



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

RODRIGO DE PAIVA CIRILO

**APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS À LUZ DA PERSPECTIVA STEM:
INTERVENÇÃO EM UMA TURMA DE ENGENHARIA**

RECIFE

2024

RODRIGO DE PAIVA CIRILO

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS À LUZ DA PERSPECTIVA STEM:
INTERVENÇÃO EM UMA TURMA DE ENGENHARIA

Trabalho de tese apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Brito Carneiro Leão

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a Ivoneide Mendes da Silva

RECIFE

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C578a Cirilo, Rodrigo de Paiva
Aprendizagem baseada em projetos à luz da Perspectiva STEM: intervenção em uma turma de engenharia / Rodrigo de Paiva Cirilo. - 2024.
188 f. : il.
- Orientador: Marcelo Brito Carneiro Leao.
Coorientador: Ivoneide Mendes da Silva.
Inclui referências e apêndice(s).
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, , Recife, 2024.
1. ensino de engenharia. 2. aprendizagem baseada em projetos. 3. STEM. 4. processo de design em engenharia. 5. NVivo. I. Leao, Marcelo Brito Carneiro, orient. II. Silva, Ivoneide Mendes da, coorient. III. Título

CDD

RODRIGO DE PAIVA CIRILO

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS À LUZ DA PERSPECTIVA STEM:
INTERVENÇÃO EM UMA TURMA DE ENGENHARIA

Trabalho de tese apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

Aprovado em: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Brito Carneiro Leão
Orientador – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Bruno Silva Leite
Avaliador Interno – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. David Gadelha da Costa
Avaliador Externo – Universidade Federal de Alagoas

Prof. Dr. Marcos Gomes Ghislandi
Avaliador Externo – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Ricardo Barbosa Bitencourt
Avaliador Externo – Instituto Federal do Sertão Pernambucano

AGRADECIMENTOS

A Deus, toda espiritualidade amiga, todos os santos e orixás que me acompanharam nessa jornada.

A minha família querida que torce e fortalece em todos os momentos. A minha mãe, D. Vera Paiva, meu irmão, Léo Paiva, junto com minha cunhada Natália Coutinho e meu sobrinho Benjamin. Sou muito grato pelo incentivo.

Sou muito grato a Família Ernesto, meus sogros Sr. João e D. Neves, os cunhados Janaina e Antônio José (Baçu), Janete e Manoel Pinto, João Marcos e Karina, sobrinhos Normando e João Miguel, por toda a torcida.

Aos meus tios, Simone e Márcio Paiva, a qual dedico meu empenho para orgulha-los. Aos meus primos Fellipe e Jéssica Paiva que tanto amo, sou muito grato por toda energia emanada.

Agradeço aos amigos de trabalho na Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco, principalmente à minha antiga gerente, Daniela Mello, por toda compreensão nos momentos de estudos. A minha grande amiga Ranússia Vasconcelos e ao meu grupo de todas as risadas: Jairo Rocha, João Mário, João Batista, Luciana Antunes, Jorge Alvarenga e Simone Paixão. A minha engenheira eletricista preferida Massíria Costa, minha companheira de percurso Mariângela Koch e a minha última gerente na SEDUC/PE, Maria Eduarda Xavier. Muito obrigado!

Aos meus colegas de banda, Carlos Underground, Túlio Falcão, Eduardo Torment e Daniel Farias pelo incentivo. Isso é Realidade!

A todos aqueles que formam a Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho - UACSA/UFRPE, em especial meus amigos bascuís que acompanham minha luta desde 2016: Ana Cláudia, Grazy, Gisele, Letânia, Nilson, Marcos, Miguel e Yana.

A toda equipe do PPGEC/UFRPE pela acolhida e paciência na difícil tarefa da minha formação enquanto professor-pesquisador.

A minha turma de doutorado que, por força das circunstâncias, teve que seguir o curso sem que houvesse uma convivência maior entre nós. Ainda assim, mesmo com uma relação distante, nutro profundo respeito e admiração por todos e todas.

Sou grato demais a presença e força dada pelas minhas queridas amigas de sala Ana Carolina, Alessandra, Andressa e Sílvia em todos os momentos de conversas motivacionais, mesmo que tenham sido de forma remota. Só nós sabemos o que passamos nessa jornada e vocês foram incríveis comigo.

Ao meu orientador, Prof. Marcelo Leão, que teve a dura tarefa de gerir uma universidade em tempos de pandemia e, na maior parte do tempo, com um inimigo da educação enquanto presidente da república. Estendo os agradecimentos ao Prof. Gabriel Rivas, por ter acreditado em mim e ser o grande mentor da minha qualificação profissional.

De maneira especial, agradeço com muito carinho a Profa. Ivoneide Mendes, minha co-orientadora, por ser um exemplo de cuidado no acompanhamento das atividades de seus orientandos. Eu nunca vou esquecer de toda ajuda! Obrigado, professora.

E por fim, sou de todo agradecido a minha esposa Jacque Ernesto e meu filho Olavo Cirilo por estarem comigo na caminhada mais desafiadora da minha vida. Eu amo vocês!

Modernizar o passado
É uma evolução musical
Cadê as notas que estavam aqui
Não preciso delas!
Basta deixar tudo soando bem aos ouvidos
O medo dá origem ao mal
O homem coletivo sente a necessidade de lutar
o orgulho, a arrogância, a glória
Enche a imaginação de domínio
São demônios, os que destroem o poder bravio da humanidade
Viva Zapata!
Viva Sandino!
Viva Zumbi!
Antônio Conselheiro!
Todos os panteras negras
Lampião, sua imagem e semelhança
Eu tenho certeza, eles também cantaram um dia.

Monólogo ao pé do ouvido
Chico Science e Nação Zumbi

RESUMO

As diretrizes curriculares para os cursos de engenharia, em vigor desde o ano de 2019, trouxeram o desejo de um perfil diferenciado para os egressos, cabendo-lhes uma formação onde a centralidade dos processos de ensino e aprendizagem seja focada no estudante, aproximando-os das demandas atuais do setor produtivo e de questões atuais para a vida em sociedade. O objetivo desta pesquisa busca compreender quais os limites e potencialidades de uma intervenção em sala de aula, tendo como estratégia a aprendizagem baseada em projetos, fundamentada pela Perspectiva STEM, cuja implementação se deu segundo as etapas delimitadas pelo processo de design em engenharia. Trata-se de uma investigação de cunho exploratório, qualitativo e que teve como procedimentos metodológicos para construção e condução os estudos de caso. Para a análise dos dados, recorreu-se ao programa NVivo, cujas inferências são inspiradas, com certas adaptações, aos ditames da análise de conteúdo. A composição dos instrumentos de coleta de dados é formada por uma entrevista de grupo focal com representantes dos grupos participantes da intervenção e pelos Painéis Conceituais, tipo de infográfico elaborado pelos estudantes da disciplina de Tópicos de Engenharia, componente curricular do segundo período do curso de Engenharia Eletrônica da UFRPE / UACSA. Houve ainda uma avaliação dos projetos em relação às áreas do STEM, realizada pelo professor sob a orientação de uma tabela de rubricas. Os resultados indicaram que, apesar da fragilidade em relação à matemática, houve integração entre as áreas STEM durante o percurso do projeto e os estudantes reconhecem esse tipo de intervenção como proveitosa para o ensino da engenharia, principalmente em relação a aspectos voltados ao perfil profissional da abordagem, a oportunidade de realizar tarefas práticas, ao viés de preparação para a montagem dos circuitos eletrônicos, a divisão das tarefas entre os membros dos grupos e ao planejamento das atividades para o desenvolvimento dos projetos. Espera-se que esta investigação motive outras pesquisas que venham a calibrar os trabalhos acerca dos conteúdos matemáticos e alavanque proposições como a inserção das artes para uma intervenção em STEAM e outras estratégias para o momento da concepção de soluções dos projetos.

Palavras-chave: ensino de engenharia, aprendizagem baseada em projetos, STEM, processo de design em engenharia, NVivo

ABSTRACT

The curricular guidelines for engineering courses, in force since 2019, brought the desire for a differentiated profile for graduates, centralizing the teaching and learning processes on the student and bringing them closer to the current demands of the productive sector and current issues for life in society. The objective of this research seeks to understand the limits and potential of an intervention in the classroom using project-based learning as a strategy based on the STEM Perspective, whose implementation followed the steps delimited by the engineering design process. This is an exploratory and qualitative investigation, which used methodological procedures for constructing and conducting case studies. To analyze the data, we used the NVivo program, whose inferences are inspired, with certain adaptations, by the dictates of content analysis. The composition of the data collection instruments is formed by a focus group interview with representatives of the groups participating in the intervention and by Conceptual Panels, a type of infographic created by students of the Engineering Topics discipline, a curricular component of the second period of the Engineering course. Electronics from UFRPE / UACSA. There was also an evaluation of the projects in relation to the STEM areas, carried out by the teacher under the guidance of a table of rubrics. The results indicated that, despite the weakness in relation to mathematics, the integration between STEM areas during the project's course can be verified, and students recognize this type of intervention as useful for teaching engineering, especially in relation to aspects focused on the professional profile of the approach, the opportunity to carry out practical tasks, the preparation for assembling electronic circuits, the division of tasks between group members and the planning of activities for the development of projects. It is hoped that this investigation will motivate other research that will calibrate the work on mathematical content and leverage propositions such as the inclusion of arts for an intervention in STEAM and other strategies when designing project solutions.

Keywords: engineering education, project-based learning, STEM, engineering design process, NVivo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Engineering Design Process	p. 42
Figura 2 – Estruturação das interações STEM	p. 83
Figura 3 – Painel Conceitual (infográfico)	p. 97
Figura 4 – Modelo do Gráfico de Radar	p. 107
Figura 5 – Capa da Ficha de Projeto	p. 113
Figura 6 – Tela do Tinkercad	p. 115
Figura 7 – Montagem dos palcos para a estrutura de iluminação	p. 117
Figura 8 – Nuvem de palavras para a definição de luz	p. 123
Figura 9 - Árvores de palavras para conceitos luminotécnicos	p. 123
Figura 10 – Nuvens de palavras para a entrevista de grupo focal	p. 152
Figura 11 – Mapa de relacionamento entre os códigos	p. 159
Figura 12 – Códigos em cluster por similaridade de codificação	p. 160

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Pesquisas levantadas no Banco de Teses da CAPES	p. 47
Gráfico 2 – Níveis de ensino onde o PjBL foi aplicado	p. 48
Gráfico 3 – Quantidade de publicações coletadas	p. 52
Gráfico 4 – Seleção dos trabalhos	p. 53
Gráfico 5 – Quantitativos por categoria para a RSL	p. 55
Gráfico 6 – Idades dos participantes	p. 96
Gráfico 7 – Marcas para o grupo Frevo	p. 136
Gráfico 8 – Marcas para o grupo Rock	p. 137
Gráfico 9 – Marcas para o grupo MPB	p. 138
Gráficos 10 – Marcas para os grupos Forró e Brega	p. 139
Gráfico 11 – Marcas para o grupo Música Eletrônica	p. 140
Gráfico 12 – Marca Resultantes	p. 142

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dimensões para os projetos de sala de aula	p. 36
Quadro 2 - Compatibilidade entre etapas do projeto	p. 40
Quadro 3 – Caracterização dos assuntos para a RSL	p. 54
Quadro 4 – Atributos para atividades em STEM	p. 86
Quadro 5 – Consolidação das características para as áreas STEM	p. 89
Quadro 6 – Rubrica de avaliação dos projetos segundo as áreas STEM	p. 99
Quadro 7 – Perguntas realizadas na entrevista de Grupo Focal	p. 101
Quadro 8 – Matriz de Coerência Interna	p. 106
Quadro 9 – Atividades da Intervenção segundo a EDP	p. 110
Quadro 10 – Plano de Ensino para Tópicos de Engenharia Eletrônica 2	p. 111
Quadro 11 – Avaliação dos grupos	p. 137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Codificação	p. 120
Tabela 2 - Sentimentos em relação aos conceitos codificados	p. 122
Tabela 3 - Referências extraídas para o STEM	p. 135
Tabela 4 - Categorias emergentes	p. 156
Tabela 5 - Cruzamento STEM x Categorias Emergentes	p. 158

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABENGE - Associação Brasileira de Educação em Engenharia

ABET - Accreditation Board for Engineering and Technology

Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CDIO - Conceiving (Conceber), Designing (Projetar), Implementing (Implementar), Operating (Operar)

CTS - Ciência - Tecnologia - Sociedade

COBENGE - Congressos Brasileiros de Educação em Engenharia

CNE/CES - Conselho Nacional de Educação / Câmara De Educação Superior

CNI - Conferência Nacional da Indústria

DCN - Diretrizes Curriculares Nacionais

EDP - Engineering Design Process

EUA - Estados Unidos da América

IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers

IES - Instituições de Ensino Superior

IJEE - International Journal of Engineering Education

I-STEM - Integrated STEM Education

MEI - Mobilização Empresarial pela Inovação -

MIT – Massachusetts Institute of Technology

NAAtiva - Núcleo de Aprendizagem Ativa

NdC - Natureza da Ciência

NdE - Natureza da Engenharia

NdM - Natureza da Matemática

NdT - Natureza das Tecnologias

NEET - New Engineering Education Transformation

NSF - National Science Foundation

PjBL - Project-based Learning

PMI - Project Management Institute (PMI®)

PUC - Pontifícia Universidade Católica

RSL - Revisões Sistemáticas de Literatura

STEM - Science (Ciência), Technology (Tecnologia), Engineering (Engenharia),
Mathematics (Matemática)

STEAM - Science (Ciência), Technology (Tecnologia), Engineering (Engenharia),
Arts (Artes) e Mathematics (Matemática)

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UACSA - Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho

UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco

URSS - União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	18
Objetivo geral.....	26
Objetivos específicos.....	26
CAPÍTULO 1 – APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS.....	29
1.1. CONCEITUANDO A APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS.....	31
1.1.1 Caracterização do PjBL.....	33
1.1.2 Classificação dos projetos.....	35
1.1.3 Etapas de projetos.....	38
1.2. PJBL NA PRÁTICA: ALGUNS EXEMPLOS DE APLICAÇÃO.....	43
1.3. PANORAMA DE APLICAÇÃO DO PJBL EM CURSOS DE ENGENHARIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	47
1.3.1 Catálogo de teses e dissertações da Capes.....	47
1.3.2 Revisão Sistemática de Literatura - Portal de Periódicos Capes.....	51
CAPÍTULO 2 - PERSPECTIVA STEM.....	62
2.1 BREVE HISTÓRICO: ECONOMIA E GUERRA TECNOLÓGICA.....	62
2.2 CONCEITUANDO STEM.....	67
2.2.1. O processo de design em engenharia no STEM Project-based Learning	70
2.3 CRÍTICAS AO STEM.....	73
2.4 ESTRUTURAÇÃO STEM.....	78
2.5 PROPOSTA DE ARRANJO PARA A INTERVENÇÃO.....	88
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA.....	91
3.1. ENQUADRAMENTO INVESTIGATIVO.....	91
3.1.1. Natureza da pesquisa.....	92
3.1.2. Abordagem de pesquisa.....	93
3.2. CAMPO DE ESTUDO E SUJEITOS INVESTIGADOS.....	95
3.3. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	97
3.3.1. Coleta e elaboração de documentos.....	98

3.3.2. Entrevista de Grupo Focal.....	101
3.4. ANÁLISE DOS DADOS.....	103
3.5. MATRIZ DE COERÊNCIA INTERNA.....	106
3.6. A INTERVENÇÃO.....	110
3.6.1 Implementação: descrevendo o caso.....	113
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS DADOS.....	120
4.1. COMPREENDENDO O FLORESCER DA INTEGRAÇÃO STEM.....	120
4.1.1. Lançando olhares sobre os conceitos oriundos dos painéis.....	121
4.1.2. Entrevista de grupo focal.....	128
4.1.3. Usando o NVivo para codificação da entrevista.....	130
4.1.4. Diagnóstico dos grupos.....	137
4.1.5. Síntese: explicando a mobilização dos conceitos STEM.....	145
4.2. EXAMINANDO AS CONTRIBUIÇÕES DO PJBL PARA O ENSINO DA ENGENHARIA.....	147
4.2.1. Impressões discentes sobre a intervenção.....	148
4.2.2. Redirecionando os olhares para a análise de outras categorias.....	152
4.2.3. Reunião de evidências para apontar os limites e potencialidades do STEM Project-based learning.....	158
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	165

INTRODUÇÃO

O mundo do trabalho vem passando por mudanças que incutem, entre as funções laborais, o manejo com tecnologias que se permitem constantes atualizações, haja vista a velocidade com que materiais, processos e artefatos são desenvolvidos, interferindo de forma significativa na produtividade. Tal fato é refletido de maneira dramática nos aspectos sociais, ambientais e econômicos, incidindo nos processos educacionais para quaisquer níveis de ensino.

Essa constatação tem implicações das mais variadas possíveis, reverberando na construção de políticas públicas em educação, na concepção de escola, na organização curricular, na formação de professores e na preparação de materiais didáticos, uma vez que o foco das intervenções deverá espelhar o contexto descrito anteriormente, suprimindo o modelo onde o professor explana o conteúdo e afere a aprendizagem por meio de exames, estimulando iniciativas que localiza o estudante no centro do processo, tornando-os corresponsáveis pela construção dos seus próprios conhecimentos.

A modernização do saber docente visa, ainda, a inclusão do aparato tecnológico disponível entre o rol de ferramentas e possibilidades para as ações em sala de aula, seja para a exposição animada de um assunto, a imersão em um jogo didático, a alocação de conteúdos em um repositório online e até o controle e monitoramento de acessos ao ambiente virtual, das notas e da frequência discente.

Capote León et al. (2016) caracteriza o ensino desejado para a área em tela como sendo colaborativo e interativo, tendo como prática docente a interação com problemas reais e a consequente busca por soluções em seu próprio ambiente social. Em particular, este trabalho de tese pesquisou uma proposição onde estudantes dos períodos iniciais de um curso de engenharia planejam, concebem e constroem os produtos, aprendendo e aplicando conceitos durante um projeto.

No intuito de averiguar quais as características estruturais e pedagógicas que se fazem presentes nas escolas de referência em ensino de engenharia em todo o mundo, um estudo minucioso fora realizado pelo Massachusetts Institute of Technology - MIT, através de um programa iniciado em 2016 denominado New Engineering Education Transformation – NEET para levantar o estado da arte atual

para o ensino na área em questão, resultando no documento *The global state of the art in engineering education* (2018).

A primeira parte das investigações dedicou-se em buscar quais seriam as universidades que poderiam ser caracterizadas como referência em ensino de engenharia, como também aquelas que indicassem uma potencialidade em atingir esse nível de excelência, a partir do estabelecimento de três pilares fundamentais: abordagem educacional apoiada na síntese e inovação do design, uso de abordagens pedagógicas modernas e uma estrutura que correspondesse aos desafios da engenharia no século em curso.

Entre as cinco primeiras escolas apontadas como de referência em ensino de engenharia, as três primeiras são estadunidenses (Olin College, MIT e Stanford University), e as outras duas são a Aalborg University, na Dinamarca, e a TU Delft, nos Países Baixos. Entre os dados apresentados no estudo, somente uma universidade de toda a América Latina é citada: a PUC do Chile foi enquadrada como de potencial emergente. O documento listou quais são as características pedagógicas presentes nessas intuições (Graham, 2018):

- Possibilidades para que os alunos se envolvam em atividades de pesquisa;
- Presença em atividades extracurriculares;
- Espaços para aprendizagem prática e experimental em todo o currículo;
- Aplicação do design centrado no usuário;
- Capacidade de aprendizado online;
- Parcerias com o setor produtivo para o estabelecimento dos currículos e linhas de atuação em pesquisas no setor.

Uma das universidades citadas no estudo do MIT é a TU Delft que, de maneira geral, contempla em sua prática cotidiana os apontamentos acima listados. Mais uma vez, é importante reiterar, ainda, como essas universidades estabelecem a correlação entre os ensinamentos próprios da engenharia com as demandas da sociedade nos dias atuais. O percurso de aprendizagem durante o curso deve possibilitar que os estudantes venham a

aprender como vincular ciência e engenharia às necessidades da sociedade e como comunicar isso ao público. A maioria dos engenheiros de hoje trabalha na indústria e em institutos de pesquisa e raramente interage individualmente com pessoas que se beneficiam diretamente de seus

produtos ou serviços, ao contrário, por exemplo, de médicos, advogados e professores (Kamp, 2016, p. 21).

