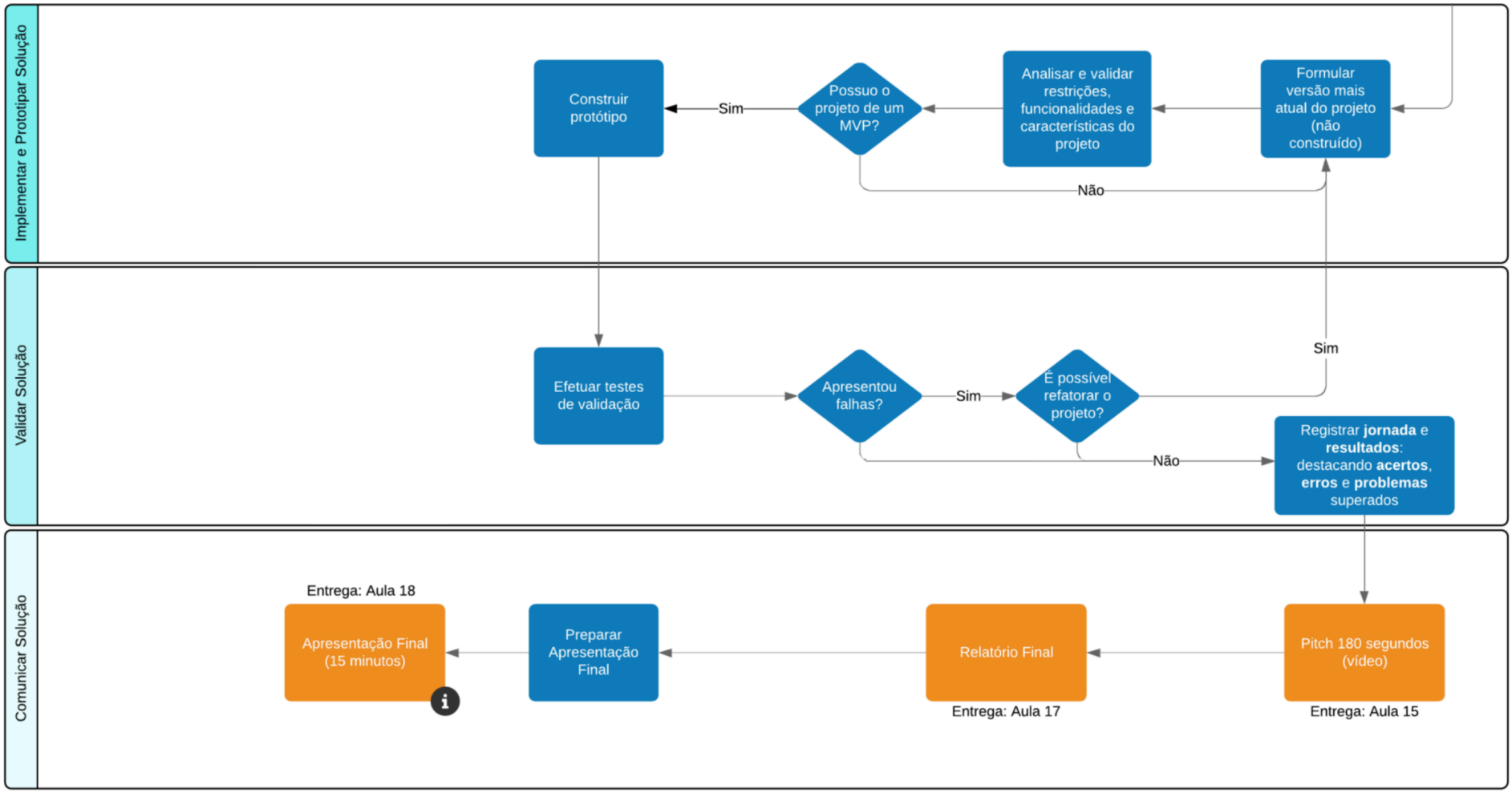
	Nem um pouco confiante	Levemente confiante	Confiante	Muito confiante
Desenvolver uma solução de engenharia para um problema pessoal				
Desenvolver uma solução de engenharia para resolver o problema de algum conhecido ou familiar.				
Desenvolver uma solução de engenharia que possa ser comercializada				
Participar de um projeto que envolva pessoas com níveis diferentes de conhecimento.				
Gerenciar cronogramas e atribuir tarefas a outros colegas de equipe				
Liderar uma equipe de projetos em engenharia				
Desenvolver soluções para problemas de engenharia utilizando sensores e atuadores				
Desenvolver soluções para problemas de engenharia utilizando tecnologias Web				
Desenvolver soluções para problemas de engenharia utilizando soluções com dispositivos móveis (Ex.: Android/iOS)				