É importante ressaltar como a ideia de aplicação do design centrado no usuário coaduna com a observação de Kamp (2016). E para que os cidadãos percebam mais efetivamente os impactos das obras de engenharia, é imprescindível que a formação do profissional engenheiro se desloque do ato isolado de projetar para sua imersão no contexto e a necessidade tanto de enxergar as demandas atuais do mercado, como de estar alinhado com os objetivos estratégicos de desenvolvimento de um país (Cardoso, 2020).

Tendo como objetivo principal aproximar as ações em sala de aula das necessidades da sociedade atual, surgem novas demandas atreladas tanto às tecnologias acessíveis à população, como no entendimento das relações sociais e de trabalho do mundo de agora, acarretando em uma pretensa modernização do ensino neste campo de atuação.

A culminância dos debates que tensionaram uma guinada mais explícita para que outro paradigma viesse a ser considerado nos cursos de engenharia estão visíveis nos dois últimos documentos oficiais, as Diretrizes Curriculares Nacionais – DCNs para os cursos de engenharia, de tal sorte que sugerem uma mudança paradigmática no saber-docente, sendo o antigo promulgado em 2002 e o texto atual no ano de 2019.

Ainda de forma discreta, a antiga resolução já direcionava a formação do engenheiro a partir de uma perspectiva que se empreenda o caráter humanístico, crítico e reflexivo, indicando ainda que as soluções na engenharia contemplem as dimensões ambientais, sociais, econômicas, políticas e culturais (Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002). Esses entendimentos nortearam a composição dos projetos pedagógicos da maioria dos cursos que hoje estão em funcionamento no país, onde se observa a inserção de disciplinas com essas características, sem que houvesse uma preocupação em tratar essas temáticas de maneira transversal.

Quase vinte anos mais tarde, uma nova redação para as diretrizes curriculares veio a reestruturar as orientações de outrora, absorvendo considerações sob a forte influência das discussões ocorridas nos últimos Congressos Brasileiros de Educação em Engenharia – COBENGE, que acontecem com periodicidade

anual. É importante ressaltar que o resultado das seções dirigidas desses eventos são publicados como livros virtuais organizados pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia – ABENGE.

Em um estudo comparativo entre as DCN's, Oliveira (2019) faz um levantamento onde cada artigo das duas resoluções é analisado e comparado, no intuito de serem estabelecidos os contrastes entre a versão anterior e o novo documento, chegando às seguintes conclusões:

- i. A nova versão da DCN prioriza a elaboração dos projetos pedagógicos dos cursos a partir de uma concepção de curso que privilegie o desenvolvimento de competências, em detrimento a uma formulação que se apoie nos conteúdos;
- ii. O documento atual descreve e amplia o conjunto de atividades de aprendizagem ao longo do curso, dando ênfase àquelas que articulem a teoria e a prática, mediadas pelo contexto;
- iii. Os projetos pedagógicos dos cursos devem contemplar competências para a atuação dos egressos em três campos, que são o operacional-inovador, o empreendedor e o docente;
- iv. As atividades em sala de aula devem seguir aportes didáticos que deem conta das características anteriormente descritas, onde se estimula a adoção de metodologias ativas de ensino e aprendizagem.

Os perfis apresentados no item iii da lista acima propõe, como novidade, que os egressos em cursos de engenharia estejam mais próximos de aspectos ligados à inovação tecnológica e ao empreendedorismo, influenciada majoritariamente pela Mobilização Empresarial pela Inovação - MEI, grupo constituído por grandes empresas brasileiras e coordenado pela Conferência Nacional da Indústria - CNI (Casseiro e Henrique, 2020), incutindo de vez a temática do empreendedorismo entre os engenheiros.

As relações de compra e venda, lucro e juros são antigas e ultrapassam ideologias, estando presente no dia a dia das pessoas. No entanto, empreender em engenharia deve significar uma atividade que esteja a serviço do desenvolvimento econômico do país e melhoria de vida da população. Aravena-Reyes (2021) advoga

que, como forma de contemplar as temáticas ambiental e psicossocial na engenharia, estimule-se

uma sólida formação social (por exemplo, considerando o desenvolvimento da empatia) que permita criar condições de emergência para a inventividade engenheiril, de modo a criar novos objetos técnicos capazes de potencializar todos os potenciais territórios existenciais que podem surgir nos próximos tempos. (p 157).

Um segundo perfil, diferente daquele instituído para o engenheiro que opera sistemas e elabora projetos, aproxima o egresso da docência. Para tal, será necessário oportunizar que, ainda durante o processo de formação, os estudantes possam estar familiarizados com um repertório de possibilidades para a instrução que ultrapassem o método expositivo e se dediquem a implementar métodos que tragam o aluno para o centro do processo de aprendizagem.

De acordo com os itens elencados, um ensino de viés tecnicista, conforme os moldes tradicionais, contrasta com a proposição sugerida nas novas diretrizes curriculares, o que é suficiente para apontar que o ensino da engenharia precisa ser remodelado, buscando uma proposta que torna o estudante o centro do processo de ensino e aprendizagem, o que vem sendo realizado através da utilização de metodologias ativas.

Para que seja montado um panorama sobre a utilização das metodologias ativas no ensino da engenharia, os estudos de Daciolo (2022) são uma oportunidade de visualizar aquelas que vêm sendo utilizadas e divulgadas no COBENGE, tendo como foco os relatos de experiência na Engenharia Civil. Após a mineração dos artigos, detectou-se que aproximadamente 57% dos trabalhos selecionados descrevem experiências para abordagens em Aprendizagem por Problemas e Aprendizagem por Projetos.

A tendência pela elaboração de projetos enquanto possibilidade para o ensino de engenharia se consolida nas atuais DCNs, estimulando nominalmente o emprego dos projetos interdisciplinares e trazendo como novidade uma compreensão mais acurada sobre a necessidade dos usuários no desenvolvimento dos produtos, haja vista que as obras construídas pela engenharia impactam o ambiente e repercutem sobre fatores pessoais e sociais (Oliveira, 2019).

A ênfase nos projetos é latente ao ponto de provocar uma mudança na nomenclatura das atividades finais dos cursos, abandonando o termo “Trabalho” e

utilizando a denominação “Projeto Final de Curso”. Esta alteração promove uma roupagem diferente ao que é realizado nas Instituições de Ensino Superior – IES, sendo mais uma oportunidade para o estudante “demonstrar a capacidade de articulação das competências inerentes à formação do engenheiro” (Brasil, 2019, p. 5).

No que diz respeito ao desenrolar das atividades e concepções de produtos elaborados pelos estudantes de engenharia, as DCN’s apontam para um avanço em duas dimensões. A primeira incorpora o humano, seus desejos e percepções, desde a fase da busca das soluções para o projeto até a entrega definitiva do produto. O outro viés recai sobre a formação de um engenheiro que esteja mais próximo daqueles que terão a experiência com o produto desenvolvido, ouvindo-os e buscando devolutivas para aperfeiçoamento.

Foi justamente com a perspectiva delineada anteriormente que os cursos de engenharia da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE foram idealizados e concretizados em um novo campus da universidade, localizado no Cabo de Santo Agostinho. O município, situado na região metropolitana do Recife, mas que serve como pólo aglutinador das cidades que pertencem à região Zona da Mata Sul do estado, possui uma grande concentração de indústrias e se notabiliza por estar próxima de onde funciona o Complexo Industrial Portuário de Suape.

A UFRPE escolheu implantar os cursos de engenharia nesta cidade motivada pela possibilidade de interlocução com o setor produtivo no entorno da região, formando profissionais que possam servir tanto às empresas que compõem o Complexo de Suape como às vocações de cada uma das cidades que compõem a Mata Sul, contribuindo para o desenvolvimento econômico e tecnológico local.

Buscando fornecer aos alunos da universidade uma formação mais próxima às necessidades do mercado local, a matriz curricular dos cinco cursos ofertados (engenharias civil, eletrônica, mecânica, de materiais e elétrica) conta com quatro disciplinas obrigatórias, dispostas ao longo do curso, voltadas exclusivamente ao trabalho com projetos de cunho interdisciplinar, chamadas Tópicos de Engenharia. A **aprendizagem baseada em projetos** (tradução para o termo *project-based learning* e inspiração para a sigla PjBL, que será adotada neste texto) é a abordagem didática que orienta as ações em sala de aula nas disciplinas supracitadas, após

uma formação ministrada pelo Professor Rui Lima, da Universidade do Minho, no ano de 2015.

Com duração de uma semana e carga horária total de 20 horas, a estratégia foi apresentada em seus aportes teóricos e práticos. Entre os estudos, foi possível simular o ambiente de projetos por meio da participação em desafios construtivos, como também idealizar um planejamento para uma disciplina que viesse a implementar a abordagem, deixando claro prazos, conteúdos e objetivos a serem alcançados.

O professor e autor desta tese realiza seu exercício docente nas disciplinas de **Tópicos de Engenharia** para os cursos de Engenharia Elétrica e Eletrônica, e adotou como prática docente o PjBL desde a referida formação, o que engloba o planejamento das atividades, a mediação do conhecimento com o estudante e a proposta avaliativa. A abordagem foi a temática central dos seus estudos na pesquisa de mestrado e repetiu-se nesta ocasião para o doutorado.

Para subsidiar as ações em cada aplicação do PjBL, o professor-autor em tela segue as proposições de Kokotsaki, Menzies e Wiggins (2016), em publicação que sumariza as recomendações para o sucesso na execução da abordagem, aferidas após a realização de revisão de literatura sobre a aplicação do PjBL nos vários níveis de escolaridade. Ao final da explanação, os autores anunciaram como necessário(a):

- i. apoiar efetivamente os alunos, como também promover o suporte teórico e estrutural aos professores para o desenvolvimento das atividades;
- ii. prezar pela autonomia dos estudantes no percurso das atividades, dosando a instrução didática e o método de trabalho investigativo;
- iii. a busca de níveis iguais de envolvimento entre os estudantes para a realização de um trabalho em equipe eficaz;
- iv. acompanhar e avaliar o processo e os produtos, assim como proporcionar a reflexão através da autoavaliação e a avaliação entre os pares.

O acúmulo adquirido com a aplicação da abordagem trouxe algumas inquietações, sendo uma delas a forma como os conhecimentos em ciências e matemática são mobilizados, empreendidos e reconhecidos nas fases constituintes

dos projetos. Para efeitos neste trabalho de tese, houve a iniciativa de incrementar o PjBL com uma abordagem de ensino que apontasse nessa direção, sendo o STEM a proposta compatível encontrada.

Tal perspectiva pode ser compreendida como um acrônimo formado pela integração entre as áreas Science (Ciência) – Technology (Tecnologia) - Engineering (Engenharia) - Mathematics (Matemática), formando um novo campo onde, nas aulas de ciências e/ou matemática do ensino básico (fundamental e médio), um problema em engenharia seria resolvido por meio do aparato tecnológico compatível com a idade e nível de instrução escolar do estudante.

Bybee (2013) sentencia o acrônimo como um slogan, e aponta que o propósito da proposta é a aplicação de conceitos e práticas básicas das disciplinas que compõem o STEM nas situações da vida cotidiana, enquanto Prado e Silva (2020) destacam que o objetivo é levar “os alunos a se envolverem em soluções de problemas reais de forma multidisciplinar através de atividades-desafios relacionados a estas quatro esferas do conhecimento: Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática” (p. 4).

Uma análise das linhas escritas até aqui fornece subsídios para que se visualize uma convergência entre as Diretrizes Curriculares, o PjBL e a Educação STEM, haja vista entenderem que as aulas em engenharia devem tornar-se um ambiente dinâmico, que contraste com a pedagogia tradicional da área baseada no *chalk and talk* (giz e conversa), a usual aula expositiva onde se usa, predominantemente, o quadro e a explanação verbal (Connor, Karmokar e Whittington, 2015), e que venha a proporcionar um espaço para a promoção da criatividade, inovação e manipulação de componentes e ferramentas para a construção de produtos.

Dado o cenário, este trabalho de tese propôs-se a investigar as peculiaridades de uma sequência de atividades inspirada nos anseios epistemológicos contidos nas atuais DCN's para os cursos de engenharia, onde a Aprendizagem Baseada em Projetos veio a ser fundamentada pela Perspectiva STEM, no sentido de nortear a tomada de decisão em relação ao planejamento, processo e escolha das atividades propostas.

Considerando, ainda, que os aportes teóricos dialogam entre si, as atenções voltaram-se à compreensão de aspectos relacionados a pacificação entre as áreas de conhecimento envolvidas no projeto e aos atributos pessoais desenvolvidos no percurso, possibilitando a formatação da questão de pesquisa: *como se manifesta a integração entre as áreas STEM ao longo de um processo de aprendizagem baseada em projetos, implementada em uma disciplina do curso de engenharia?*

A miscelânea teórica mostrada precisa ser observada, no intuito de compreender como todas essas orientações emergem na trajetória do projeto, identificando assim as contribuições de cada aporte teórico em relação à experiência, como também perceber as situações onde o planejamento e/ou a ação docente deixou de atingir a finalidade para a qual foi indicada.

No que concerne aos conceitos científicos e matemáticos, a expectativa é que possam contribuir para a mediação das discussões sobre as definições de projeto, como também sejam balizadores para o dimensionamento das grandezas elétricas envolvidas e dos dispositivos que serão utilizados nos circuitos eletrônicos elaborados. A observância desses fenômenos ao longo da realização dos projetos podem se constituir em evidências que atestem a aplicação dos conceitos em contexto real, sendo esta a hipótese a ser verificada pela investigação em curso.

A tratativa das premissas acima pautadas requer o desdobramento da pesquisa em pontos que auxiliem na compreensão dos eventos, o que configura a série de objetivos expressos a seguir:

Objetivo geral

Analisar os limites e potencialidades da perspectiva STEM em uma intervenção orientada pela aprendizagem baseada em projetos quando aplicada em uma turma do curso de engenharia.

Objetivos específicos

- i. Analisar a mobilização das possibilidades tecnológicas e dos conceitos científicos e matemáticos nas etapas da intervenção do projeto;
- ii. Examinar a manifestação dos atributos inerentes a aprendizagem baseada em projetos que emergem da experiência;

iii. Compreender como os estudantes avaliam a estratégia PjBL implementada enquanto proposta para o ensino da engenharia;

Entender as interfaces que levarão a articulação entre o STEM e o PjBL deverá possibilitar a nítida visualização das características de cada uma das áreas do conhecimento na intervenção, seja em relação aos conteúdos científicos e tecnológicos trabalhados, seja pela identificação e influência destes na construção dos produtos.

Dado que a investigação terá como foco o processo, serão buscadas evidências que expliquem a integração entre as duas abordagens didáticas, relatando aproximações e apontando possíveis complementaridades. A maneira como os estudantes transitam em cada uma das atividades do projeto é de suma importância para esta pesquisa, bem como o cuidado em perceber como a intervenção reforça o interesse pela engenharia, seus métodos e aplicações na sociedade

Analisar o processo na qual os estudantes mobilizam os conceitos e constroem produtos definem a poligonal de abrangência deste estudo. Por consequência, alguns assuntos foram renunciados e dizem respeito a investigações mais aprofundadas no que tange a apreensão de conceitos, o desenvolvimento cognitivo individual, o detalhamento dos processos de criação das soluções pelo grupo de estudante e, por fim, a dinâmica envolvida na construção dos produtos.

O conjunto de proposições enlaçadas por esta tese deverá subsidiar um mergulho profundo na forma como os projetos interdisciplinares são trabalhados no ensino de engenharia, fornecendo uma visão obtida por um engenheiro (e autor da tese) que se prestou a conhecer e assimilar os aportes já consolidados da pedagogia e didática no intuito de desenvolver sua prática docente em engenharia.

Certamente, esse estudo poderá contribuir para uma aproximação mais frutífera entre pesquisadores do ensino das ciências, da matemática e das áreas voltadas à tecnologia de modo geral, pavimentando um caminho possível para que cada vez mais docentes, principalmente no ensino da engenharia, possam se interessar pela área e experimentem a abordagem, com embasamento teórico e metodológico, no percurso das suas aulas.

Este trabalho de tese está dividido em cinco capítulos. Entendimentos basilares sobre a **aprendizagem baseada em projetos**, como definições para a abordagem, principais características, papel do professor e do aluno para a estratégia, como também os tipos e etapas serão discutidas no primeiro capítulo deste material. Complementa a seção uma revisão sistemática para o PjBL no ensino da engenharia, no intuito de ilustrar as lacunas epistemológicas da área.

O **segundo capítulo** delimita a compreensão da **Educação STEM**, através de uma breve contextualização do surgimento da iniciativa, passando pela consolidação do movimento nos variados níveis de ensino, e culminando em uma proposta de estruturação para a implementação de uma intervenção em STEM, onde foram definidos os objetivos didáticos para cada uma das áreas da abordagem.

O **terceiro capítulo** está dedicado à exposição da **metodologia** utilizada nesta pesquisa, momento onde apresentaram-se os os tipos de pesquisa, os instrumentos e momentos de coleta dos dados, como também considerações sobre o software NVivo, ferramenta utilizada para manuseio, codificação, relacionamento entre categorias e interpretação dos dados.

O **quarto capítulo** destina-se a **apresentar e discussão dos dados** coletados na intervenção proposta, onde foram examinadas as produções dos alunos em cada uma das atividades de projeto, seguido de uma inferência sobre a forma como as tarefas solicitadas contribuíram para o objetivo didático definido, finalizando a seção com a análise das impressões discentes sobre o processo de concepção e construção dos produtos.

Encerrando a parte textual desta pesquisa, as **considerações finais** trazem um apanhado de observações sobre todo o processo investigativo, discutindo as questões de pesquisa e anunciando a comprovação ou refutação da tese enunciada. Serão destacadas, ainda, as possíveis contribuições para a área de investigação e as sugestões para trabalhos futuros.

Boa leitura a todos e todas.

CAPÍTULO 1 – APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS

Nesta parte do texto serão apresentados aspectos estruturantes do PjBL, a partir de sua conceituação para o ensino da engenharia, as etapas para sua implementação, o planejamento das atividades e sua utilização associada ao STEM para o ensino básico. Como culminância, uma revisão sistemática indicará os aspectos na qual essa abordagem de ensino vem sendo trabalhada nos cursos de engenharia.

A formação em engenharia conforme perspectivas almejadas para o tempo histórico atual, onde há uma demanda por profissionais críticos, reflexivos, com conhecimentos gerais sobre os problemas da humanidade e que consigam relacionar aprendizados em ciências e tecnologias para responder a questões econômicas, sociais, ambientais e políticas, vem sendo o desafio docente já há alguns anos.

Com este fim, os trabalhos com os estudantes em espaços formais de aprendizagens receberam contribuições para uma reorientação das interações em sala de aula, passando de uma proposta expositiva para aquela onde a centralidade do processo de ensino recai sobre os alunos, orientados por uma série de necessidades, conforme elencadas anteriormente.

No intuito de orientar a prática docente, Moran (2019) argumenta que se faz necessário ter como base uma metodologia condizente com as objetivos didáticos definidos, que pode se expressar por meio de três vertentes: (i) a maker, onde os estudantes exploram o contexto, de forma crítica e reflexiva, por meio dos recursos tecnológicos disponíveis; (ii) o design, enquanto possibilidade de projetar soluções e (iii) o ato de empreender, no sentido de testar e corrigir ideias de forma rápida.

As particularidades expostas requerem uma proposta didática que materialize as expectativas mencionadas, encontrando amparo nas características elementares de uma aprendizagem baseada em projetos, haja vista ser uma das metodologias ativas que mais se aproxima com as atividades peculiares de um engenheiro, uma vez que demanda a construção de um produto como culminância dos trabalhos

relativos ao projeto. Em Cardoso et al. (2021) afirma-se que a utilização de abordagens ativas, seja de ensino ou de aprendizado, não configura exatamente uma novidade, e se deu pela necessidade de superação do ensino de viés tradicional.

Para o caso especial da aprendizagem por projetos, as tratativas para a implantação desta forma de ensinar é antiga. Knoll (1997) destaca que desde o final do século XVI as escolas de arquitetura européias desenvolveram suas atividades por meio de uma metodologia de projetos, adentrando as escolas de ensino regular na metade final do século XVIII, chegando às escolas da América, mais precisamente os EUA.

É justamente nesta mesma período, por volta do ano de 1915, que a pretensa metodologia recebe contribuições significativas, no que tange a fundamentação da proposta enquanto abordagem de ensino, elaboradas por Dewey e Bruner (Roloff; Puhl; Roloff, 2021), resultando inicialmente na eclosão do Movimento Escola Nova na Europa e EUA, mas com repercussões também no Brasil.