Powered by Google Forms

APÊNDICE B - FLUXO DE PROJETOS




Estado da Arte e da Prática
Entrega Alterada: incorporar na APS CheckPoint 3
Efetuar pesquisa em referêncial teórico e de mercado
Definir estratégia de investigação
Sugerir caminhos e apontar aspectos positivos e negativos do material coletado
Feedback: Aula 09
Projetar Estratégia de Validação
Especifiacar estratégias de validação do projeto
Definir materiais e tecnologias necessárias ao projeto
Transcrever resultados no relatório parcial
Aula 10
Prova Individual Escrita
Entrega: Aula 11
Entregar relatório parcial (APS) + Apresentação do Relatório
Apontar aspectos positivos e negativos do material apresentado
Feedback: Aula 11/Aula 12


Implementar e Prototipar Solução
Validar Solução
Comunicar Solução
Construir protótipo
Sim
Possuo o projeto de um MVP?
Analisar e validar restrições, funcionalidades e características do projeto
Formular versão mais atual do projeto (não construído)
Não
Efetuar testes de validação
Apresentou falhas?
Sim
É possível refatorar o projeto?
Sim
Não
Registrar **jornada** e **resultados**: destacando **acertos**, **erros** e **problemas** superados
Entrega: Aula 18
Apresentação Final (15 minutos)
Preparar Apresentação Final
Relatório Final
Entrega: Aula 17
Pitch 180 segundos (vídeo)
Entrega: Aula 15

APÊNDICE C - EXERCÍCIO PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS REAIS

Projetando uma "Monkey Bar" para o parquinho da cidade
Cartão de Atividades

INDIVIDUALMENTE

- **Transcreva** um conjunto de **soluções alternativas** para o desenvolvimento de uma **barra de macacos** que será utilizada em um dos parques da cidade de São Paulo. Nesta etapa **restrinja-se** a representar o processo de união entre a barra circular e as estruturas de apoio. Lembre-se, esta barra deverá ser **soldada** e deve suportar todas **tensões** envolvidas.

EM GRUPO

- **Compartilhem** as soluções alternativas identificadas por cada um dos membros da equipe.
- **Escolham** uma das soluções alternativas, **justificando** o porquê de ser a melhor das soluções apresentadas.
- **Especifiquem** materiais envolvidos no processo, o processo de união, o dimensionamento dos elementos de máquina envolvidos e uma comprovação de que sua solução suporta as cargas envolvidas.

Produto do Grupo

Criem uma apresentação destacando sua solução. Destaque os principais elementos estruturais do seu projeto e inclua as tecnologias e materiais utilizados. Por fim, apresente as principais conclusões a respeito do projeto desenvolvido.

Critérios de Avaliação

A apresentação fornecida:

- Reflete as técnicas de dimensionamentos abordadas em sala de aula
- Utiliza linguagem técnica adequada ao público-alvo
- Apresenta graficamente o projeto da equipe
- Inclui toda a equipe no processo de comunicação das ideias
- É objetiva e comunica adequadamente as etapas do processo

Universidade Anhembi Morumbi
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

Escola de Engenharia e Tecnologia
Engenharia Mecânica
Prof. André Santana

Projetando uma "Monkey Bar" para o parquinho da cidade
Cartão de Recursos 1

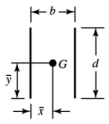
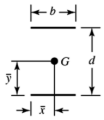
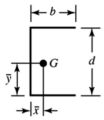
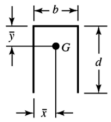
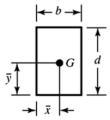
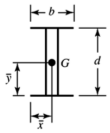
O que é uma barra de macaco?

Consiste em uma estrutura composta por vigas/estacas e barras, que são frequentemente utilizadas por crianças para escalar e brincar. No entanto, também podem ser empregadas em circuitos para percurso de obstáculos. Em ambos os casos a estrutura respeita uma distância adequada entre barras, oferece firmeza e controle no aperto das mãos e garante que as barras estejam em uma altura adequada para seus usuários.