Após identificar que havia um distanciamento entre os conteúdos escolares e a vida em sociedade, Dewey e colaboradores, inspirados pelas concepções de democracia e liberalismo para a época, estabeleceram como características da Escola Nova a ênfase no aprendizado, a partir da resolução de problemas do mundo real, oferecendo aos estudantes trabalhos que os façam aplicar os conhecimentos adquiridos em contexto, faces semelhantes ao preconizado para as metodologias ativas.

O papel de popularizar e fundamentar as ações didáticas, por meio de projetos, coube a Kilpatrick (Oliveira, 2006), ganhando adeptos entre os professores estadunidenses, que passaram a compreender a abordagem como sendo

o método da educação progressista e atenderia às exigências de uma nova psicologia educacional, que negava a passividade dos educandos diante do conhecimento e defendia o envolvimento desses em situações de aprendizagem aplicada, a fim de desenvolverem iniciativa, criatividade e capacidade de julgamento, diante das situações práticas de vida (Oliveira, 2006, p. 9).

Ao longo dos anos, a proposta veio a receber diversas críticas, sejam elas pela falta de exigência para com a apreensão dos conteúdos ou pelo fato das ações interdisciplinares desrespeitarem as idiossincrasias de cada disciplina, ou até mesmo por acharem que essa abordagem retira a autoridade intelectual docente e

provoca uma falta de sistematização das matérias, o que fez com que o movimento perdesse força gradativamente entre as décadas de 1930 e 1940.

A temática veio novamente à tona no momento em que há uma alteração nas concepções sobre o conhecimento, e as contribuições de Piaget e o advento construtivista começam a ser disseminadas. Nesta ocasião, “o uso dos projetos foi retomado sob o nome de Trabalho por Temas” (Pasqualetto, Veit e Araújo, 2017, p. 555). Investidas mais contundentes aconteceram por volta dos anos de 1980, por meio de aspectos voltados a interação entre os estudantes e desses com a comunidade.

A partir deste marco, a aprendizagem baseada em projetos vem se consolidando enquanto possibilidade de reformatação da prática docente, ganhando diversos adeptos, principalmente, na área das ciências naturais e cursos superiores nas áreas das ciências exatas. As principais definições e características do PjBL estão em debate no tópico a seguir.

1.1. CONCEITUANDO A APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS

Entremeada pelas mudanças cada vez mais rápidas que as tecnologias provocam no processo produtivo, as profissões foram sendo, cada vez mais, estudadas ao ponto de se tornarem grandes áreas de conhecimento, surgindo a necessidade de, respeitadas as diferenças entre um ambiente de aprendizagem e de atuação laboral, defrontar os estudantes com atividades fossem semelhantes àquelas que seriam desenvolvidas no trabalho (Vogler et al., 2018).

O descompasso entre o cotidiano profissional e as salas de aula foi o centro da crítica nos cursos de Medicina da Universidade de McMaster, no Canadá, por volta do início da década de 1980, encontrando em Barrows e Tamblyn uma proposição válida para a superação da problemática por meio de um processo de Aprendizagem Baseada em Problemas, termo que dá origem a sigla PBL, do inglês Problem-Based Learning.

Criou-se, então, uma proposta que enfatizava a aplicação de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades cognitivas de nível superior, como aquelas empregadas na formulação de diagnósticos e na elaboração do raciocínio clínico,

mediada pelo professor, onde o estudante percebia a importância das ações como preparação para o trabalho, o que poderia significar satisfação e prazer em executá-las (Stolk e Martello, 2018).

Segundo de Graaff e Kolmos (2007), um pouco antes do surgimento do PBL, o ensino em engenharia também passou pelos mesmos questionamentos, só que na Dinamarca, mais precisamente na Universidade de Aalborg, o que levou os professores a desenvolverem a pedagogia de projetos, fundamentados em dois pilares: o aprender fazendo e o aprendizado experiencial. Colocar em prática os conteúdos apreendidos coaduna com os pressupostos do PBL em contexto real de aplicação são também pressupostos da aprendizagem por problemas, aproximando os modelos.

Apesar da distância geográfica entre as abordagens, muitas características são comuns entre elas. Para Beier et al. (2018) o PjBL “é um tipo específico de aprendizagem baseada em problemas que é centrado em um projeto específico e autêntico, aberto e baseado no cliente” (p. 4, tradução nossa). Essa percepção de alargamento de propósitos também pode ser vista em de Graaff e Kolmos (ibidem), onde o contraste entre as abordagens pode ser aferido na medida em que

a aprendizagem baseada em problemas é definida por problemas abertos e mal estruturados que fornecem um contexto para a aprendizagem. Por outro lado, a aprendizagem baseada em projetos é interpretada em termos de uma tarefa ou tarefa que os alunos devem realizar (p. 5, tradução nossa)

De um lado, tem-se que no PBL o conjunto de atividades procuram explorar o problema em torno de suas implicações no contexto, ou seja, “iniciar, direcionar, motivar e focar a aprendizagem” (Silva, 2017, p. 27), enquanto que os projetos alinham diversas tarefas que auxiliam na construção de algo palpável e que venha a resolver a situação declarada.

Um aprofundamento desse distanciamento pode ser observado nos estudos de Perrenet, Bouhuijs e Smits (2000), onde aspectos relacionados à duração e natureza das tarefas, como também ao binômio apreensão - aplicação dos conhecimentos é relatada. Na aprendizagem por projetos, os autores afirmam que os trabalhos podem acontecer por vários meses, haja vista a semelhança com as atividades profissionais, enquanto que no PjBL a aplicação do conhecimento é preponderante em relação ao aprendizado dos conteúdos.

Outros elementos de diferenciação entre as dinâmicas foram apontados, ao passo em que atribuiu-se a aprendizagem por projetos uma maior importância a gestão do tempo e a divisão das tarefas entre os componentes de um mesmo grupo. Esses autores veem a aprendizagem por problemas como tendo durações mais curtas e focadas na assimilação de conceitos, havendo assim uma facilidade maior em controlar o que está se propondo a aprender.

1.1.1 Caracterização do PjBL

Mediante os esclarecimentos, é perceptível que as aproximações entre as aprendizagens por problemas e por projetos dão a tônica das proposições, sendo ambas metodologias ativas de aprendizagem e/ou ensino que determinam a centralidade do processo no estudante. No intuito de conceituar especificamente o PjBL, podemos encontrar em Thomas (2000) a proposição mais utilizada, na qual sentença de forma concisa que “a aprendizagem baseada em projetos (PjBL) é um modelo que organiza a aprendizagem em torno de projetos” (p. 1, tradução nossa).

A definição de projeto mais aceita pela sociedade é a do Project Management Institute (PMI®), que consiste em empreender uma ação temporária, ou seja, com princípio, meio e fim, para que se venha a criar um produto, serviço ou atingir determinada finalidade. Com o acréscimo da aprendizagem nesse percurso, chega-se a uma noção, onde as atividades pertinentes a realização do projeto serão aproveitadas para aplicar um conhecimento adquirido ou captar um conteúdo ali contido.

Ao receber conotação didática, o conceito ora sintético recebe contribuições pedagógicas que o preenchem de valores e métodos, posicionando-o enquanto processo de ensino e aprendizagem. No entanto, essa roupagem dificulta o estabelecimento de uma definição, sendo uma alternativa estabelecer quais as características que dialogam com a abordagem. De forma preliminar, Krauss e Boss (2013) enunciam os ingredientes essenciais do PjBL como sendo **a aquisição de conhecimentos e habilidades, em companhia da disposição para investigar questões abertas que façam sentido tanto na vida profissional como na sociedade**. Entendimentos semelhantes podem ser encontrados nos estudos de

Roloff, Puhle Roloff (ibidem), Cifrian et al. (2020), Larmer, Mergendoller e Boss (2015), Stanley (2021), entre outros.

Para uma melhor compreensão da mensagem de Krauss e Boss (ibidem), houve um cuidado dos autores em dedicar explicações para cada um dos termos contidos na sentença, relacionado-os aos significados (em relação aos alunos) e atitudes esperadas na implantação do método (de responsabilidade docente). Para o termo PjBL, indicam que a ênfase está na experiência do aluno em realizar as etapas de um projeto, resultando no aprendizado do conteúdo e sua aplicação. Isso deverá ocorrer por meio de uma mudança no papel do professor, que ao invés da instrução deverá planejar as atividades, estruturá-las e assumir o papel de condutor do processo, orientando as ações (Enemark e Kjaersdam, 2009; Larmer, Mergendoller e Boss, 2015; Moreira et al., 2021; Schiefler Filho et al. 2021).

Avançando no trecho em destaque, chega-se a aquisição de conhecimentos e habilidades, relatando que os projetos devem nortear a estruturação dos currículos, dispensando a noção de que projetos possam complementar os currículos, levando os docentes a avaliarem o percurso de forma sistemática para os conteúdos e capacidades. Em Larmer, Mergendoller e Boss (2015) estão listadas como qualidades inerentes ao PjBL a capacidade para a resolução de problemas, o senso de responsabilidade, o aguçamento do trabalho em grupo e da autonomia, o desenvolvimento do pensamento crítico e da autoconfiança, a noção de gerenciamento do tempo e dos recursos e a versatilidade na comunicação.

De forma parecida, Stanley (2021) vem, então, sintetizar o conjunto de capacidades aguçadas com o PjBL, onde estabelece o uso de três palavras que começam com a letra R em inglês: preparação (readiness), responsabilidade e relevância. Aferir qual o estágio de aprendizagem que se encontra cada um dos alunos de um grupo está, permitindo a heterogeneidade entre níveis em uma participação conjunta no projeto, está sob a tutela da preparação.

A atribuição de responsabilidades é visualizada sob quatro aspectos diferentes, onde o gerenciamento do tempo é uma delas, a forma como decidem as prioridades para as ações durante a realização das tarefas está delimitada como ordenamento das tarefas, o autoconhecimento dos discentes em indicar em quais tarefas eles se sentem mais aptos a execução ficou denominada como ponto forte

de aprendizagem e, por fim, a escolha dos produtos finais elaborados, como forma de expressar, conjuntamente, as melhores contribuições de cada membro da equipe.

Para a terceira e última palavra, tem-se a relevância. Em linhas anteriores ficou estabelecido que a aprendizagem precisa “fazer sentido” para os estudantes, mas Stanley (ibidem) avança para uma reflexão importante

A aprendizagem baseada em projetos é relevante mesmo que o aluno sinta que o assunto de um projeto não é aplicável à sua vida ou aos seus interesses, porque os métodos utilizados para aprender o assunto - nomeadamente, investigação, comunicação e trabalho em equipe - são inquestionavelmente relevantes (p.12)

Dado que o método é o componente de relevância em um PjBL, enfatiza-se o processo como grande contribuição da abordagem, em detrimento a qualidade ou especificidades do produto desenvolvido, mesmo que os estudantes não reconheçam aquela aplicação como significativa para sua formação. Estimular a destreza com as pesquisas para levantamento de conceitos e fundamentos, trabalhar em equipe, ter capacidade de negociação, instigar a criatividade e poder escolher a melhor forma de comunicar um trabalho são os elementos válidos.

A adoção de questões abertas na aprendizagem por projetos é sugerida para que a curiosidade seja aguçada e venha a aflorar, das pesquisas sobre a temática, uma série de questionamentos que venham a auxiliar na apreensão de conhecimentos que façam sentido para os estudantes. Sobre a temática da significância dos conteúdos, Krauss e Boss (ibidem) sinalizam que a abordagem suscita “pensamentos de ordem superior: teorizar, investigar, analisar, criar e tirar conclusões únicas” (p. 6).

Elencadas as particularidades da aprendizagem por projetos, os professores devem se debruçar na organização das atividades, tendo como finalidade alcançar os objetivos de aprendizagem definidos. Para essa formatação, será necessário conhecer os tipos de projetos e as etapas possíveis para que os produtos sejam construídos, conforme pode ser visualizado no item a seguir.

1.1.2 Classificação dos projetos

Alguns autores se dedicaram em estabelecer diferenciações entre os projetos. Uma das proposições mais utilizadas está nos estudos de Helle et al. (2006), onde a escolha pelo modelo perpassa por “razões pedagógicas, políticas ou

éticas da sua adoção” (p. 288), diferenciando as opções de acordo com o extrato de aprendizado do estudante. Assim sendo, são três os tipos de organização dos projetos:

- Exercício: oportunidade na qual os estudantes aplicam conhecimentos apreendidos anteriormente;
- Componente: de natureza interdisciplinar e buscando estimular as qualidades inerentes ao PjBL, esse gênero possui objetivos e escopos mais alargados, geralmente se dedicando a tratar problemas reais;
- Orientação: aqui o currículo do curso assume a forma de um projeto, onde as aulas instrucionais são realizadas para complementar a compreensão em tópicos específicos de projeto.

Nesta estratificação, o modelo Exercício admite que o conhecimento pode ter sido adquirido em experiências fora do projeto e sua aplicação assume o papel de uma aplicação prática, seja para mostrar que o aprendizado foi construído ou como forma de refina-lo. De maneira mais usual, o tipo Componente é ministrado durante uma disciplina, podendo haver a apreensão dos conteúdos em um momento diferente daquele direcionado à elaboração dos projetos. Esses formatos podem ser aplicados por decisão exclusiva do professor, o que deixa de acontecer para a opção Orientação, onde todo o currículo assume os projetos como processo de formação, dependendo de grande discussão entre os docentes para efetivar a proposta.

Outra forma de classificar a maneira como os projetos serão implementados é oriunda dos trabalhos de De Graaf e Kolmos (2007), considerando como norteadores os atributos que emergem durante o percurso planejado e como isso influencia a autonomia dos estudantes durante o desenvolvimento das tarefas, indicando, enfim, três opções. Na primeira delas, intitulada tarefa de projeto, há um robusto planejamento das atividades a serem desenvolvidas, estipulando como atribuição dos estudantes “concluir o projeto de acordo com as diretrizes fornecidas” (De Graaf e Kolmos, *ibidem*, p. 5).

Já o segundo tipo pode ser chamado de disciplina de projeto, que apesar de ainda haver um alto grau de orientação por parte do professor, proporciona aos estudantes uma melhor compreensão dos problemas propostos para que possam elaborar soluções por conta própria. Dada a descrição da tipologia, o projeto

implementado na intervenção proposta por esta tese se aproxima desta opção, haja vista que a orientação das ações dar-se-á de acordo com uma temática preestabelecida.

O último tipo de projeto delineado por De Graaf e Kolmos (2007) assume a forma de Problema de Projeto, onde se propõe um processo mais desafiador entre os três apresentados. Neste, os professores orientam e planejam, minimamente, as atividades e os estudantes são responsáveis por elaborar e materializar as etapas que eles mesmos decidem realizar, cabendo aos docentes indicar a temática a ser mobilizada.

Conforme mencionado acima, esta tese analisou uma sequência de atividades que ocorreu durante uma das componentes curriculares que, também embasada no processo de aquisição de conhecimentos, possui uma gama de possibilidades para serem trabalhadas em sala de aula. No Quadro 1, Steenhuis e Rowland (2018) discutem a mobilização de conhecimentos a partir de quatro dimensões, sendo duas delas voltadas ao direcionamento do projeto e outras duas relativas à absorção dos conteúdos.

Quadro 1 - Dimensões para os projetos de sala de aula

Orientação do projeto	A orientação do projeto é contribuir para a prática	Desenvolver um plano de exportação antes de aprender teorias de exportação	Depois de ter aprendido as teorias de exportação, aplicando-as desenvolvendo um plano de exportação
	A orientação do projeto é contribuir para a teoria	Tentar explicar o sucesso conhecido de uma startup global levando ao estudo dos born-globals ¹ e contribuindo para a teoria sobre os born-globals	Depois de ter estudado a teoria sobre born-globals, identificando uma indústria na qual isto ainda não foi estudado ou aplicado e, portanto, fazendo um projeto de pesquisa nessa indústria, o que leva a uma nova visão teórica
		<i>Descoberta</i> O projeto direciona a busca pelo conhecimento	<i>Utilização</i> O conhecimento existente é aplicado em um projeto
		Papel da teoria ou conhecimento	

Fonte: Steenhuis e Rowland, 2018, p. 37 (tradução nossa).

¹ Empresas de pequeno ou médio porte, empreendedoras e que estão engajadas nos negócios internacionais desde sua fundação.

No que diz respeito à direção que os projetos serão desenvolvidos, as modalidades podem contribuir com a prática ou com a teoria, enquanto que em relação ao papel do conhecimento durante as atividades pode assumir a roupagem de descoberta ou utilização. As células em branco exemplificam como as dimensões podem ser reconhecidas, onde:

- i. desenvolver um plano sem antes apreender as teorias nelas envolvidas, forma o combinado Prática - Descoberta. Se a ideia é inversa, ou seja, aplica-se a teoria para a construção de um plano, configura-se o binômio Prática - Utilização;
- ii. verificar um acontecimento e buscar compreendê-lo, a partir dos conhecimentos, resulta na associação Teoria - Descoberta, enquanto que estudar conceitos para elaborar uma explicação sobre determinado acontecimento, configura o par Teoria - Utilização.

As especificidades disposta para o PjBL compõem o repertório teórico para que docentes venham a planejar a sequência de atividades em relação a duração das etapas de projeto, propósitos a serem alcançados em cada tarefa solicitada, avaliação dos trabalhos e maneiras de acompanhamento e orientação aos alunos, haja vista o professor assumir o papel de condutor de todo processo. As etapas do projeto devem ser estabelecidas de forma que garanta a fluidez necessária para a construção dos produtos e obtenção de conhecimentos.

1.1.3 Etapas de projetos

De maneira geral, os projetos possuem quatro estágios que são a fase conceitual, o planejamento, a execução e o encerramento (Menezes, 2018). A fase inicial se debruça sobre a definição dos problemas, objetivos, necessidades, culminando na elaboração da proposta de projeto. O planejamento especifica as ações, indicando metas e responsáveis para as ações definidas. O trabalho de fato acontece durante a fase de execução, onde há o monitoramento das ações, cabendo ao encerramento comunicar os resultados e efetuar uma avaliação de todo o processo.

Apesar das definições supracitadas, existem várias proposições que intensificam determinadas etapas de acordo com as especificidades, o que pode

levar a divisão de um estágio em vários momentos, e até mesmo ajustes de acordo com os ambientes onde o método venha a ser empregado. Outrossim, existem acomodações para que essas fases venham a ser utilizadas pelos estudantes durante o PjBL, na qual se espera aprender e pôr em prática os conteúdos estudados, sem que a essência do ciclo de vida original para os projetos sofra modificações consideráveis.

Uma estrutura consolidada para as fases de um PjBL na educação é a de Bender (2014), constituída por seis momentos. Inicialmente, esforços são despendidos para a criação de uma âncora de projeto, que pode ser entendida como uma situação em que a problemática pode ser visualizada, e de uma questão motriz, servindo como comando para o desenvolvimento dos trabalhos. Aproveita-se a ocasião para definir cronograma de trabalho, estabelecer as tarefas necessárias e dividir as ações entre os integrantes.

A fase seguinte é constituída pela pesquisa, onde as informações e conceitos necessários a elaboração dos artefatos é realizada, cabendo a construção de um produto que sintetize os conhecimentos, até chegar ao momento onde os produtos devem ser concebidos e construídos, sendo essas três etapas direcionadas à materialização das soluções para a questão motriz. Na quarta fase a preocupação está em refinar esses construtos por meio de uma nova pesquisa, onde pontos específicos e revisões são o foco das ações, sendo o próximo passo implementar possíveis melhorias, a fim de construir a instrumento que subsidiará a comunicação dos projetos. Por fim, publica-se o artefato para apreciação de em uma mostra, cabendo ainda uma avaliação final e, talvez, uma avaliação realizada por toda a turma.

Imergindo no PjBL para aplicação na engenharia, Moreira et al. (2021) discorrem, em um livro, sobre a experiência da abordagem para a disciplina de Projeto Integrado de Engenharia e Gestão Industrial 1, componente curricular do primeiro período do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial (MIEGI) - compatível com um curso de graduação seguido de mestrado, com duração de 5 anos, dividido em 10 semestres. O faseamento proposto para esta disciplina é composto por cinco etapas, que são Preparação, Definição, Arranque, Execução e Finalização.

A etapa de preparação é dedicada a definição de alguns elementos anteriores ao início do semestre, como o tema que será trabalhado, as unidades curriculares envolvidas e os recursos necessários para o desenvolvimento das atividades, seguindo para a fase de definição, onde acontece a reunião de docentes para elaboração do planejamento da disciplina, na primeira semana do semestre.

A fase de arranque é a que inicia de fato os trabalhos no projeto, acontecendo em curto período, mas com grande intensidade, pois é neste momento que os grupos são formados e há uma formação adicional para as ações. A fase de execução é a mais longa, pois é nela que acontece de fato a concepção e construção dos produtos. A Finalização ocorre quando os artefatos e outras entregas passam por momentos de avaliação e reflexão sobre a disciplina de forma geral.

Outra proposta para o fluxo dos projetos no ensino de engenharia advém da Iniciativa CDIO, organização mundial que formulou uma estrutura educacional para formação de engenheiros, por meio da divulgação de diretrizes para o ensino em engenharia, no que tange os resultados da aprendizagem, integração do currículo, experiências de design e implementação da CDIO, espaços de trabalho, aprimoramento das competências de ensino do corpo docente, entre outros aspectos.

Acrônimo para Conceiving (Conceber) – Designing (Projetar) – Implementing (Implementar) – Operating (Operar) sistemas e produtos, desloca o foco da educação em engenharia para a formação em desenvolvimento e implementação de produtos, na qual cada uma dessas palavras pode vir a representar uma das fases do projeto. A adesão aos Padrões CDIO fica a cargo das instituições de ensino, servindo ainda como um tipo de certificação para o curso em questão.

Considerando que as três propostas obedecem a demarcação de etapas originais para o desenvolvimento de projetos, há fases que podem ser compatíveis entre elas, conforme pode ser visto no Quadro 2. As células em vazio correspondem às etapas que não encontram correspondentes entre os processos. A fase de preparação, conforme estipulado por Moreira e colaboradores (2021) é uma proposição única desses autores, ligada a critérios mais estruturantes para a implementação do PjBL. Pede-se que, para a interpretação das larguras de cada

fase, sejam desconsiderados aspectos relacionados ao tempo necessário para que ela ocorra.

Quadro 2 - Compatibilidade entre etapas do projeto

Propositores		
Bender, 2014	Moreira et al., 2021	CDIO
Fases do Projeto		
	Preparação	
Âncora / Questão motriz	Definição	
	Arranque	Conceber
Pesquisa Inicial	Execução	Projetar
Criação e Desenvolvimento		Implementar
Segunda fase de pesquisa		Operar
Apresentação final	Finalização	
Publicação do produto		

Fonte: Autor (2024).

A definição da questão âncora e as atividades prescritas para melhor compreender a questão motriz, em Bender, correspondem às etapas de definição e arranque para as fases de Moreira e colaboradores. Percebe-se que o método CDIO inicia somente após os momentos dedicados a estruturação do processo, ou seja, leva em conta apenas as atividades realizadas pelos estudantes.

Compatibilidades mais acentuadas são percebidas entre as fases de execução do projetos, cabendo a cada um dos autores subdividir esses momentos em diversos outros, como em Bender ou no CDIO, sendo esta associação também enxergada para a fase final dos projetos. Apesar de algumas lacunas comparativas, constata-se que são proposições bem parecidas, e que suscitam dinâmicas diferentes de acordo com a maneira de trabalhar de cada um dos autores.

Existe ainda a possibilidade de cada uma dessas etapas receber incrementos a partir de outros fundamentos, seja para a concepção de um produto ou a comunicação destes, tendo como uma das proposições mais consolidadas o Engineering Design Process - EDP, que pode ser traduzido como processo de design em engenharia. Nesta estratégia, principalmente as fases relativas ao

entendimento do problema e a concepção dos produtos são alargadas para uma melhor compreensão das questões inerentes ao projeto.

Para Stroud e Baines (2019), o EDP e o Método Científico apresentam algumas semelhanças, seja em suas concepções filosóficas ou até mesmo no desenrolar das atividades realizadas por ambos na busca por formulações que expliquem ou revelem novos conhecimentos, o que torna os dois referenciais proposições coligadas para o Método Investigativo de forma geral, sintetizando suas observações no trecho a seguir:

As investigações científicas são normalmente bifurcadas em dois métodos principais: a pesquisa científica e o processo de design em engenharia. Ambos os métodos tentam construir conhecimento à luz de novos entendimentos, e ambos os métodos tentam comunicar afirmações baseadas em evidências ao resto do mundo (p. 2, tradução nossa).

Ao tentar definir tal modelagem, Radcliffe (2014) discorre sobre sua concepção acerca do design em engenharia, mostrando-a como uma atividade humana, interdisciplinar e criativa que pode demandar “saltos de imaginação, visão intuitiva, síntese de diferentes ideias e empatia com as pessoas que entram em contato com qualquer novo produto, sistema ou processo projetado” (p. 8).

Estabelecer uma completa sinergia entre as particularidades de um problema em engenharia e a consequente idealização e construção dos artefatos, exige que o design amplifique horizontes enquanto pensamento crítico, uma experiência vivenciada, um aprendizado e um processo. Compreensão semelhante do que vem a ser um processo de design foi formulada por Haik e Shahin (2011), definindo-a como sendo

uma sequência de eventos e um conjunto de diretrizes que ajudam a definir um ponto de partida claro que leva o designer a visualizar um produto em sua imaginação para realizá-lo na vida real de maneira sistemática, sem prejudicar seu processo criativo (p. 8).

Conforme pode ser visto na Figura 1, o processo de design transcorre em sete etapas, que iniciam com a completa identificação do problema de projeto sob a ótica da engenharia até a apresentação final do produto desenvolvido. Em algumas proposições há ainda uma fase sobressalente, dedicada ao redesenho do projeto caso haja necessidade.

Figura 1 – Engineering Design Process



Fontes: Haik e Shahin (2011); Linh e Huong (2019); Ozkizilcik e Cebesoy (2023).

O comparativo entre as etapas do EDP com aquelas sugeridas em apontamentos anteriores, certamente trarão forte compatibilidade entre elas. De outra parte, estão preservadas as fases para o desenvolvimento de projetos tal qual o primeiro enunciado realizado. Em suma, são sequências parecidas e que atendem a finalidades específicas, onde três delas têm aplicação direta no ensino da engenharia.

Na seção a seguir, algumas publicações foram discutidas no intuito de apresentar como o PjBL vem sendo utilizado nos cursos de engenharia, destacando a finalidade para a qual este veio a ser empregado e quais os conhecimentos puderam ser mobilizados no percurso da dinâmica.

1.2. PJBL NA PRÁTICA: ALGUNS EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

São variadas as ocasiões para as quais o PjBL é utilizado nas salas de aula. Uma das situações recorrentes é a busca de uma dinâmica de aprendizagem diferenciada, fugindo da estética tradicional. Uma dessas tentativas pode ser encontrada nos relatos de Magalhães (2019), onde o PjBL foi implementado para a apreensão de conteúdos da disciplina de Cálculo.

Neste estudo, o autor supracitado utiliza softwares de simulações matemáticas para realizar iterações sobre o movimento de um pêndulo, ou de um pistão, onde são estudados os conceitos matemáticos a partir de um movimento oscilatório. A partir disso, propôs uma série de atividades e a construção física de um pêndulo dando contexto de realidade às medições e cálculos realizados. Houve ainda a contextualização das equações a partir da compreensão do comportamento térmico de um pistão.

Na série de atividades realizadas, Magalhães (ibidem) indica que houve uma melhor consolidação dos conceitos trabalhados, deixa os estudantes mais motivados “pelo facto de estar integrado e interligado com diversas unidades curriculares” (p. 29) e destaca, ainda, o carácter interdisciplinar da iniciativa, uma vez que engloba conhecimentos que vão além do Cálculo, o que o faz considerar como exitosa a experiência com os alunos.

Ainda no que tange o PjBL para ensinamento em matemática, Cecílio e Tedesco (2019) relatam como a abordagem foi aplicada em uma disciplina de Geometria Analítica. A ideia consistiu em trabalhar os conteúdos de Quádricas e Cônicas por meio da construção de um artefato que contivesse essas curvas em seu formato. Para tal, uma série de atividades foram realizadas, como a exposição da temática, a busca por curvas reais utilizadas em produtos/monumentos, o estudo das equações e a confecção efetiva de um modelo em escala e de um pôster.

Os professores destacaram que os resultados foram “surpreendentes e inovadores para uma turma de primeiro período” (Cecílio e Tedesco, ibidem, p. 18), uma vez que os desafios enfrentados pelos docentes reafirmaram uma postura de mentoria e diálogo constante com os estudantes, como também mostrou na prática a autonomia dos estudantes em busca do conhecimento, o aumento da curiosidade para novos aportes teóricos que viessem a solidificar o aprendizado e o desejo de oportunizar práticas “mão na massa” já nos primeiros semestres do curso.

Apontar duas aplicações em disciplinas iniciais dos cursos de engenharia, e principalmente por serem voltadas a matemática, amplia os horizontes de utilização do PjBL justamente nos componentes curriculares que, sabidamente, oferecem grandes dificuldades aos estudantes, o que provoca altos índices de retenção e evasão estudantis. Outra situação delicada diz respeito à “desconexão dos conteúdos das unidades curriculares básicas, principalmente de Matemática, com aplicações da Engenharia em estudo” (Silva, 2021, p. 302), podendo ser a aprendizagem por projetos uma aliada para vencer esse distanciamento.

A aproximação entre os afazeres cotidianos da profissão com a dinâmica das salas de aula é uma meta perseguida pela aprendizagem baseada em projetos, conforme pôde ser discutida em seções anteriores. O ideal é que essas experiências possam acontecer ainda no primeiro ano dos cursos (Silva, 2021; Moreira et al.,

2021), uma vez que o senso de pertencimento ao ecossistema da engenharia pode cooperar com para a manutenção do aluno em sua formação.

Deslocando os olhares para outros aspectos, buscou-se entender como os estudantes expressam suas impressões sobre o PjBL no que tange às competências desenvolvidas, o ambiente de aprendizagem no percurso da estratégia e os desafios e dificuldades encontrados durante a realização do projeto, em uma disciplina de Fundamentos da Engenharia de Produção.

Maia, do Carmo e Pontes (2021) se empenharam na substituição das, já discutidas, aulas-palestras para uma abordagem por projetos, onde um site deveria ser construído, contendo informações sobre o cotidiano e as perspectivas da vida profissional em Engenharia de Produção. As conclusões evidenciadas apontam para

a desenvoltura nos trabalhos em equipe, o incentivo a parcerias produtivas e desenvolvimento do pensamento crítico, além de fomentar a criatividade e a comunicação dos discentes, bem como proporcionar um ambiente de aprendizado interessante e produtivo (p. 17).

Trabalhar com o PjBL em uma das disciplinas dos últimos semestres da Engenharia Elétrica foi o cerne dos estudos de Pupin e Pieczkowski (2021). Nesta oportunidade, a disciplina de Proteção de Sistemas Elétricos de Potência, onde um estudo de proteção, a ser elaborado durante o semestre, foi solicitado aos estudantes a partir de um conjunto de informações reais, oriundas de um trecho do sistema elétrico. É importante informar que esses tipos de estudos são realizados com certa frequência pelos engenheiros eletricitistas que atuam nessa área.

Os autores mencionados elencaram como positivos a utilização de diversos recursos tecnológicos para a obtenção dos resultados, trabalhou as habilidades popularmente chamadas de soft skills e melhorou a comunicação entre os estudantes. No entanto, apesar de apontarem benefícios parecidos aos apontados nas experiências descritas anteriormente, destacaram que o planejamento e acompanhamento das atividades é um desafio constante, requerendo disponibilidade e atenção aos docentes envolvidos no projeto.

Alavancar uma formação inicial e continuada para alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação por meio da estratégia PjBL foi o ponto de estudo para Bremgartner et al. (2022). Inspirados nos ditames oriundos da Cultura Maker, dois cursos de formação foram desenvolvidos no intuito de aproximar equipamentos e práticas aos estudantes. De maneira análoga aos trabalhos ora

descritos nesse tópico, uma sequência de atividades foi proposta, englobando apontamentos teóricos e práticos.

Atividades em impressoras 3D, máquina de corte a laser, drones, óculos de Realidade Virtual, kits Arduino, estação de solda e componentes eletrônicos foram utilizados para uma vivência que tivesse como objetivo a construção de aplicações reais. As avaliações dos estudantes sobre os cursos trazem elogios à parte prática, mas questionam o foco educativo da parcela relativa à teoria, pois nesta parte do curso houve a escrita de um artigo e a interação com uma plataforma intitulada Educador Maker².

O que pôde ser verificado nas leituras dos estudos comentados é a falta de uma sequência de atividades que tornem o PjBL uma ação minimamente padronizada, ficando a cargo dos professores envolvidos planejar o fluxo de atividades, se possível, mediante um caminho que respeite as fases clássicas de projeto anteriormente mencionadas. É válido ressaltar, ainda, que apesar da constatação acima descrita, há um conjunto de características nos trabalhos que tornam a abordagem única, ou seja, há uma tentativa de estabelecer uma sequência de tarefas em busca do aprendizado, o que configura estarem todos aplicando o PjBL enquanto estratégia de ensino.

Resta então indicar quais seriam os atributos presentes na intervenção proposta por este trabalho de tese, começando por aqueles já discutidos, como o trabalho em equipe, a construção de um produto, a problemática emergida de situações reais, o respeito às escolhas dos estudantes e sua participação crítica e reflexiva de todo o processo. Para além, serão admitidas as proposições de Stolk e Martello (2018), que sugerem a aprendizagem de conteúdos, o design e a criatividade, e elementos de comunicação.

Sobre a aprendizagem de conteúdos, entende-se que a dinâmica em PjBL deve proporcionar a aquisição, compreensão e aplicação de conhecimentos, seja na forma de conceitos ou de procedimentos e técnicas (Stolk e Martello, *ibidem*). A confecção dos produtos e as soluções devem suscitar a criatividade e materializar os entendimentos no formato e apresentação dos artefatos. Por fim, a possibilidade

² Minicurso disponibilizado no Ambiente de Cursos Abertos do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES)

de uso da oralidade e da escrita, como também a expressão visual das informações é parte que cabe à comunicação dos componentes do projeto.

Visando fornecer um cenário mais aprofundado sobre a aplicabilidade da aprendizagem por projetos em cursos de engenharia, o tópico a seguir apresenta o resultado da coleta de trabalhos acadêmicos que viessem a apontar quais as intenções em pesquisar a aplicação da estratégia em tela.

1.3. PANORAMA DE APLICAÇÃO DO PJBL EM CURSOS DE ENGENHARIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Para que se possa compreender como a aprendizagem por projetos vem sendo implementada nos cursos de engenharia, duas iniciativas foram empreendidas no intuito de construir um cenário sobre a temática. A primeira delas buscou levantar as teses e dissertações que estão disponíveis no Catálogo da Capes - Plataforma Sucupira - entre o ano de 2017 e os meses iniciais de 2024, enquanto que a segunda debruçou-se sobre o portal de periódicos da mesma Capes para a obtenção de trabalhos sobre PjBL nas bases de dados disponíveis.

1.3.1 Catálogo de teses e dissertações da Capes

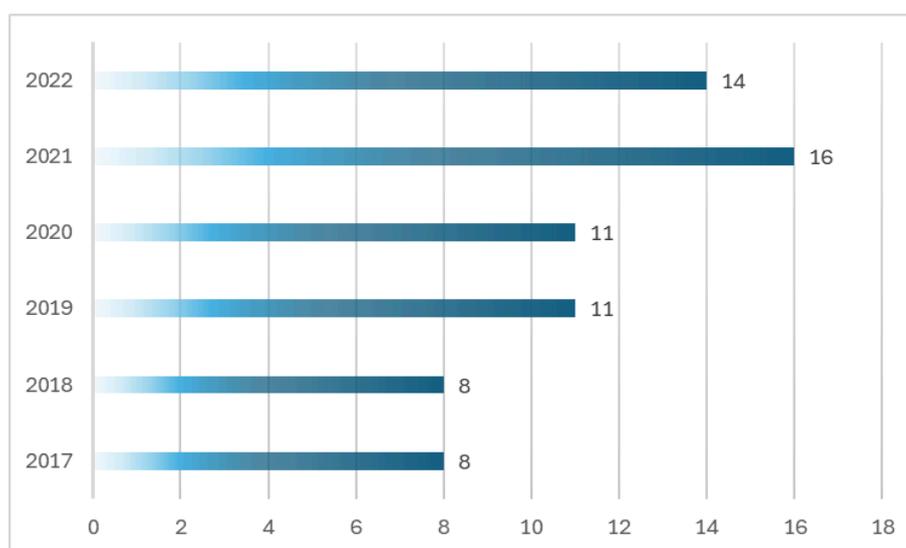
Dada a usabilidade da Plataforma Sucupira, determinou-se que o termo “aprendizagem baseada em projetos” seria utilizado para a sondagem dos trabalhos. Um direcionamento foi realizado para que os documentos encontrados estejam em áreas próximas ao ensino da engenharia, por meio da utilização dos filtros capazes de refinar os resultados, na qual escolheu-se como grandes áreas de conhecimento os campos multidisciplinar (por conter a área de ensino), ciências exatas e da terra e engenharia, obtendo-se 136 trabalhos entre teses e dissertações, sendo 98 na área multidisciplinar, 30 para as ciências exatas e da terra e 8 no campo das engenharias.

Visando uma melhor depuração dos documentos encontrados, estabeleceu-se que seria realizada a leitura dos títulos e resumos listados para que restassem apenas obras que viessem a retratar a aplicação do PjBL em sala de aula, nos variados níveis de ensino e que trouxessem a mobilização de conhecimentos nas áreas estabelecidas anteriormente. É relevante mencionar que

alguns trabalhos foram excluídos por se dedicarem a criar ferramentas que auxiliassem os professores na utilização do PjBL, seja na montagem de uma trilha de aprendizagem em ambientes virtuais ou na construção de softwares que auxiliassem a caminhada docente, o que foge das aspirações desta pesquisa.

Essa nova filtragem reduziu a quantidade de trabalhos para 68 unidades, sendo 65 deles dissertações de mestrado e apenas 3 teses. Os quantitativos levantados, conforme distribuição anual das obras que pode ser vista no Gráfico 1, denotam uma procura tímida pela abordagem enquanto objetivo de investigação, atingindo o valor máximo de 16 produções no ano de 2021, marcado pelo início da vacinação contra a COVID-19.

Gráfico 1 – Pesquisas levantadas no Banco de Teses da CAPES



Fonte: Autor (2024).

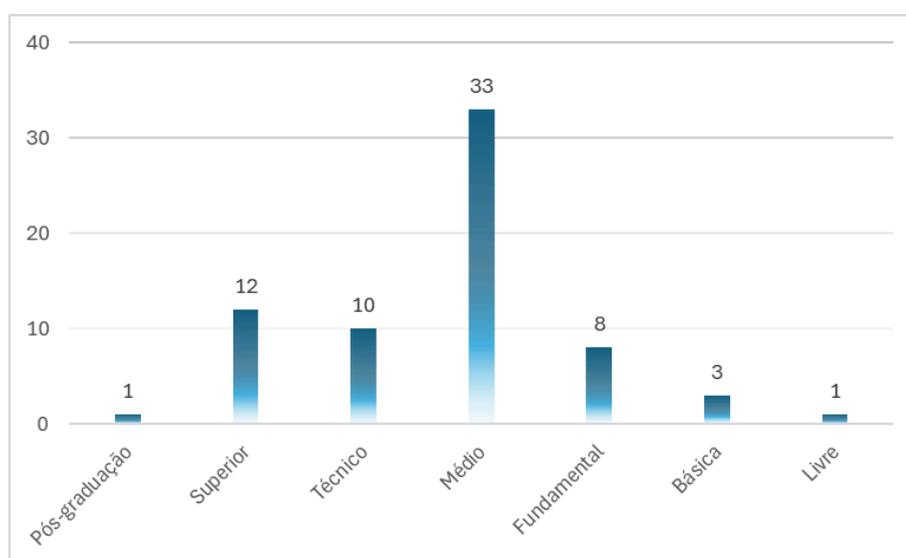
Como pontos necessários de observação, percebeu-se que a busca não apresentou resultados para o ano de 2023, enquanto que nos outros anos houve um comportamento ascendente e com atenuação entre os biênios 2019-2020 e 2021-2022 em aproximadamente 50%, o que pode vir a denotar uma tendência pelo aumento da aderência à temática.

No que se refere aos níveis de ensino onde o PjBL foi verificado, há uma concentração de trabalhos que discutem a abordagem a partir de sua aplicação no Ensino Médio, agregando praticamente metade das publicações. Para critérios de entendimento do Gráfico 2 abaixo, deve-se admitir que cursos livres são aqueles

voltados a uma capacitação profissional de curta duração em áreas correlatas da engenharia, no caso uma formação em eletricidade.