Alguns projetos destacam que as barras variam de 0,46 a 0,61 m de comprimento, indicando uma distância confortável de 25 cm entre as barras.

Segundo Momento Unitário de Área

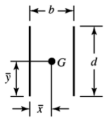
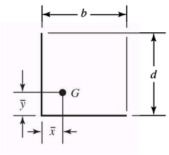
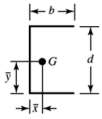
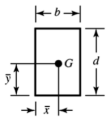
Cartão de Recursos 2

Solda	Área de garganta	Localização de G	Segundo momento unitário de área
	$A = 0{,}707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1{,}414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1{,}414hb$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0{,}707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0{,}707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1{,}414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 1{,}414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 1{,}414\pi hr$		$I_u = \pi r^3$

$$I = 0,707 * h * I_u$$

Segundo Momento Polar Unitário de Área

Cartão de Recursos 3

Solda	Área de garganta	Localização de *G*	Segundo momento polar unitário de área
	$A = 0{,}70\ hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$
	$A = 1{,}41\ hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0{,}707h(b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$	$J_u = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$A = 0{,}707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$
	$A = 1{,}414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b+d)^3}{6}$
	$A = 1{,}414\ \pi hr$		$J_u = 2\pi r^3$

$$\boldsymbol{J = 0,707 * h * J_u}$$

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO APLICADO APÓS A ATIVIDADE DA BARRA DE MACACOS

Devolutiva da Disciplina (RP1)

*Obrigatório

1. **Disciplina** *
   Marcar apenas uma oval.
   - Elementos de Máquina
   - Engenharia Assistida por Computador
   - Programação Orientada à Objetos
   - Técnicas de Programação
   - Outro: _____

2. **Como você acredita que esta atividade lhe auxiliou no desenvolvimento de habilidades relacionadas ao trabalho em equipe?** *

3. **Como você acredita que esta atividade lhe auxiliou no desenvolvimento de habilidades técnicas relacionadas a sua área de atuação?** *

4. **Como você acredita que esta atividade lhe auxiliou no desenvolvimento de habilidades relacionadas a liderança de projetos?** *

5. **Como você acredita que esta atividade lhe auxiliou no desenvolvimento de habilidades relacionadas a compreender corretamente seu papel em uma equipe?** *

6. **Como você acredita que esta atividade lhe auxiliou no desenvolvimento de projetos?** *

7. **Descreva brevemente o que você aprendeu de novo?** *

8. **Pontos positivos das práticas em sala de aula** *

9. **Pontos negativos das práticas em sala de aula** *

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO APLICADO NO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE (CICLO 3)

Resolvendo Problemas do Mundo Real

Prezado(a) estudante,

Este questionário é parte de um estudo em desenvolvimento sobre metodologias ativas na educação em engenharia, elaborado por pesquisadores de pós-graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. As informações coletadas serão utilizadas exclusivamente para fins científicos, sendo mantido o seu anonimato (não pedimos o seu nome e não teremos como identificar quem é você).

Caso se recuse a participar, basta não preencher o questionário. Caso aceite preenchê-lo, entende-se que se sente devidamente informado e esclarecido sobre a finalidade e objetivos desta pesquisa, bem como sobre a utilização das informações exclusivamente para fins científicos. Caso tenha alguma dúvida, não hesite em perguntar ao professor André.

Para responder este questionário você precisará de cerca de 10 minutos.
Por favor, preencha-o com atenção e sinceridade.

Desde já agradecemos!

*Obrigatório

1. Informe o seu identificador único *
   - Ele deve ser alfanumérica e deve possuir pelo menos 8 caracteres

2. Descreva brevemente quais as suas principais motivações para participar de projetos inovadores e que busquem resolver problemas do mundo real. *

3. Como você considera seu nível de conhecimento a respeito destes temas de tecnologia? *

Para responder aos questionamentos que envolvem tecnologias e/ou linguagens de programação concorrentes, considere apenas a tecnologia/linguagem que você considera ter o maior nível de conhecimento. (Escala.: Não Conheço ~ Me considero Expert!) - ARRASTAR PARA VER TODAS AS OPÇÕES

Marcar apenas uma oval por linha.