Dentre as disciplinas das ciências exatas nas quais o PjBL teve aplicação no Ensino Médio, constatou-se que em 13 ocasiões a disciplina ministrada foi a Física, 5 experimentações foram na Biologia e em igual quantidade na Química, e em 10 oportunidades a dinâmica se deu na disciplina de Matemática, restando apenas uma situação onde houve a preparação do ambiente virtual de aprendizagem para auxiliar as atividades, discentes e docentes, no percurso das atividades de projeto.

Gráfico 2 – Níveis de ensino onde a PjBL foi aplicada



Fonte: Autor (2024).

Para as inferências para o ensino superior em engenharia, a busca retornou um total de quatro produções, sendo que em duas delas os sujeitos de pesquisa foram os estudantes da UFRPE - UACSA. Para compreender qual a perspectiva discente perante a aplicação do PjBL em uma disciplina do curso de Engenharia de Materiais, Silva (2019) constatou que são relevantes as contribuições da abordagem, destacando o desenvolvimento de atributos e habilidades no percurso do processo, indicando a necessidade de ajustes na dinâmica para que resultados ainda mais exitosos venham a ser produzidos, no que tange o planejamento das atividades, a participação efetiva do corpo docente e as conexões entre conteúdos e projetos elaborados.

Com foco em questões mais conceituais, o autor deste trabalho de tese desenvolveu dissertação, com defesa no ano de 2018, sobre a aplicação do PjBL

através do incremento da ferramenta FlexQuest. Inspirada na Teoria da Flexibilidade Cognitiva, observou-se como a plataforma online organiza e aprofunda a apreensão de conteúdos durante o transcurso dos projetos, permitindo que houvesse a aplicação destes em variados contextos. Averiguou-se ainda que a construção de projetos no ambiente virtual ajuda a promover a inteligência coletiva, conceito elaborado por Pierre Lévy para a capacidade de agregar os conhecimentos distribuídos em toda a sociedade, hoje em dia por meio do ciberespaço (internet), e que emergem a partir da integração e colaboração entre os indivíduos.

Os estudos de mestrado elaborados por Paula (2017) visam inferir contribuições da aplicação do PjBL em parceria com uma empresa durante quatro anos seguidos, explorando características estruturais para a disciplina e pontuando carências no que diz respeito a uma melhor preparação dos tutores, cobrando ainda um apoio maior das organizações envolvidas no projeto - empresa e universidade, mas que ainda assim conta com altas taxas de aceitação, por parte dos discentes, de uma estratégia didática que comporte a prática enquanto formação profissional.

Fazer uma análise histórica do percurso de 5 anos de aplicação do PjBL em cursos de engenharia também foi a ênfase utilizada na dissertação de Chagas (2020), na qual o aperfeiçoamento do método foi o objetivo central da pesquisa. O conjunto de ações analisadas resultaram na proposição de um plano de aula para a implementação da abordagem no contexto do ensino em engenharias, contemplando todas as fases e entregas relativas ao projeto.

Uma constatação verificada no conjunto de obras acima apresentadas diz respeito à aprovação discente do PjBL, enquanto proposta didática para as aulas na engenharia, na qual é salientado o compromisso dos estudantes com a realização das tarefas. Essas impressões foram relatadas através das respostas aos questionários respondidos em diversas oportunidades.

Exauridas as análises em teses e dissertações, a ampliação dos horizontes teóricos e a coleta de experiências docentes na implementação do PjBL se deu por meio de um novo procedimento, onde uma plataforma agregadora de base de dados para trabalhos científicos auxiliou o rastreamento de artigos e publicações sobre a temática investigada nesta pesquisa, tendo os procedimentos de busca descritos e resultados analisados na seção a seguir.

1.3.2 Revisão Sistemática de Literatura - Portal de Periódicos Capes

Com o propósito de situar as pesquisas atuais em PjBL, foi realizada uma busca por trabalhos que pudessem nortear entendimentos atuais sobre a abordagem, tendo como orientação os procedimentos oriundos das Revisões Sistemáticas de Literatura – RSL, consagradas pelos preceitos estabelecidos por Kitchenham e Charters (2007) e demais seguidores dessas diretrizes.

Para Demerval, Coelho e Bitterncourt (2020), esse tipo de levantamento posiciona qualquer pesquisa científica perante o estado da arte na área de estudo, ao minimizar “erros sistemáticos e aleatórios buscando definir claramente o procedimento a ser adotado” (p. 04). Nos apontamentos de Tomé Klock (2018) encontra-se uma metodologia para a RSL contendo três grandes momentos, que são o planejamento, a condução e o relatório com os resultados.

Para a fase inicial, espera-se que o pesquisador traga o protocolo de busca e seleção dos trabalhos, definindo as questões de pesquisa, os argumentos de procura na base de dados, os critérios de escolha e exclusão das publicações, como também os critérios de qualidade dos textos. A triagem dos artigos é realizada na fase da condução do processo RSL sob a observância de todos os tópicos anteriormente definidos, chegando à culminância com a lista dos trabalhos a serem analisados.

A escrita do relatório final da revisão é feita no intuito de responder às questões de pesquisa levantadas, trazendo um relato de cada publicação selecionada e sua devida contribuição para o entendimento das indagações. Nesse momento é importante avaliar a separação dos trabalhos em categorias, visando dar fluidez à leitura e compreensão das ideias coletadas.

Nos parágrafos que seguem, será apresentado o protocolo desenvolvido para esta revisão sistemática, como também estarão presentes a listagem e as devidas análises das publicações selecionadas.

Protocolo

A questão de pesquisa desta tese, enunciada anteriormente, versa sobre as possíveis contribuições da perspectiva STEM em uma experiência de sala de aula

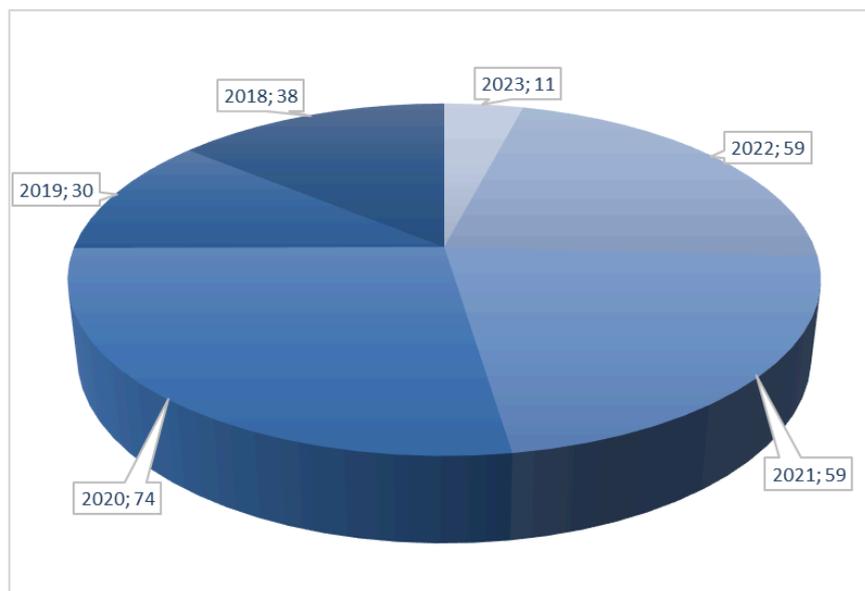
baseada na execução de projetos. Para que haja uma confluência entre a indagação supracitada e as perguntas balizadoras da RSL, o foco desta etapa da investigação visou produzir uma visão ampla sobre os trabalhos que vêm sendo desenvolvidos em PjBL, no que tange a dinâmica de sala de aula.

Com esse intuito, definiu-se como questão norteadora desta RSL: **Para quais finalidades a aprendizagem baseada em projetos é implementada nos cursos de engenharia?** Investigar a utilização do PjBL visa entender a dinâmica do processo, a partir dos olhares discentes e/ou docentes, a averiguação da satisfação com a abordagem, a compreensão de como a sofisticação de algumas atividades incrementa a experiência ou inferir as potencialidades do aprendizado de um conceito em específico.

A busca dos trabalhos foi realizada na base de dados do Portal de Periódicos da Capes, haja vista integrar diversos periódicos, sendo alguns deles importantes no ensino de engenharia, como o *International Journal of Engineering Education* - IJEE e a seção de educação em engenharia do *Institute of Electrical and Electronic Engineers* – IEEE. Para a escolha das *strings* de pesquisa, os parâmetros utilizados foram:

- o título do trabalho conter exatamente a expressão Project-based learning;
- em qualquer lugar dos campos de busca, haver a expressão “engineering education”

Como a língua inglesa é o idioma majoritariamente aceito na maioria das revistas do mundo, o uso das expressões em inglês visou, ainda, angariar diferentes concepções e contextos, diversificando os olhares para expressões que possam se assemelhar mais a conjuntura brasileira. O conjunto de opções elencadas possibilitou o encontro de 454 trabalhos, que após a ativação do filtro para produções avaliadas por pares, configurou um universo de 271 (duzentas e setenta e uma) publicações, com apenas uma delas em repetição, permitindo que a triagem do material fosse prontamente realizada.

Gráfico 3 – Quantidade de publicações coletadas

Fonte: Autor (2024).

O período escolhido para a busca das produções obedeceu ao intervalo entre o ano de 2018 e o mês de abril de 2023, sendo este último o momento em que a coleta foi realizada. No Gráfico 3, estão ilustradas as quantidades de trabalhos reunidas, sendo que a maioria das produções estão concentradas entre os anos de 2020, 2021 e 2022, configurando um pouco mais de 70% (setenta por cento) do total.

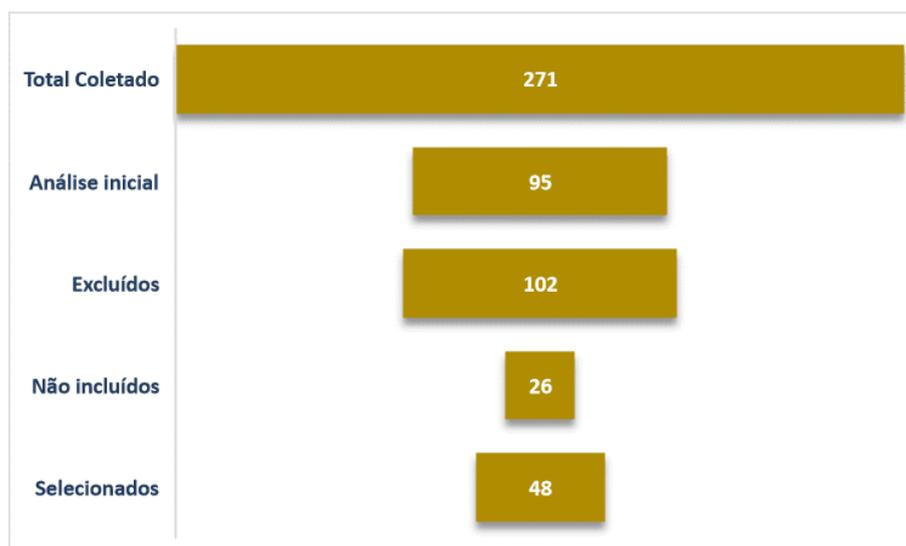
A **análise inicial** se deu por identificar aquelas produções que pudessem contribuir com as investigações e estivessem dentro dos parâmetros idealizados, ou seja, ter se debruçado na aplicação da aprendizagem baseada em projetos no ensino da engenharia. Neste momento, 95 (noventa e cinco) trabalhos foram retirados do horizonte de pesquisa, restando 176 (cento e setenta e seis) artigos para o prosseguimento dos estudos.

Conforme preconiza a literatura (Kitchenham e Charters, 2007), a próxima fase da RSL consiste em estabelecer os critérios de inclusão e exclusão. Para os critérios de inclusão, foram definidos como parâmetros que **(i)** as intervenções ocorreram em disciplinas dos cursos de Engenharia e **(ii)** tiveram como espaço de aprendizagem a sala de aula. Esse segundo critério se fez necessário por conta das interações remotas para o PjBL que aconteceram no período pandêmico.

Para os critérios de exclusão, a revisão sistemática tinha como parâmetros **(1)** serem voltados a questões raciais, de gênero ou medidas de cunho afirmativo, **(2)** terem sido desenvolvidos a partir da junção do PjBL com alguma outra metodologia ativa, **(3)** terem sido escritos em ao menos 8 páginas. Esta última situação pode ser, ainda, considerada um critério de qualidade, mas foi aqui alocado para que o cômputo fosse simplificado.

A fase destinada aos critérios de inclusão e exclusão resultou na observação de 10 trabalhos que foram identificados pelo indicador definido, 73 foram concebidos e relatados como uma composição de duas ou mais metodologias ativas, e 19 produções que possuíam menos de 8 páginas, totalizando 102 trabalhos excluídos.

Gráfico 4 – Seleção dos trabalhos



Fonte: Autor (2024).

Sobre o segundo critério de exclusão, identificaram-se trabalhos que propunham a análise da aprendizagem baseada em projetos incorporada a outras metodologias ativas, como a gamificação, sala de aula invertida, entre outras. Essas propostas foram desconsideradas pois visavam aferir ganhos e entraves desse tipo de arranjo. No entanto, experiências de PjBL incrementadas por usos de softwares de simulação, laboratórios e parcerias com o setor produtivo foram consideradas.

Houve ainda publicações que trouxeram o PjBL enquanto propulsora para a perspectiva STEM nos ensinamentos equivalentes ao fundamental e médio no Brasil. Ao todo, foram verificados 28 trabalhos dessa natureza e, dada a quantidade, optou-se pela exclusão momentânea para a RSL. Este material coletado serviu de literatura

atualizada para o desenvolvimento de um tópico no próximo capítulo desta tese, dedicado à apresentação e discussão da Educação em STEM. A listagem contendo todas as publicações está disponível no Apêndice I.

A primeira análise nas publicações selecionadas se dedicou a perceber a completude das investigações, ou seja, se havia nesses o delineamento mínimo de uma pesquisa em educação ou na área de ensino. Se caracterizada como a fase de avaliação da qualidade, constatou-se que todos os trabalhos observados poderiam ser aproveitados na RSL. Parte-se, então, para a fase onde as perguntas orientadores desta revisão sistemática venham a ser respondidas.

Sintetização e análise dos dados

No intuito de organizar as publicações a partir de temáticas comuns, foi realizada uma categorização por assunto. No Quadro 3 são discriminadas as 6 (seis) categorias definidas, que são a criação de produtos, atividades de laboratório, desenvolvimento de competências, análise da experiência, conceitos específicos e aperfeiçoamento. Está ilustrada, ainda, uma breve explicação da compreensão de cada um deles, como também a quantidade de publicações alocadas para cada situação.

Quadro 3 – Caracterização dos assuntos para a RSL

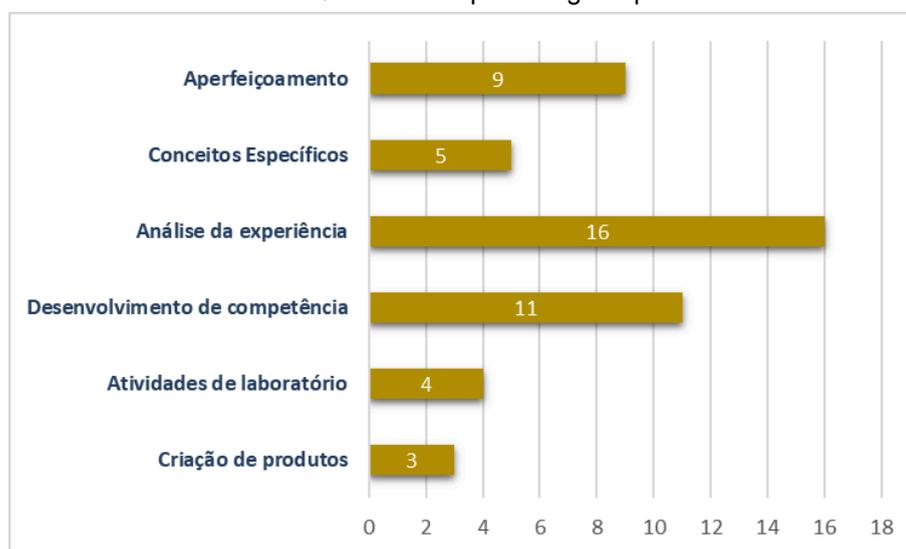
Denominação	Descrição
Criação de produtos	PjBL foi aplicada para a criação de um produto específico, visando a aplicação de tecnologias variadas ou a integração de conceitos e tecnologias para a construção de um artefato
Atividades de laboratório	As etapas do PjBL foram utilizadas como procedimentos em um laboratório de cunho tradicional, no intuito de solucionar problemas reais
Desenvolvimento de competência	As características essenciais de um PjBL configuram o objetivo de estudos dessas investigações, tais como trabalhar em grupo, solucionar problemas, aguçar a curiosidade, desenvolver produtos inovadores, entre outras
Análise da experiência	Averiguar como as pessoas envolvidas em uma intervenção PjBL expressam suas impressões sobre o processo, destacando pontos positivos e negativos da experiência
Conceitos Específicos	Apreender conceitos científicos e/ou tecnológicos em profundidade no percurso de uma intervenção baseada em projetos, sendo mais recorrente temáticas na física e na matemática
Aperfeiçoamento	O PjBL contou com o incremento de um software específico ou uma dinâmica

de projeto diferenciada com o objetivo de oportunizar a experiência de algo intrínseco à profissão, como uma licitação, um programa de desenho, entre outros

Fonte: Autor (2024).

No Gráfico 5 é ilustrada as quantidades averiguadas para cada assunto delineado, sendo a análise da experiência a mais utilizada, para a qual foram encontradas 16 (dezesesseis) publicações. Em seguida, vê-se que foram 11 (onze) os trabalhos identificados como desenvolvimento de competências discentes, ao passo que 09 (nove) artigos tratam do assunto aperfeiçoamento da intervenção.

Gráfico 5 – Quantitativos por categoria para a RSL



Fonte: Autor (2024).

Em quantidades menores tem-se as publicações relacionadas aos três últimos assuntos. Para a apreensão de um conteúdo específico por meio de uma abordagem diferente do ensino tradicional, foram identificadas 5 (cinco) publicações. Já para a tentativa de alteração da dinâmica dos trabalhos em laboratórios, foram apontados 4 (quatro) trabalhos e, a fim de observar o processo de construção de um produto em especial, foram classificados 3 (três) artigos. Uma listagem contendo a tipificação de todo material colhido está disponível no Apêndice A.

Análise da produção coletada

Responsável por concentrar aproximadamente 33% das publicações selecionadas, diagnosticou-se que os trabalhos em **análise da experiência**

levantaram os obstáculos e benefícios da aplicação do PjBL. A estratégia utilizada por Lopera et al. (2022) foi a da comparação entre o ensino tradicional e o PjBL, por meio do confronto entre as notas obtidas em avaliações, visando aferir impactos ou efeitos da abordagem, na qual se mostrou plausível.

Ngo e Phan (2019) propuseram um curso com a finalidade de atender demandas da comunidade por meio da elaboração de projetos em engenharia desenvolvidos mediante o processo PjBL. Para a diagnose das impressões discentes, um questionário foi respondido pelos estudantes na qual chegou-se à conclusão de que há virtudes na implementação do PjBL neste contexto. O uso dos questionários enquanto coleta de dados para a mensuração das vantagens e desvantagens do PjBL é bastante usual, e pôde ser encontrado em outros trabalhos como em Fan et al. (2023), Ruslan et al. (2021), Kataria, Sanchez e Govindasamy (2020), entre outros.

Os estudos de Reis, Coelho e Coelho (2020) investigaram o caso especial de um grupo de estudantes que desenvolveram um projeto na área de Engenharia Biomédica, que se candidatou e venceu um prêmio nacional, onde pôde-se observar características essenciais do PjBL sendo desenvolvidas por meio da abordagem, chamando atenção para proposições com relevância que suplantam os muros da academia e possuem utilidade real na sociedade.

Foram denominados enquanto análise da experiência, ainda, artigos que se detiveram a explicar as contribuições do PjBL se valendo de aferições do tipo pré / pós-testes, como em Sanchez-Romero et al. (2019) e Fini et al. (2018). Para encerrar essa temática, Russel et al. (2018) fizeram uma discussão sobre a experiência acumulada em 12 anos de aplicação do PjBL em um curso de Projeto e Construção, reiterando as potencialidades da abordagem e se comprometendo a diagnosticar possibilidades de avanço e consolidação da proposta.