	Não Conheço	Conhecimento Básico	Experiência Básica	Experiência Intermediária	Avançado	Me considero Expert!
Linguagens de Programação para desenvolvimento de Sistemas de Informação (Javascript)						
Linguagens de Programação para desenvolvimento de Sistemas de Informação (Python)						
Linguagens de Programação para desenvolvimento de Sistemas de Informação (PHP)						
Linguagens de Marcação para desenvolvimento de Sistemas de Informação (HTML)						
Linguagens de Programação para desenvolvimento de Sistemas de Informação (C#)						
Linguagens de Programação para desenvolvimento de Sistemas de Informação (Java)						
Linguagens de Programação para desenvolvimento de Sistemas de Embarcados (C/C++)						
Ferramentas para prototipação rápida (Exemplo - Desenho 3D)						
Desenvolvimento de Hardware: Raspbery Pi						

Desenvolvimento de Hardware: ESP8266						
Desenvolvimento de Hardware: Arduino (ATMega 328p)						
Modelagem de Desenhos 3D						
Linguagens de Programação para Engenharia (MatLab)						
Ferramentas para Análise de Dados (Excel)						

4. Como você considera seu nível de conhecimento a respeito destes termos? *
(Escala.: Não Conheço ~ Me considero Expert!) - ARRASTAR PARA VER TODAS AS OPÇÕES

Marcar apenas uma oval por linha.

	Não Conheço	Conhecimento Básico	Experiência Básica	Experiência Intermediária	Avançado	Me considero Expert!
Canvas de Modelo de Negócio (BMC)						
Canvas de Proposta de Valor (VPC)						
Design Thinking						
Jornada do Usuário						
MVP (Produto Mínimo Viável)						
Point-of-View (POV)						
Startup Garage Innovation						
Lean Startup						

5. Quão confiante você se sente com relação a: *

(Escala.: Nenhum pouco confiante ~ Muito Confiante!) - ARRASTAR PARA VER TODAS AS OPÇÕES

Marcar apenas uma oval por linha.

	Nenhum pouco confiante	Pouquíssimo confiante	Pouco confiante	Desenvolvendo estas competências	Confiante	Muito Confiante
H1 - Desenvolver uma solução para um problema do seu cotidiano						
H1 - Desenvolver uma solução para resolver o problema de algum conhecido ou familiar.						
H1 - Desenvolver uma solução para a sua comunidade						
H2 - Participar de um projeto que envolva pessoas com níveis de conhecimento maiores que o seu.						
H2 - Participar de um projeto em equipe						
H3 - Organizar metas para sua equipe de projetos						
H3 - Criar um cronograma e distribuir tarefas						
H3 - Tomar decisões em um projeto						
H3 - Mentorar colegas menos experientes na área de tecnologia						
H4 - Desenvolver soluções para problemas de engenharia/computação utilizando sensores e atuadores						
H4 - Desenvolver soluções para problemas de engenharia/computação utilizando internet das coisas e computação em nuvem						

H4 - Desenvolver soluções para problemas de engenharia/computação utilizando tecnologias Web						
H4 - Desenvolver soluções para problemas de engenharia/computação utilizando soluções com dispositivos móveis (Ex.: Android/iOS)						
H5 - Levantar requisitos com o usuário						
H5 - Compreender e estruturar problemas reais						
H5 - Criar uma startup, do "zero"						
H5 - Participar de uma startup						

APÊNDICE F – PROPOSTA PARA PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

Resolvendo Problemas do Mundo Real

Prezado(a) estudante,

Este questionário é parte de um estudo em desenvolvimento sobre metodologias ativas na educação em engenharia, elaborado por pesquisadores de pós-graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. As informações coletadas serão utilizadas exclusivamente para fins científicos, sendo mantido o seu anonimato (não pedimos o seu nome e não teremos como identificar quem é você). No entanto, sugerimos que você informe um identificador de pelo menos 8 dígitos, anote este identificador e utilize o mesmo no final do semestre. Não utilize nome e nenhum dado pessoal.

Exemplo de identificador: x21kfs4b

Caso se recuse a participar, basta não preencher o questionário. Caso aceite preenchê-lo, entende-se que se sente devidamente informado e esclarecido sobre a finalidade e objetivos desta pesquisa, bem como sobre a utilização das informações exclusivamente para fins científicos. Caso tenha alguma dúvida, não hesite em perguntar ao professor André.