O próximo grupo de trabalho identificado diz respeito à utilização da aprendizagem por projetos para o **desenvolvimento de competências**, sejam elas ligadas aos traços mais preponderantes do PjBL ou aqueles voltados à reafirmação de conhecimentos na área de atuação, através, mais uma vez, da observância dos efeitos e ou impactos da sequência de atividades desenvolvidas. Esta ocasião retornou a identificação de 11 trabalhos com essa finalidade.

Aguçar o pensamento criativo foi a preocupação de três dessas publicações. Chen et al. (2022) investiu em uma proposta onde a meta era trabalhar as quatro características criativas de Guilford, que são a fluidez, a originalidade, a flexibilidade e a elaboração, utilizando-se de questionários e entrevistas para a aferição dos resultados. Em outra investigação, Kim, Lee e Ahn (2021) aplicaram o PjBL no intuito de promover o pensamento criativo por meio de ações colaborativas, constatando que a abordagem propicia uma comunicação eficaz, flexibiliza a prática nos projetos e favorece a apreensão das práticas de investigação na indústria. Ambos os trabalhos foram publicados no *International Journal of Electrical Engineering & Education*, área de alocação desta tese.

Em outra aplicação do PjBL na Engenharia Elétrica, o foco dos estudos de Indrawati e Nadliroh (2018) residiu sobre a forma como o pensamento criativo se manifesta na utilização de um equipamento chamado Controlador Lógico Programável - PLC (a sigla é em inglês). Como resultado, os autores indicaram o aumento tanto da criatividade como da autossuficiência para o aprendizado, apontando como benéfico a utilização da aprendizagem por projetos para atividades dessa natureza.

Neste agrupamento de trabalhos, identificou-se ainda a utilização do PjBL enquanto impulsionadora do empreendedorismo (Shekarian; Parast, 2021 e Tolosa et al., 2018) e proposições que almejam mudar ou aferir questões comportamentais e atitudinais dos estudantes frente aos desafios de projeto (Salankar; Koundal; Hu, 2021 e Zhu et al. 2019).

Outro agrupamento de trabalhos, ainda dentro da mesma temática, versa sobre o desenvolvimento de habilidades sociais ou interpessoais, também conhecidas por soft-skills. Nos apontamentos de Hussein (2021) destaca-se a forma como o PjBL propicia a reflexão de ações entre os membros de uma equipe e a preocupação com o envolvimento de todos estes por meio da consideração dos diversos pontos de vista que emergem do grupo, visando a mediação de conflitos e a construção colaborativa dos produtos solicitados.

Syahril, Nabawi, e Safitri (2021) trabalham com a perspectiva das habilidades em sua forma mais usual, na qual o trabalho em grupo, o gerenciamento do projeto, a comunicação efetiva e as habilidades interpessoais passam por um processo de

inferência, a partir das impressões discentes coletadas. Houve ainda um dos trabalhos que buscou aferir de que maneira habilidades específicas se manifestam no percurso do trabalho em concepção e construção de mecanismos eletromecânicos.

Para a discussão sobre a temática **aperfeiçoamento**, observou-se que houve uma homogeneidade na medida em que o PjBL teve como incremento o uso de softwares para enriquecer as atividades de projetos em 6 oportunidades, muitas das vezes utilizando-se de ferramentas para desenho do tipo CAD³, mas contendo outras proposições.

Já em Stahl, Sandahl e Buffoni (2022) tem-se o diagnóstico de uma aplicação do PjBL para a resolução de problemas indicados por empresas parceiras e pelo governo local, estando essa proximidade presente durante todo o processo. Ricaurte e Vitoria (2020) fizeram uso da abordagem permitindo a interação entre estudantes de diferentes níveis - semestres - do curso de graduação no intuito de construir um projeto comum entre eles.

No que tange a utilização do PjBL para a apreensão de **conhecimentos específicos**, os autores buscaram construir uma dinâmica para que esses conteúdos viessem a ser explorados de variadas formas, na qual constatou-se proposições semelhantes. Nos cinco artigos coletados, trabalharam-se a natureza dualística da luz, o eletromagnetismo, questões voltadas a licitações de obras públicas, estatística e a programação de microcontroladores.

O penúltimo grupo delineado segue uma dinâmica parecida com a temática anterior, onde as **atividades de laboratório** foram oportunizadas através da aprendizagem por projetos. Entre os 4 artigos coletados, há a aplicação do PjBL na disciplina de Projetos Mecânicos para o curso de Engenharia Química, na produção em laboratório de uma molécula de uso farmacêutico, nos estudos de máquinas para sistemas de energia e até mesmo na avaliação de experiências em laboratórios virtuais de aprendizagem para uma disciplina da Engenharia Eletrônica.

Permeado pela mesma ideia das duas últimas temáticas discutidas, ou seja, preparar uma sequência de atividades em PjBL para um fim específico, a temática **criação de produtos** finaliza as discussões sobre as publicações, na qual se

³ O termo CAD é traduzido do inglês como Desenho Auxiliado por Computador.

identificaram 3 trabalhos, seja para a construção de uma destilaria de bebida alcoólica, a produção de um braço robótico ou para o monitoramento de variáveis em uma estufa para criação de plantas.

As inferências realizadas permitem que sejam constituídos três grandes grupos, onde a análise da intervenção e o aperfeiçoamento da abordagem somam, juntas, 25 trabalhos, o que corresponde a 52% do total de publicações analisadas. Este conjunto está atrelado a perceber como os estudantes recebem o PjBL em suas aulas, expressando suas impressões para fazer juízo sobre as contribuições que a proposta oferece.

O desenvolvimento de competências configura, sozinho, outro grupo de artigos analisados, onde o propósito da intervenção residiu em averiguar se as qualidades esperadas para um PjBL, de fato, emergem por meio das ações realizadas. Por fim, o agrupamento que reúne as atividades de laboratório, criação de produtos e apreensão de conteúdos trata de examinar como a aprendizagem por projetos se comporta no momento da sua aplicação para um fim em específico.

Essas percepções foram importantes justamente para ajudar a definir como este trabalho de tese deveria integrar a Educação em STEM com o ensino da engenharia. Percebeu-se que os conceitos mais próximos às ciências e matemática são objetos de investigação para uma parcela menor dos trabalhos, ao mesmo tempo que as possibilidades tecnológicas são utilizadas para enriquecer a experiência, sem que haja uma articulação entre esses conhecimentos para a proposição de uma sequência de atividades em PjBL, escopo orientativo desta tese.

A formação de engenheiros nos dias atuais encontra amparo na aprendizagem baseada em projetos, sendo viável sua utilização para um vasto espectro de ocasiões. No entanto, percebe-se que as motivações para a aplicação da abordagem seguem a lógica da superação do ensino tradicional e a mobilização de capacidades mais conectadas com o mundo do trabalho atual.

Estabelecer um propósito político, social, econômico e ambiental ao PjBL, através de uma perspectiva que vislumbre o entrelace entre a ciência, a matemática, a tecnologia, a engenharia e a formação de profissionais nessas áreas, cientes das contradições que possam vir a existir, enriquece a abordagem e pode ser uma centelha de motivação para docentes e gestores educacionais.

Para que esse enlace se faça compreensivo, o capítulo a seguir tratará de estabelecer aproximações entre a aprendizagem por projetos e a proposta de integração entre as quatro áreas de conhecimento componentes do STEM.

CAPÍTULO 2 - PERSPECTIVA STEM

Nesta seção, a integração entre os conhecimentos em Ciências, Tecnologias, Engenharia e Matemática foram debatidos, mostrando as motivações políticas e econômicas para o surgimento da proposta, as diversas nuances estabelecidas em relação a aplicação da iniciativa e culminando na identificação de traços constituintes para o entendimento atual do STEM enquanto possibilidade de abordagem didática.

2.1 BREVE HISTÓRICO: ECONOMIA E GUERRA TECNOLÓGICA

Era a década de 1990 e os Estados Unidos da América já discutiam como seriam os anos vindouros, caso emergissem outros países que pudessem entrar na disputa pela competitividade tecnológica mundial. Esse pavor também pode ser encontrado em outros momentos históricos da vida estadunidense, mas um deles chama mais atenção, pois aconteceu justamente durante a guerra fria e a corrida espacial.

Em 4 de outubro de 1957, a extinta União das Repúblicas Socialistas Soviéticas – URSS lançava à órbita seu primeiro satélite, o Sputnik-1. O fato causou um alvoroço nos EUA, pois essa era a prova inconteste de que os estadunidenses ficariam para trás em conhecimento e potencial tecnológico. Esse fato, por si só, acelerou uma profunda reforma no sistema educacional dos EUA, o que acabou por reverberar em todos os países que estabeleciam parcerias geopolíticas com os yankees. No Brasil, essa influência pôde ser vista na reforma do currículo das ciências ocorrida durante os anos de 1961 e 1964, conforme orientação do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura –IBECC (Teixeira, 2013).

O contexto exposto é importante na medida em que se trata de uma mesma motivação, a necessidade de uma reforma educacional nos Estados Unidos: as implicações econômicas por um suposto atraso tecnológico em relação a outros países. Na oportunidade mais recente, mudou-se apenas as nações com as quais

os EUA deveriam se preocupar, pois se antes o grande vilão era a URSS, as novas concorrentes são a China e a Índia.

A série de objetivos a serem alcançados com a reforma também foram alterados. Se antes havia a necessidade de formar pesquisadores para que a ciência e a tecnologia viessem a produzir conhecimentos de forma mais rápida, a pedida contemporânea requer profissionais de mercado que possam integrar ciências, tecnologias, engenharia e matemática para a concepção de soluções de alto impacto tanto social como tecnológico. A culminância desses esforços se deu, de forma inicial, com a proposta da National Science Foundation – NSF, sob a alcunha de SMET, com as letras do acrônimo significando as mesma áreas do STEM, ainda nos anos de 1990 (Sanders, 2009).

O curioso é que, somente com o lançamento, em 2005, de um livro chamado “The world is flat” (O mundo é plano, tradução nossa), de autoria do economista estadunidense Thomas L. Friedman, é que as ações em STEM começaram a ser mais efetivas. O fato é que o livro não traz nenhuma evidência de que a terra é plana, pois o termo é empregado como uma metáfora para encurtamento de distância e tráfego rápido de mercadorias e informações. A obra aponta, então, a China e a Índia com relativo protagonismo global na cadeia de produtos e serviços de base tecnológica, ou seja, de alto valor agregado, o que justifica a formação de profissionais conforme descrito anteriormente.

Os órgãos de governo nos EUA começaram a estimular uma reforma no ensino para o impulsionamento na formação de “profissionais STEM”. Isso implica na elaboração de políticas públicas e alocação de recursos financeiros, didáticos e pedagógicos para uma formação em STEM desde os primeiros anos da escolarização. Vários são os esforços de professores e pesquisadores em educação para que sejam formuladas estratégias de ensino que possibilitem o ensino STEM.

Uma grande quantidade de recursos é direcionada para a formulação do ensino STEM nos Estados Unidos, tanto por órgãos públicos como por empresas privadas. Um grande entusiasta dessa proposta é o ex-presidente Barack Obama, que em mais de um de seus discursos pediu para que investidores acreditassem na proposta e auxiliassem na sua consolidação. Porém, há de se perceber que, ainda no início da década de 2000, os anseios se mostravam puramente econômicos,

refletindo fortemente na maneira como se pensavam os apontamentos didáticos e pedagógicos em sala de aula.

Sanders (2009) demonstra preocupação com as escolhas pedagógicas seguidas pelos professores e trabalhadores escolares no momento da aplicação do STEM, o que o leva a sugerir uma formação complementar, em caráter de pós-graduação, que supere as distâncias entre as áreas do acrônimo, entendidas ainda como embebidas de um ensino do tipo tradicional, e se adote uma Educação Integrada em STEM, onde uma ou mais áreas seriam trabalhadas de forma que contemplassem ainda as implicações sociais, éticas e humanísticas da experiência.

A adoção de uma pedagogia intitulada “design e investigação com propósito” é sugerida pelo mesmo autor, descrevendo-a como uma combinação proposital entre o design tecnológico e a investigação científica, inserindo o estudante em situações que emergem da resolução de problemas de cunho tecnológico e sejam abordadas por meio de uma investigação científica, o qual chamou de um ambiente robusto de aprendizagem (Sanders, 2012).

Esse ponto é de suma importância para esta pesquisa, pois, é aqui onde pode-se encontrar, pela primeira vez no texto, uma preocupação com as conexões entre as áreas do STEM e um aporte didático-pedagógico que viesse a nortear as ações de alunos, profissionais de apoio e professores, seja em sala de aula ou como base para reformas curriculares.

Percebeu-se, ainda, que o planejamento das atividades, tal como os princípios de apreensão do conhecimento, carecem de observação. Entusiastas contemporâneos tentam direcionar a ênfase STEM para além de uma perspectiva liberal na educação dos jovens e crianças, onde apenas as necessidades mercadológicas prevaleciam enquanto inspiração para as atividades em sala de aula, o que implica na formação direcionada exclusivamente ao setor produtivo.

As ações direcionadas a uma humanização da iniciativa STEM miram, principalmente, populações que pouco se fazem presentes no ensino superior e conseqüentemente em cursos de engenharia ou ciências. Junges, Rosa e Grocinotti (2022) elaboraram um estudo no intuito de mapear as iniciativas para incentivar e garantir a permanência de mulheres nos cursos voltados ao STEM no Brasil.

Como resultado, concluíram que os projetos de extensão, junto com as ações para empoderamento feminino em STEM, principalmente em redes sociais, são as medidas mais utilizadas para promover o engajamento e a motivação feminina nesses espaços, estabelecendo assim um ambiente mais favorável a presença de mulheres, despertando o interesse e o envolvimento pela área. Destacam, ainda, que as iniciativas sugerem a criação de uma rede de apoio mútuo para um convívio saudável durante a trajetória formativa e/ou profissional (Junges, Rosa e Grocinotti, *ibidem*).

Em outro trabalho, as questões de gênero são aprofundadas e aproximadas à questão racial. Santos e Lima (2023) buscaram, a partir da narrativa de uma bolsista negra, compreender os desafios que se sucederam durante a estadia da estudante no curso técnico de Programação de Jogos Digitais, donde concluíram que:

além de fomentar um debate necessário sobre racismo e sexismo, permite analisarmos isso no contexto das ciências e tecnologias; atentando-se com a carência de diversidade nessas áreas. Outrossim, possibilita que futuras estudantes, que tenham acesso aos seus escritos, não se sintam sozinhas em sua jornada; reconhecendo a importância de perseverarem (p. 15).

De certo, outras investigações contemplam questões ligadas aos direitos humanos e, especificamente, a diversidade de raça, gênero, crença e orientação sexual, mas esse debate, importante demais para ser omitido, foge aos anseios de estudo desta tese. Para que as atenções possam retornar às interações em sala de aula para a tentativa de integração das áreas do STEM, uma forma de humanizar e dar contexto social a perspectiva ganhou ponderação quando as Artes vieram a integrar o acrônimo, denominado agora como STEAM.

Para a Professora Georgette Yakman, uma das precursoras na integração das artes na ênfase STEM, o conhecimento artístico enquanto expressão humana de ideias e conceitos auxiliam os estudantes a comunicar as ideias de forma crítica e reflexiva, como também questionam valores impregnados na atividade científica e tecnológica (Yakman, 2012). Ainda em Yakman (2010) pode-se constatar que a autora pontua para a necessidade “de que os alunos precisam de uma alfabetização de amplitude das disciplinas primárias” (p. 2, tradução nossa), processo que ela denomina como alfabetização funcional.

Houve, então, uma preocupação em organizar o pensamento e delimitar bem o que vem a ser o elemento Artes a ser incorporado na Educação em STEM, como

também se propõe a apresentar uma sequência de impressões que a fizeram optar pelo novo silo, mas inexistente uma explicação fundamentada teoricamente para que o componente Arte fosse incluído no STEAM. De toda forma, as ideias da professora-pesquisadora acabaram por adentrar nas discussões educacionais da época.

A inclusão das Artes em STEM proporcionou, ainda, uma nova forma de dialogar com os entendimentos. Chesky e Wolfmeyer (2015) comentam sobre uma dimensão estética da matemática, sendo a música um exemplo incontestável sobre a união entre os dois silos. Para esses autores, conceber uma dimensão estética a matemática é estabelecer critérios de padronização e estruturação, afastando-se um pouco das quantidades e percebendo a relação entre padrões e estruturas.

Partindo dessas compreensões sobre como as artes podem contribuir no ensino em STEM, foram levantadas algumas contribuições de professores que formulam o incremento do novo silo. Boy (2013) faz uma interpretação das artes enquanto estimuladoras da capacidade criativa, sugerindo a adoção do Design Centrado no Humano enquanto possibilidade de instrução para uso nas aulas STEM.

Watson (2013) defende que as artes são necessárias no ensino da engenharia pois os produtos idealizados devem despertar senso estético nos usuários, sendo assim um ponto de criticismo das propostas como também de estratégia mercadológica como um todo. A partir de uma visão estritamente comercial, extrai-se do texto que “a inclusão do pensamento artístico na formação de cientistas e engenheiros melhora sua capacidade de criar produtos e serviços relevantes” (Watson, 2013, p. 2).

Daugherty (2013) reposiciona a reputação das artes nos currículos escolares, nos mais diversos níveis de ensino, atentando para o fato de que, para além das necessidades humanas, o desenvolvimento artístico proporciona um desenvolvimento criativo que será basilar nas profissões do futuro. Para tal, o autor em questão propõe que a experiência em estúdios de pensamento seja estimulada.

Os estúdios de pensamento podem ser entendidos como momentos onde a tarefa é pensar sobre a solução do problema proposto, sendo este intervalo utilizado também para o aprendizado, investigações e descobertas. Chega-se ao ponto,

então, que o pensamento e a capacidade criativa aparecem enquanto potencialidade das artes para o desenvolvimento de Projetos STEM.

Os argumentos comprovam que as artes podem contribuir de maneira efetiva para uma educação que se ponha a articular as áreas de ciências, tecnologia, matemática e engenharia. Porém, um processo investigativo sugere escolhas visando potencializar os olhares sobre aspectos da pesquisa que necessitam de delimitações. Neste momento, compreender o encadeamento entre as áreas STEM já é um grande desafio, devendo a inserção das artes ser o objetivo de estudo em outras oportunidades.

A simbiose entre diversas perspectivas de ordem econômica, política, social e pedagógica para o STEM tornam o entendimento da proposta bastante confuso. Nos tópicos a seguir, serão apontados os parâmetros básicos que direcionam a abordagem enquanto proposta de ensino, como também serão mostradas as interlocuções entre o PjBL e o STEM, a partir de propostas para a estruturação de uma intervenção em sala de aula.

2.2 CONCEITUANDO STEM

Em linhas gerais, pode-se afirmar que o STEM pretende ser uma forma diferenciada de abordagem para as disciplinas do acrônimo, acontecendo de maneira mais efetiva nas aulas de ciências e/ou matemática, de maneira que haja a inserção de práticas e desafios da engenharia, ligadas a tecnologia, em todo o currículo do ensino básico, por meio da integração entre ciências, tecnologias, engenharia e matemática.

Estabelecer uma integração satisfatória entre essas áreas é o desafio, haja vista os anseios para que a iniciativa ofereça aos estudantes ferramentas para lidar com as questões contemporâneas e suas implicações nas esferas política, econômica, social e ambiental. O avanço com a proposta envolve o desenvolvimento das capacidades criativas, de comunicação, de resolução de problemas complexos e não estruturados, além do pensamento crítico e da colaboração (Bacich e Holanda, 2020).

Para concretizar esse arcabouço de habilidades no ambiente escolar, Pugliese (2020) identifica que a adoção da Perspectiva STEM se dá em várias

vertentes, ao considerar que esta pode vir a assumir um viés de política pública, estimular um necessário repensar sobre o papel da escola, a adaptação dos currículos para incluir temas como computação e design na busca pela interdisciplinaridade entre as áreas e, por fim, adotar essa metodologia nas salas de aula.

Quanto às duas últimas ramificações do STEM, Kelley e Knowless (2016) definem a perspectiva como a abordagem que ensina conteúdo STEM de dois ou mais domínios, conectando práticas STEM em um contexto autêntico para melhorar a aprendizagem dos alunos. Isso significa que, ao mobilizar dois ou mais campos de conhecimento, já estamos proporcionando uma experiência válida em STEM (Stohlmann, Roehrig e Moore, 2014; Thibaut et al., 2018).

As prerrogativas acima servem para estabelecer diferenças entre o STEM e o movimento maker. É fato notório que, em uma abordagem que se pensa capaz de dotar os estudantes de autonomia na criação de soluções para problemas e projetos, alunos venha a colocar a “mão na massa” e construam seus próprios produtos. Porém, o movimento maker passa muito mais pela união de pessoas, estudantes ou não, que se engajam a partir do lema “Do it yourself” (faça você mesmo) (Samagaia e Delizoicov, 2015).

Mesmo que a inserção da robótica em aulas de ciências e matemática venha ganhando espaço, a utilização de linguagens de programação e robôs em aulas e projetos que tenham como abordagem o STEM é facultativa, cabendo aos professores avaliarem se o projeto ou problemática proposta suscitam a necessidade desses aparatos.

Assim sendo, a conceituação do STEM vem passando por adaptações ao longo do tempo. No início, o desejo governamental em formar profissionais que pudessem desenvolver habilidades em ciências, tecnologias e matemática, teve como aglutinador natural a engenharia, sendo que para tal, foram incorporadas também os princípios formativos de engenheiros dessas escolas, que em muito ainda resistem à mudanças e perpetuam o ensino de maneira positivista.

Um importante incentivador do STEM, enquanto proposta de unidade entre áreas predispostas ao desenvolvimento de habilidades e competências para o suprimento de mão-de-obra qualificada para o mercado de trabalho do século XXI, é

o pesquisador estadunidense Rodger Bybee. Em um texto editorial curto para uma edição da Revista Science, de 2010, o entusiasta aponta que “alunos devem adquirir habilidades como adaptabilidade, comunicação complexa, habilidades sociais, resolução de problemas, autogestão e pensamento sistêmico para competir na economia moderna” (Bybee, 2010, p. 996, tradução nossa).

É importante reiterar que, nesta época, as discussões ainda ficavam distantes de um consenso para uma prática docente que contemplasse questões mais abrangentes e tornassem os estudantes cidadãos mais críticos para com os acontecimentos científicos do cotidiano, mas, ainda assim, Bybee ressalta que o STEM possibilita formar para a tomada de decisões em áreas como eficiência energética e uso racional dos recursos.

As tentativas de conceituar o STEM ganham corpo a partir da década de 2010, haja vista grandes investimentos serem feitos para que esta perspectiva avançasse nas escolas estadunidenses. Breiner et al. (2012) investigou concepções em STEM, deparando-se com respostas em três dimensões, onde uma delas versa sobre entendimentos educacionais, outra sobre os discursos oficiais de entidades que elaboravam as políticas e, finalmente, concepções pessoais dos professores que utilizavam ou não o STEM em sala de aula.

Para a primeira abordagem, os autores descrevem que as disciplinas de química, física, matemática e até as linguagens precisam ser vistas como uma unidade, onde as tarefas em cada uma delas sejam integradas, assim como nas atividades de um engenheiro ou de um químico. No entanto, os autores reiteram que essa concepção já permeou discussões em tempos antigos, citando inclusive passagens do início do século XX com esse propósito.

Em relação a um discurso político e social da ideia STEM, a integração entre as áreas acabou por ser ineficaz, deixando de despertar o interesse dos estudantes nessas disciplinas. Um dos motivos apontados pelos autores é a baixa compreensão dos legisladores sobre o que de fato vem a ser o STEM, e como esta abordagem pode ajudar os estudantes a se tornarem cientistas ou engenheiros.

Por fim, os autores sugerem que há concepções pessoais em STEM, principalmente atreladas às opiniões dos pais e os entendimentos deles sobre o que e qual a necessidade de aproximarem os filhos deles na perspectiva STEM.

Segundo o estudo em discussão, constatou-se que apenas um quarto dos pais achavam importante que os filhos se apropriassem melhor de ciências, matemática e tecnologias, como também observou-se que 86% (oitenta e seis por cento) dos pais desconhecem a proposta.

Um outro olhar sobre a conceituação do STEM é apresentado nos trabalhos de Pugliese (2020). Para este autor, são tantos os aspectos que se relacionam com a abordagem, que melhor seria tratar a integração das disciplinas do acrônimo com um grande movimento, com implicações metodológicas, curriculares e até mesmo sobre as funções da escola.

Dessa forma, o que até aqui fora tratado como uma abordagem, passa agora a ser tratado como um conjunto de desafios que se move e remodela a partir da contribuição de diversas partes interessadas. Os professores, ao assumirem ser parte do movimento, se voltam em busca de uma proposta didático-pedagógica que facilite a integração entre as disciplinas.

No caso dos gestores escolares, há a necessidade de maior envolvimento sobre as possibilidades curriculares que facilitem, no espaço-tempo escolar, a conexão entre diversos saberes, o que acarreta em uma pedida para que os governantes das mais diversas esferas repensem as políticas públicas de fomento e estruturação pedagógica do STEM.

Desenvolver o raciocínio, conforme descrito anteriormente, é importante pois ficará claro, nas palavras que seguem, a pluralidade do entendimento sobre o que vem a ser o STEM e as formas como esse se manifesta na sociedade, havendo então a necessidade de sempre deixar destacado, nesse tempo, qual a perspectiva que vem sendo abordada em cada uma das passagens discutidas. É relevante afirmar que, para efeitos desta tese, apenas a dimensão educacional será investigada, conforme objetivos de pesquisa traçados anteriormente.

2.2.1. O processo de design em engenharia no STEM Project-based Learning

Sobre uma proposta didático e pedagógica que retratasse os anseios da Perspectiva STEM em sala de aula, Capraro e Slough (2013) estruturam um arranjo, onde o aprendizado obtido pela experiência da realização de projetos pudesse ser indicado para aumentar o conhecimento do alunado nas disciplinas ligadas ao

STEM, o que chamaram de Aprendizagem Baseada em Projetos STEM. Tendo como foco das intervenções os níveis fundamental e médio de ensino, tarefas mal-estruturadas dão contexto a realização de tarefas que visam construir soluções bem definidas, assim como acontece na vida real.

Em outras palavras, as características apontadas para o STEM somam-se àquelas enunciadas para o PjBL, formando um arranjo que potencializa o manancial de atributos. Para Hanif et al. (2019), esse modelo pode inserir os estudantes em uma dinâmica agradável e interessante, aumentando a motivação para a apreensão de conceitos. No entanto, a proposta recai sobre a mesma necessidade apontada para o PjBL em seções anteriores: para que seja viável, deve-se guarnecer a abordagem de uma estruturação que ordene as etapas do projeto, de acordo com os objetivos definidos pelos docentes.

Como em STEM a centralidade do processo recai sobre o componente engenharia, Morgan, Moon e Barroso (2013) sugerem a utilização do processo de design peculiar da engenharia (Engineering Design Process - EDP) para que o projeto seja percorrido de uma forma melhor estruturada, sempre destacando que as etapas definidas devem admitir certa flexibilidade, sob a pena de tornar o processo burocrático e engessado.

De acordo com Kartini, Widodo e Winarno (2020), incorporar o processo de design em engenharia aproxima os estudantes da realidade com a qual os profissionais das áreas STEM se deparam em seus trabalhos, uma vez que as atividades de projeto no ambiente escolar estão mais atreladas a vida real. Torna-se importante discutir como os aportes STEM, PjBL e EDP dialogam entre si.

Os conceitos teóricos convocados para compor o arcabouço epistemológico admitem que o STEM é essencial para conferir **propósito** à iniciativa, delineando as razões para sua aplicação. Por outro lado, o PjBL é empregado como uma **abordagem** de ensino que permite verificar a integração entre as áreas do STEM. Por fim, concluiu-se que a **estratégia** mais adequada para desencadear as ações do projeto seria adotar o processo de design em engenharia, pois esse enfoque engloba tanto a investigação quanto a efetiva construção dos produtos.

A Perspectiva STEM propõe-se a nortear o conjunto de orientações para o planejamento e implementação da aprendizagem por projetos em uma intervenção,

apontando as maneiras como os conteúdos das áreas podem ser mobilizados e inculcando os valores a serem construídos por toda a dinâmica. A abordagem de aprendizagem utilizada para que essas nuances sejam materializadas é por meio do PjBL, onde haverá o desenvolvimento das capacidades esperadas para esse tipo de modelo.

Conforme discutido em seções anteriores, o processo de design transcorre em sete etapas, que iniciam com a completa identificação do problema de projeto sob a ótica da engenharia até a apresentação final do produto desenvolvido. Em algumas proposições há ainda uma fase sobressalente, dedicada ao redesenho do projeto caso haja necessidade.

Nos estudos de Kennedy e Odell (2014) são elencadas as características da Perspectiva STEM, a partir de suas inclinações em relação à amplitude das concepções adotadas, à natureza dos projetos, à prática docente e questões pedagógicas de ordem geral. Conectar os estudantes com as comunidades nas quais estão inseridos e às forças de trabalhos mais amplas, fornece uma perspectiva global, onde as interações em sala de aula denotam a amplitude das ações em STEM, haja vista seu caráter interdisciplinar e multicultural.

Há espaço ainda para a reiteração do aprendizado rigoroso para as ciências e matemática, como também uma integração, mínima que seja, com a engenharia e tecnologia para que o STEM, enfim, possa ser exitoso. Outra indicação apresentada diz respeito a busca por soluções inovadoras, incentivando “colaborações entre as partes interessadas na educação, governo, empresas, comunidade e mídia para coordenar o desenvolvimento e a disponibilidade de recursos educativos STEM” (Kennedy e Odell, *ibidem*, p. 256, tradução nossa). É válido ressaltar que a ação integrada entre universidades, governos, mercado e sociedade formam o modelo para o sistema de inovação - quádrupla hélice - bastante disseminado nos dias atuais.

Uma das conclusões possíveis para a discussão assume a aprendizagem por projetos como estratégia para o aprendizado, respeitando suas acepções mais voltadas à solução de problemas do mundo real, mediadas pelo design de engenharia, atuando na promoção da investigação enquanto processo de realizar perguntas e condução de inquéritos, com o intuito de promover uma experiência

prática onde as mãos materializam os requisitos ora idealizados. A tendência na utilização da aprendizagem por projetos, enquanto estratégia de ensino e aprendizagem em STEM, pode ser encontrada nos estudos de outros autores, entre eles Green (2014), Information Resources Management Association / USA (2015), Kelley e Knowles (2016), etc.

Finalizando o enquadramento dos atributos estabelecidos por Kennedy e Odell (2014), chega-se às proposições pedagógicas nas quais os autores retomam o clamor por uma educação que desafie os alunos a inventar e inovar, como também indica nominalmente a aprendizagem por projetos e por problemas para a obtenção de resultados específicos e significativos.

Como pôde ser visto nas linhas acima, o STEM teve como ideia inicial preparar estudantes para o trabalho nas áreas da ciências, da engenharia e da tecnologia, o que provocou um forte investimento financeiro governamental nos EUA, tanto para que uma estrutura adequada pudesse ser construída nas escolas, como também montantes significativos foram utilizados na formação dos professores.

Com isso, pesquisadores em Ensino de Ciências do mundo todo se puseram à disposição para tentar compreender, efetivamente, como estava acontecendo a implementação do acrônimo em sala de aula, o que fez surgir uma série de críticas, que questionam ora o viés voltado quase que exclusivamente ao trabalho, em outro momento centrou a falta de discussões de cunho social, político, econômico e ambiental, chegando finalmente as proposições de cunho pedagógico escolhidas. O conjunto de críticas dos diversos autores será debatido no tópico a seguir.

2.3 CRÍTICAS AO STEM

Como forma de subsidiar os questionamentos para a Perspectiva STEM, um levantamento foi realizado para encontrar publicações que apontassem lacunas em relação à Educação em STEM e as experiências que puderam ser analisadas pelos estudiosos. Propondo-se a investigar na literatura disponível a contribuição das disciplinas em STEM para a aprendizagem, McDonald (2016) procurou compreender os discursos relativos a uma pretensa Alfabetização STEM, onde foram levantados 237 trabalhos, na tentativa de encontrar fatores que influenciassem diretamente o

engajamento dos estudantes nas dinâmicas, como o papel do professor em STEM, as práticas pedagógicas e a verificação tanto da aprendizagem como do desempenho discente.

Os resultados das observações trouxeram três fatores que influenciam diretamente na execução das tarefas em STEM. A primeira delas é a queda de engajamento discente nos anos do ensino médio, fator que causa imediata preocupação, haja vista ser o nível de ensino que antecede a entrada na educação de nível superior. O segundo ponto diz respeito à utilização de propostas pedagógicas que aumentem o nível de engajamento anteriormente descrito, tendo como último fator o papel do professor ao ministrar uma experiência em STEM, havendo uma relação direta entre a boa formação docente e os níveis de engajamento estudantil.

Para que se pudessem melhor compreender a situação da prática em Educação Integrada STEM no ensino médio, Thibaut et al. (2018) fizeram um levantamento da literatura, buscando encontrar basicamente em quais teorias da aprendizagem se baseiam a proposta, procurando ainda entender quais as práticas instrucionais que alicerçaram as atividades em STEM. Para tal, organizaram uma visão geral de ambas as questões.

De forma abrangente, os autores em tela elencaram as informações encontradas em 5 (cinco) grupos de práticas instrucionais mais encontradas nos trabalhos: a integração do conteúdo STEM, a aprendizagem centrada no problema, aprendizagem baseada na investigação, aprendizagem baseada no design e aprendizagem cooperativa, todas estas tendo como base o social-construtivismo.

Em relação aos apontamentos deste trabalho, visualizou-se que a aprendizagem baseada em projetos ficou de fora do rol de estratégias encontradas pelos pesquisadores. No entanto, ainda neste artigo, visualiza-se a aprendizagem por projetos como uma das maneiras de proporcionar uma aprendizagem centrada no problema, o que encontra afinidade com os anseios orientadores desta tese.

Encerrando essas palavras iniciais, para que se possa melhor entender as críticas à Educação em STEM, outro estudo é examinado, para que dessa vez as concepções sobre transdisciplinaridade pudessem ser observadas, tendo ainda seus

discursos analisados. Takeuchi et al. (2020) se propuseram a investigar quais as forças hegemônicas por trás das argumentações em busca da unidade STEM.

Os autores em tela posicionaram-se criticamente a abordagem, destacando que se faz necessário um distanciamento de discursos em STEM que tenham como base a formação de capital humano para o trabalho, ampliando o potencial de pesquisas em STEM que superem a hegemonia disciplinar da ciência. Outro ponto importante do estudo aponta que o uso do design restringe a melhoria iterativa, em detrimento a incorporação de outras possibilidades de conhecimento estruturado como das artes, humanidades e estudos sociais. Esse estudo contempla ainda que uma possibilidade de pesquisas em STEM deve considerar suas dimensões ontológicas e epistemológicas.

De maneira geral, as críticas remetidas à Educação STEM centram-se em dois pontos, onde o primeiro deles destaca a obsessão pela formação para a vida profissional em áreas ligadas à ciência e à tecnologia, seguidos de uma desatenção quanto às proposições já consolidadas na academia, principalmente oriundas do sul global, no que diz respeito à unidade de conhecimentos enquanto estratégia de ensino.

Corroborando com as preocupações dos estudiosos anteriormente discutidos, De Freitas et al. (2017) reitera a necessidade de aprofundamentos filosóficos que possam servir como bases teóricas para concepções e ações em STEM, sugerindo que um caminho mais assertivo para esse objetivo seria “se engajar com estudos que levam a perspectiva crítica além das limitações anteriores e binários super simplificados entre ciência e cultura” (p. 552).

Essas constatações são importantes, segundo esses autores, pois concepções dessa natureza podem romper com dualismos historicamente arraigados como dicotomias entre ciência e natureza, humano e não-humano, masculino e feminino, ciência e humanidades, ao passo que também problematiza entendimentos pós-modernos que preconizam a relativização da verdade. É a partir da superação destes estigmas que a nova forma de educar ganha corpo onto-epistemológico, didático e pedagógico.

Outra parcela de trabalhos confrontam as perspectivas neoliberais da Educação em STEM. Para Bencze et al. (2018), o tipo educativo sugerido pelo

acrônimo faz entender uma certa esperança no desenvolvimento econômico que destoa do que vem sendo construído nos últimos anos pela versão mais cruel do capitalismo, servindo como uma cortina para esconder os diversos problemas de ordem social e ambiental que a ideologia naturalmente impõe.

Por conta do descrito, os autores entendem o STEM como um Cavalo de Tróia para a educação, em especial em ciências, donde propõem que seria o STEM uma oportunidade para que a aprendizagem nas diversas áreas tenha como perspectiva a justiça social e ambiental, como também pudessem interceder por uma Educação em STEM crítica e ativista. Ainda nesse mesmo texto, há um debate franco sobre a forma elitista de fazer e decidir sobre ciências, havendo assim uma necessidade de ampliar o espaço de discussão com outros atores importantes das sociedades.

Mais uma crítica em relação aos pressupostos filosóficos de STEM pode ser vista no artigo elaborado por Teeple (2018), onde afirma, após dialogar com diversos autores que ao longo do tempo propuseram tipos educativos sugerindo a junção dos conhecimentos em uma prática docente, que os entendimentos de Robert Bybee para a reforma educacional em exercício continuam a exercer um *status quo* opressor, mediado pelo capitalismo e a formação de capital humano para o trabalho em ciência e tecnologia.

O autor citado reitera, ainda, que proposições filosóficas que contemplem fundamentos ontológicos, axiológicos e epistemológicos na educação podem servir como fonte basilar para as interações em STEM. Desde já, é importante mencionar que os autores que criticam a proposta apontam soluções para um “acerto de rumo” das ações em STEM, sem que para isso deem a entender que a proposta é ruim ou deva ser descartada.

Um último exemplo sobre o tom sugestivo das críticas em STEM que partem do norte global está em McComas e Burgin (2020). Os autores apresentam as diversas lacunas entre o que foi construído enquanto aporte teórico e metodológico para as práticas em STEM e a forma como essas ações vêm sendo executadas nas salas de aula, sugerindo uma verdadeira integração entre as áreas através da adoção do STEM Integrado ou I-STEM, uma vez que, segundo ele, há um

direcionamento para o trabalho em engenharia e tecnologia em detrimento a um aprofundamento em ciências e matemática.

Uma passagem importante deste texto se dá no momento em que os autores apontam para as potencialidades do uso da aprendizagem por projetos para as atividades em STEM, donde descreve que, em uma competição de robótica foi perguntando a um estudante participante o que ele havia aprendido de ciências e matemática no desenvolvimento do seu produto, obtendo como resposta “Nós não aprendemos matemática e ciências, isso é tudo sobre soft skills” (p. 821).

Algumas críticas às atividades em STEM são um pouco mais incisivas e colocam em xeque inclusive a originalidade dessa nova forma de ensinar e aprender ciências nos dias atuais. Perales-Palacios e Aguilera (2020) traçaram uma linha de similaridades e distanciamentos entre o STEM e o consolidado movimento CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade), visando elencar contribuições de ambos, a partir de suas origens e provocações.

Após levantar uma série de estudos, os autores anteriormente citados observam que, enquanto o CTS faz um debate profundo da ciência e da tecnologia em relação a suas consequências sociais, o STEM pretende articular áreas do conhecimento para o aproveitamento destes na construção de um artefato. O papel da Tecnologia nas duas propostas é totalmente diferenciado: enquanto no STEM ela se propõe a ser um elo entre a escola e o desenvolvimento econômico, o CTS questiona as implicações das tomadas de decisão no uso das tecnologias.

Já nos estudos de García-Carmona (2020) encontram-se críticas mais severas à Educação em STEM, a começar pelo título: uma nova distração para o ensino de ciências? Essa indagação permeia todo o desenrolar do seu pensamento, baseado inclusive nas mesmas críticas levantadas no artigo citado anteriormente, pois entende que o movimento CTS já abarcava a discussão em torno das áreas do conhecimento, fazendo do STEM um aporte que visa, entre outras coisas, ser um grande produto de forte apelo comercial.

De toda forma, García-Carmona aponta ainda o STEM como uma metodologia “requeitada”, haja vista que a formação de professores em ciências que propicie uma visão holística e que dê conta da disseminação do conhecimento científico, em relação a suas implicações na vida real, já acontecem desde bem

antes da concepção do STEM. Desta forma, o autor conclui ser o STEM uma forma de distrair os professores em relação aos velhos entraves para o ensino de ciências da atualidade.

Embora a gama de posições acima deixem claras as adversidades acerca da perspectiva, principalmente no que tange às aspirações de uma formação voltada ao trabalho e as dificuldades em se estabelecer uma dinâmica diferenciada para conectar conteúdos, aspectos relacionados à caracterização do STEM legitimam sua proposição ao delinear a proposta de ensino como aquela que dialoga com o uso de tecnologias enquanto mobilizador de conteúdos em ciências e matemática, a partir de um problema em engenharia.