Para responder este questionário você precisará de cerca de 10 minutos.
Por favor, preencha-o com atenção e sinceridade.

Desde já agradecemos!

almsantana@usp.br (não compartilhado) Alternar conta

*Obrigatório

Informe o identificador *
Lembre-se que ele deve ter ao menos 8 dígitos. Anote-o ao final do processo.

Sua resposta

Você é estudante de qual área? *

Escolher

Você é estudante de qual curso de graduação? *

Escolher

Qual semestre você está cursando? *
Cada período corresponde a um semestre

Escolher

Você já possuí alguma outra graduação? Caso sim, qual?

Escolher

Caso tenha marcado outras para a pergunta anterior, informar neste espaço:

Sua resposta

Qual a sua idade? *

Sua resposta

Descreva brevemente quais as suas principais motivações para participar de projetos inovadores e que busquem resolver problemas do mundo real. *

Sua resposta

Como você considera seu nível de conhecimento a respeito destes temas de tecnologia? *

Para responder aos questionamentos que envolvem tecnologias e/ou linguagens de programação concorrentes, considere apenas a tecnologia/linguagem que você considera ter o maior nível de conhecimento. (Escala.: Não Conheço ~ Me considero Expert!) - ARRASTAR PARA VER TODAS AS OPÇÕES

	Não Conheço	Conhecimento Básico	Experiência Básica	Experiência Intermediária	Avançado	Me considero Expert!
Linguagens de Programação para desenvolvimento de Sistemas de Informação (Ex.: Javascript, C#, Java, PHP)	○	○	○	○	○	○
Linguagens de Programação para Ciência de Dados e/ou tomada de decisão (Ex.: Python, R)	○	○	○	○	○	○
Linguagens de Programação para Mobile (Ex.: Swift, Kotlin, Java, Lua, C#, Javascript)	○	○	○	○	○	○
Tecnologias para simulação e otimização de processos (Ex.: Teoria das Filas, Pesquisa Operacional, Arena Simulation, FlexSim)	○	○	○	○	○	○
Tecnologias para simulação de sistemas de engenharia (Ex.: CAE, FEA, CFD)	○	○	○	○	○	○
Tecnologias para Aprendizagem de Máquina e Tomada de Decisão (Ex.: Tensorflow, Scikitlearn, Azure	○	○	○	○	○	○

Machine Learning Studio)						
Implantação de computação em nuvem (Ex.: AWS, Azure, Google Cloud)	○	○	○	○	○	○
Segurança de Sistemas de Informação e/ou servidores/nuvem (Ex.: Criptografia, Gestão de Risco, Blockchain)	○	○	○	○	○	○
Ferramentas para prototipação rápida e/ou manufatura aditiva (Ex.: Impressoras 3D, máquinas de corte a laser)	○	○	○	○	○	○
Micro(controladores/processadores) (Ex.: ATMega328, PIC, Raspberry, Caninos Labrador)	○	○	○	○	○	○
Sensores e Atuadores (Ex.: Sensores de temperatura, pressão, proximidade, captura de imagem, Motores, leds)	○	○	○	○	○	○
Módulos Wi-Fi para conectividade (Ex.: ESP8266, ESP32)	○	○	○	○	○	○
Tecnologias para conectividade de longa distância (Ex.: Sigfox, LoRa, NB-IoT, LTE-M)	○	○	○	○	○	○
Tecnologias para realidade aumentada (Ex.: Metaio, Vuforia, Wikitude, D'Fusion, ARToolKit, ARMedia)	○	○	○	○	○	○

Como você considera seu nível de conhecimento a respeito destes termos? *

(Escala.: Não Conheço ~ Me considero Expert!) - ARRASTAR PARA VER TODAS AS OPÇÕES

	Não Conheço	Conhecimento Básico	Experiência Básica	Experiência Intermediária	Avançado	Me considero Expert!
Canvas de Modelo de Negócio (BMC)	○	○	○	○	○	○
Canvas de Proposta de Valor (VPC)	○	○	○	○	○	○
Design Thinking	○	○	○	○	○	○
Pitch e Apresentação de Projetos	○	○	○	○	○	○
Jornada do Usuário	○	○	○	○	○	○
MVP (Produto Mínimo Viável)	○	○	○	○	○	○
Point-of-View (POV)	○	○	○	○	○	○
Startup Garage Innovation	○	○	○	○	○	○

Nem todas as atribuições técnicas foram contempladas nas perguntas anteriores. Neste sentido, como estudante especialista de outras Escolas, que conhecimentos e experiências você desenvolveu ao longo de sua formação e que você julga importante compartilhar conosco?

Conhecimento representa ter tido contato com algum tema/tecnologia/método ou ação e Experiência significa ter vivenciado o tema/tecnologia/método ou ação de forma prática.

Sua resposta

Você realizou ou fez parte de algum projeto? *

Considere projetos de sala de aula, graduação, trabalho, iniciação científica, extensão ou do seu cotidiano.

○ Sim

○ Não

Caso já tenha participado, descreva brevemente sua experiência neste projeto:

Sua resposta

Você já participou de projetos envolvendo pessoas de diferentes áreas (multidisciplinares, transdisciplinares ou interdisciplinares)? *

- ◯ Sim
- ◯ Não
- ◯ Não tenho certeza

Caso tenha respondido sim para a pergunta anterior: você percebeu algum impacto positivou e/ou negativo na idealização e concepção do projeto? Quais áreas foram envolvidas no projeto?

Sua resposta

Quão confiante você se sente com relação a: *
(Escala.: Nenhum pouco confiante ~ Muito Confiante!) - ARRASTAR PARA VER TODAS AS OPÇÕES

	Nenhum pouco confiante	Pouquíssimo confiante	Pouco confiante	Desenvolvendo estas competências	Confiante	Muito Confiante
H1 - Desenvolver uma solução para um problema pessoal	◯	◯	◯	◯	◯	◯
H1 - Desenvolver uma solução para resolver o problema de algum conhecido ou familiar.	◯	◯	◯	◯	◯	◯
H1 - Desenvolver uma solução que possa ser comercializada	◯	◯	◯	◯	◯	◯
H2 - Participar de um projeto que envolva pessoas com níveis diferentes de conhecimento.	◯	◯	◯	◯	◯	◯
H2 - Participar de um projeto que envolva pessoas com níveis de conhecimento maiores que o seu.	◯	◯	◯	◯	◯	◯
H3 - Gerenciar cronogramas e atribuir tarefas a outros colegas de equipe	◯	◯	◯	◯	◯	◯
H3 - Organizar ambientes de trabalho e atribuir checkpoints de projeto	◯	◯	◯	◯	◯	◯
H3 - Liderar uma equipe de projetos dentro da sua área de formação	◯	◯	◯	◯	◯	◯

H3 - Liderar uma equipe de projetos fora da sua área de formação	○	○	○	○	○	○
H3 - Mentorar colegas menos experientes na área de tecnologia	○	○	○	○	○	○
H4 - Desenvolver soluções para problemas de engenharia/computação utilizando sensores e atuadores	○	○	○	○	○	○
H4 - Desenvolver soluções para problemas de engenharia/computação utilizando internet das coisas e computação em nuvem	○	○	○	○	○	○
H4 - Desenvolver soluções para problemas de engenharia/computação utilizando tecnologias Web	○	○	○	○	○	○
H4 - Desenvolver soluções para problemas de engenharia/computação utilizando soluções com dispositivos móveis (Ex.: Android/iOS)	○	○	○	○	○	○
H5 - Compreender o problema, definindo estratégias para dialogar com o cliente e especificando as principais "dores" de um usuário	○	○	○	○	○	○
H5 - Transformar o problema do cliente em requisitos para a construção de uma solução	○	○	○	○	○	○
H5 - Participar de uma startup que resolva problemas utilizando tecnologia	○	○	○	○	○	○
H5 - Desenvolver uma startup que resolva problemas utilizando tecnologia	○	○	○	○	○	○
H6 - Apresentar os resultados de um projeto para pessoas do	○	○	○	○	○	○

seu circulo social						
H6 - Apresentar os resultados de um projeto para pessoas de sua universidade, incluindo professores e gestores	○	○	○	○	○	○
H6 - Apresentar os resultados de um projeto para pessoas desconhecidas (em um auditório)	○	○	○	○	○	○
H6 - Apresentar os resultados de um projeto em inglês	○	○	○	○	○	○

Enviar Página 1 de 1 Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este formulário foi criado em Universidade de São Paulo. Denunciar abuso

Google Formulários