A tentativa de trazer a perspectiva para um viés mais humano é um componente importante, mas que precisa estar além da inserção das artes no acrônimo. Ao serem elencadas as afinidades entre o STEM e o PjBL, percebe-se que apontamentos mais atuais destacam o foco no usuário/cliente, o que pode direcionar as soluções para aspectos ligados a inclusão, cidadania e o respeito aos direitos humanos, o que denota preocupações com a abrangência das implicações causadas pelas definições de um projeto em engenharia.

Face a todo o exposto, no que diz respeito às conceituações e críticas relativas à Educação em STEM, esta tese será continuada a partir da reflexão dos apontamentos levantados, o que culmina na oferta de uma discussão mais aprofundada do que podem ser os traços característicos basilares para a experiência didática a ser proposta mais adiante, como também será destrinchado o conjunto de valores aqui encampados, conforme pode ser visto no item a seguir.

2.4 ESTRUTURAÇÃO STEM

De maneira análoga ao que foi elaborado para o PjBL em seções anteriores, os esforços estarão voltados, agora, para a apresentação de uma estrutura de trabalho em STEM, a partir de seus atributos constituintes. Para que se possa compreender como as quatro áreas formadoras do STEM podem ser articuladas, buscou-se levantar características a partir de suas essências, ou seja, propriedades em Natureza da Ciência - NdC, da Engenharia, da Matemática e da Tecnologia.

Vários são os estudos que trazem os elementos essenciais da NdC. Abaixo, seguem algumas dessas características, extraídas a partir do consenso entre diversos pesquisadores dos tempos de agora (Forato, Pietrocola e Martins, 2011; Vilas Boas et al., 2013; Azevedo e Scarpa; 2017):

- i. Compreender a ciência como uma atividade construída historicamente por homens e mulheres que sentiam as demandas dos tempos históricos que viveram;
- ii. Perceber que o fazer científico é mediado pela cultura, por valores e questões de ordem financeira, o que denota seu caráter parcial e falível;
- iii. Ter consciência sobre os limites para a validação dos pressupostos científicos, vencer o dogmatismo científico e proporcionar o pensamento crítico e reflexivo, tanto interno às ciências como no ambiente externo;
- iv. Conhecer o método científico como forma de elucidar a construção do conhecimento em ciências, refletindo sobre as relações entre os entes pesquisados e com certo domínio da linguagem científica;
- v. Entender como se faz ciência, as tarefas, percalços e desafios da profissão e das descobertas científicas.

As sentenças listadas perpassam para as outras áreas do conhecimento, influenciando na forma de se fazer e ensinar Engenharia, Tecnologias e Matemática. No que diz respeito a essa última, no caso, a Matemática, estudiosos também advogam por esta enquanto ciência humana constituída ao longo do tempo. Dossey (1992) desenvolve seu raciocínio em relação ao papel da Natureza da Matemática (NdM) e a influência desta para com o ensino e a pesquisa na área, donde estabelece algumas características básicas:

- (i) os objetos matemáticos são criados ou inventados pelos humanos;
- (ii) surgem a partir da atividade intencional com objetos criados anteriormente por necessidade da ciência ou da vida cotidiana; e
- (iii) os objetos matemáticos têm propriedades bem definidas, e que apesar de certa dificuldade em sua concepção, a humanidade desfruta deles, independentemente se a humanidade os compreende ou não. (p. 42).

Em Silva (2020) encontra-se ainda que “a Natureza da Matemática está relacionada à simplificação, generalização, formalização, demonstração, intuição, indução e dedução, abstração” (p.45), onde a relação entre esses componentes na busca de padrões configura a atividade em essência da matemática. Em engenharia, é bastante usual que processos possam ser escritos em forma de equações, para que sejam simuladas respostas a partir da manipulação de variáveis.

No que tange a Natureza da Engenharia – NdE, tem-se a expectativa de reproduzir em sala de aula os afazeres cotidianos desses profissionais, percebendo como mobilizam conhecimentos científicos e tecnológicos para a elaboração de soluções que venham a atender as demandas da sociedade, como também relacionar as decisões tomadas com suas implicações sociais, políticas, econômicas e ambientais.

Para Voss, Klinker e Kruse (2020), os tópicos que constituem a NdE são as restrições, modelos, iterações, colaboração, otimização, compensações e processo de design. No entanto, foram nos estudos de Karatas et al. (2011) que ficaram mais evidentes os elementos que formam a Natureza da Engenharia, onde é elencado o conjunto de características:

As soluções de engenharia são provisórias; envolvem a concepção de artefatos e sistemas; dependem de dados extraídos de teorias científicas e matemáticas existentes, bem como fracassos e sucessos no campo; são afetados por normas culturais e pelas necessidades da sociedade; envolvem atividades de resolução de problemas iterativas e colaborativas graduais; requerem criatividade, imaginação e a capacidade de integrar diferentes ciências, matemáticas e valores sociais e teorias de novas maneiras; são o resultado de um complexo esforço humano, requerendo pensamento analítico para simplificar problemas complexos; e são uma abordagem holística de sistema aberto que requer a consideração de todos os aspectos e perspectivas, não apenas de artefatos e clientes, mas também de seus efeitos no meio ambiente, nos indivíduos, na sociedade e na cultura. (p. 125, tradução nossa).

Para concluir o levantamento de características nas quatro áreas do STEM, propõe-se ampliar os entendimentos sobre a Natureza das Tecnologias – NdT. Para Acevedo Díaz e Garcia-Carmona (2016), uma boa forma de visualizar como a tecnologia se demonstra no dia a dia é através de um acontecimento histórico referente a uma disputa entre dois dos grandes pensadores da história da humanidade: Nicola Tesla e Thomas Edison, no episódio da guerra das correntes.

Esse fato é de suma importância, inclusive, para os percursos da engenharia elétrica, haja vista que a batalha se constituía em provar qual das opções era a melhor para o suprimento de energia elétrica da população no começo do século XX, se a corrente seria do tipo contínua ou alternada. Vários foram os embates públicos entre os dois pesquisadores para que a alternativa defendida por Tesla (a corrente alternada) ou a corrente contínua (defendida por Edison) fosse apresentada como a mais adequada.

Os autores acima mencionados pontuam que Tesla e Edison não eram “cientistas”. Tesla formou-se engenheiro eletricitista e usou seus conhecimentos para desenvolver a máquina de corrente alternada de forma praticamente artesanal. Já Edison era, para além de um inventor, um empresário bem-sucedido, fundador da General Electric Company.

Baseado nessa história verídica e importante, Acevedo Díaz e Garcia-Carmona (ibidem) apresentam, fundamentados nos estudos de Waight e Abd-El-Khalick (2012), seis dimensões fundamentais da Natureza das Tecnologias: (i) o papel da cultura e dos valores; (ii) o progresso tecnológico; (iii) a tecnologia como parte dos sistemas; (iv) a difusão das tecnologias; (v) a tecnologia como panaceia para solucionar problemas e; (vi) a perícia e habilidade tecnológica.

Os espaços de manifestação da natureza tecnológica são encontrados nos estudos de Firme (2020), totalizando quatro situações, descritas como “artefato; modo de conhecimento; tipo de atividade humana; e como volição” (p. 71). Para entender o último desses termos, Cupani (2016) a descreve com base nos apontamentos de Mitcham (1994) como sendo “determinada atitude humana perante a realidade” (p. 16). Ao ser tratada no âmbito tecnológico, sugere critérios mais subjetivos na relação do homem com a tecnologia, correlacionados às expectativas advindas pela novidade tecnológica.

Ao realizar o confronto entre os aspectos levantados para a natureza de cada área do STEM, uma série de traços comuns podem ser elencados. Inicialmente, percebe-se que atuar nesse campo profissional requer a assimilação de um caráter **humano e histórico** de suas atribuições, mediados pela **cultura** no tempo histórico considerado, que esses campos estão a serviço da **resolução de problemas e construção de conhecimento** de cada época, respeitados seus **métodos**,

desafios e estágios de desenvolvimento e que por mais determinístico que possa parecer, as soluções têm caráter **provisório**, o que incute no pensamento as **incertezas** e os **desafios**, dotando da noção de que cada componente do STEM é **parte** de um processo bastante complexo.

Modular as características de cada uma das áreas, a partir de suas características comuns, facilita a compreensão dos propósitos da Educação em STEM. Ainda assim, estudos trazem que há uma polissemia quando a temática é analisada. Em uma revisão de literatura encampada por Martín-Páez et al. (2019) encontra-se termos diferenciados para proposições parecidas, como Educação (Education), Alfabetização (Literacy), Currículo (Curriculum), Disciplina (Subject), Identidade (Identity), Aprendizagem (Learning), Integração (Integration) e Ensino (Teaching), sendo esta última levemente mais utilizada.

Esses autores apontam, ainda, que os quadros teóricos para a definição do termo são inconsistentes, podendo representar, inclusive, a comunicação do desempenho nas disciplinas que compõem a proposta, o que pode incorrer na inferência de um estudo sem que houvesse uma integração real dos componentes. Porém, encontra uma convergência no sentido de estabelecer aspectos fundamentais a serem considerados na concepção e aplicação STEM, que são “onde, como, para quem e em que condições esta é desenvolvida” (Martín-Páez et al., *ibidem*, p. 815)

Para compreender que o movimento STEM é multifacetado, chega-se aos entendimentos de Pugliesi (2020), onde afirma que a perspectiva adquire significados diferentes mediante o *locus* de manifestação de suas intenções, podendo aparecer no formato de política pública (com implicações no currículo), de método em ensino e aprendizagem, de noção sobre integração de saberes em um currículo de ciências e como um componente que define a função da escola.

Para efeitos, neste trabalho de tese, serão permeados os entendimentos enquanto proposta para utilização com os alunos em salas de aula, o que remete a elaboração de uma estrutura de trabalho (framework) para a concepção da intervenção, de modo que possam descrever como cada um dos silos contribui para a construção de soluções de projeto e interação entre si. Inicialmente, serão

apontadas quais os aportes teóricos que dão suporte às propostas de estruturação do trabalho em STEM.

Ortiz-Revilla, Greca e Arriassecq (2022) defendem que essas bases devem emergir de uma composição em tríade formada pelo comprometimento científico em métodos, objetivos e teorias. Para os métodos, são indicadas proposições em sala de aula que favoreçam a aprendizagem baseadas na investigação sociocientífica, enquanto que os objetivos devem proporcionar o desenvolvimento de competências.

Em relação às acepções teóricas, sugeriu-se pensar essa dimensão em três eixos, que são a epistemologia, a psicologia e a didática. Para a primeira, os autores entenderam que o ente aglutinador entre as áreas do STEM é a vocação para a resolução de problemas, enquanto que a psicologia é debatida no contexto da assimilação, adaptação e acomodação preconizadas por Piaget, e a teoria socio-interacionista de Vygotsky. No que concerne a didática, foi colocado que o aporte

visa a criação de uma educação STEM integrada cujos objetivos partem das representações ou obstáculos dos alunos para melhorar o seu desenvolvimento de competências (Ortiz-Revilla, Greca e Arriassecq, 2022, p. 395, tradução nossa).

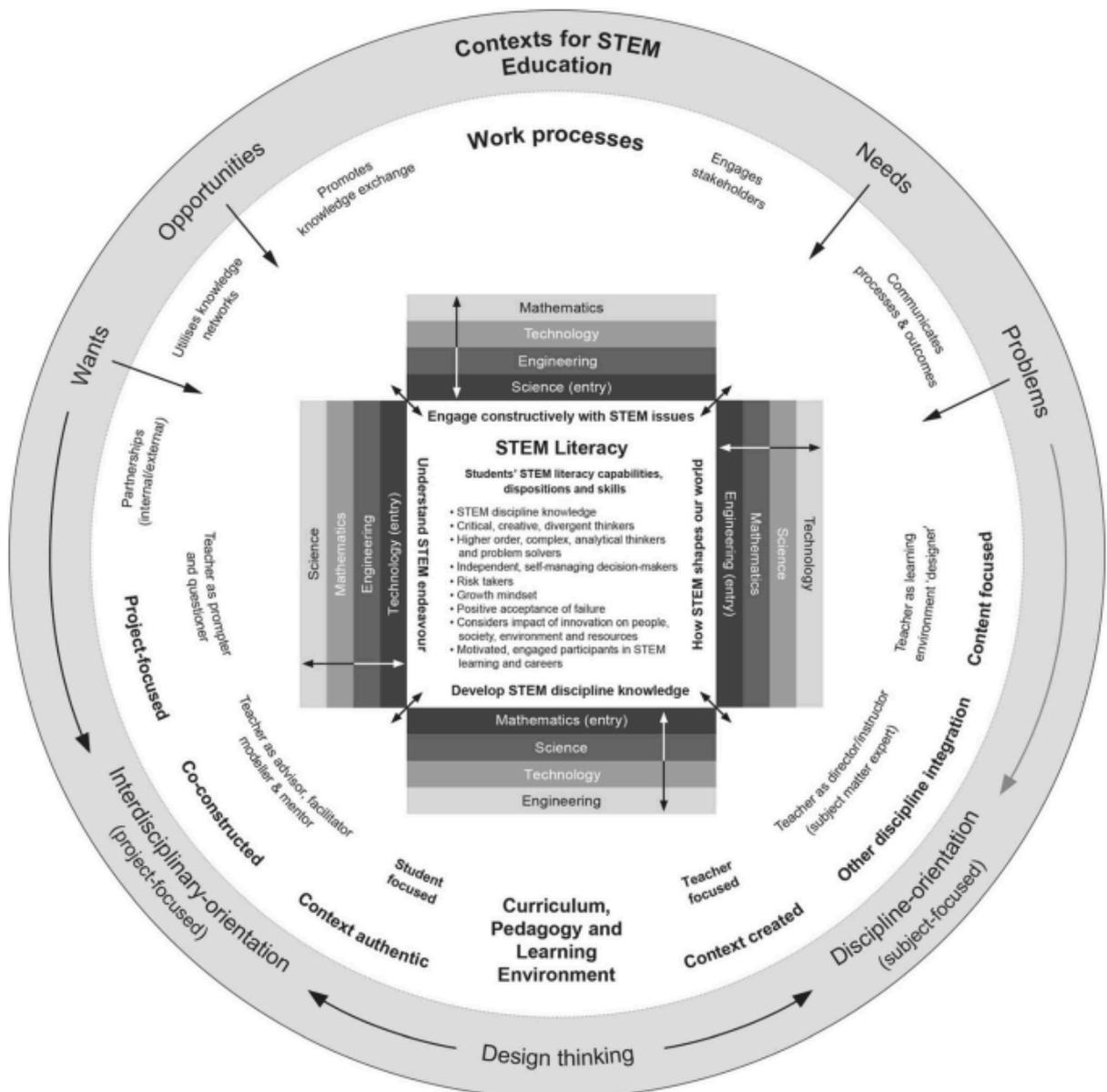
Em um artigo de cunho filosófico, Hallström e Ankiewicz (2023) retomam a conceituação dimensional da tecnologia proposta por Mitcham (1994) - e já discutida em linhas anteriores - dotando-a de uma roupagem moderna sob a ótica do design, e com isso conflagrar uma nova perspectiva para a estruturação da integração para as disciplinas STEM.

Nesta reinterpretação, o conhecimento humano em STEM, interpretado como a parcela epistemológica da proposta, somado a parte axiológica determina como vontade (volição) em STEM estão em uma mesma esfera de interações, que podem resultar em objetivos STEM (item ontológico da proposição) desde que sejam mobilizados para tal a partir de atividades de design, fonte da metodologia utilizada no percurso dos trabalhos.

De maneira geral, os frameworks congregam elementos fundamentais para a implementação da STEM Education, justamente, a partir de características similares às apresentadas para a natureza de cada uma das áreas da abordagem. Partindo de uma estrutura mais abrangente, Falloon et al. (2020) indicaram um sistema que envolveu habilidades, ações, atributos e expectativas para compor as bases da

Alfabetização em STEM (Figura 2) que perpassam os anos de escolaridade básica do sistema educacional estadunidense. Para estabelecer as premissas, determinou quais os pilares que sustentariam o empreendimento, chegando a quatro bases que são o conhecimento, engajamento, esforço e consciência.

Figura 2 – Estruturação das interações STEM



Fonte: Fallon et al. (2020)

O diagrama denota que a trajetória dos apontamentos parte da superfície para o centro do círculo. Na faixa hachurada em cinza, têm-se as motivações e as abordagens para o ensino em STEM, com foco na disciplina e no projeto. A primeira envoltória, logo após, descreve os elementos constituintes da Educação em STEM,

que são bastante parecidos com os elencados para a aprendizagem por projetos. O rol de comportamentos esperados na ação do professor está no anel a seguir, delimitando enfim a matriz curricular, pedagógica e didática.

No centro do disco tem-se a articulação entre as áreas do STEM, culminando nos elementos chave da proposta: habilidade para desenvolver e aplicar o conhecimento, compreender as características de um empreendimento em STEM, reconhecer como essas áreas moldam nossa percepção de mundo, atuando como cidadãos engajados (Fallon et al., 2020). A última parte do diagrama lista exatamente como reconhecer a alfabetização em STEM:

- Conhecimento nas disciplinas STEM;
- Pensamento crítico, criativo e divergente;
- Pensamentos de ordem superior, complexos e analíticos;
- Tomadores de decisão auto-gerenciados e de risco;
- Mentalidade construtiva;
- Aceitação positiva das falhas;
- Considera o impacto da inovação nas pessoas, na sociedade, no ambiente e nos recursos;
- Motivados, participantes engajados na aprendizagem e carreiras STEM

A riqueza de detalhes para a confecção do diagrama evidencia, ainda, a preocupação com o norteamento das atividades de todos os agentes envolvidos na escolarização, como professores, estudantes, gestão escolar e os aspectos recorrentes. Porém, iniciativas voltadas apenas para a prática em uma intervenção STEM também são os objetivos de estudos de outros pesquisadores da área.

Em outra publicação, a preocupação residia na epistemologia da estruturação em STEM. Ortiz-Revilla, Adúriz-Bravo e Greca (2020) voltaram suas atenções para os valores que estão incutidos nas atividades desempenhadas, onde destacam que a dinâmica deve se dar a partir de temas, considerando questões éticas e buscando respaldo social para a construção de uma sociedade mais justa, dotando a proposta de um caráter humanista.

Ainda sobre o trabalho ora mencionado, os professores assumem que, de certa maneira, as áreas constituintes do STEM formam uma rede contínua (seamless web), de tal sorte que se admite uma coesão forte entre elas que as torna

indissociáveis. Conseqüentemente, propuseram dois pilares para que essa interação acontecesse de fato, sendo a primeira enquanto um sistema cognitivo e epistemológico, onde práticas, objetivos, valores, métodos e produção de conhecimento estão presentes, e a segunda mediante um sistema socioinstitucional, trazendo para a abordagem questões sobre disseminação e certificação do conhecimento, o ethos científico, os valores sociais e respectivas interações com organizações sociais (Ortiz-Revilla, Adúriz-Bravo e Greca, 2020).

Preocupados com a indução de uma prática similar ao dos cientistas em atividades STEM, Simarro e Couso (2021) propuseram levar às salas de aula a forma como se dá a educação em engenharia, com algumas adaptações para a aplicação no ensino básico, exatamente no que diz respeito ao design das soluções, sendo então nove os passos para a construção dos produtos (p. 7):

- Definir e delimitar problemas de engenharia;
- Desenvolver e utilizar protótipos e simulações;
- Planejar e realizar testes;
- Analisar e interpretar de dados para identificar pontos de melhoria;
- Usar, de forma coordenada, a matemática e o pensamento computacional, modelos científicos e tecnologias disponíveis;
- Identificar e/ou desenvolver múltiplas soluções e selecionar o ideal;
- Materializar a solução;
- Envolver-se em argumentos a partir de evidências;
- Obtenção, avaliação e comunicação de informações.

A formulação de uma estrutura para a integração dos campos STEM, a partir de uma conceituação integrativa, tem como uma das propostas mais lembrada pelos estudiosos da área os trabalhos de Kelley e Knowles (2016). Para representar a interlocução entre as disciplinas do acrônimo, um diagrama apresenta várias polias interligadas, alinhadas por um peso denominado Aprendizagem STEM Situada, onde cada uma dessas engrenagens representa um atributo da Integração STEM e tendo como força motriz as comunidades de prática.

Como as comunidades de prática e a Teoria da Aprendizagem Situada fogem ao escopo desse trabalho de tese, ora pelo fato de estarem sendo discutidos entendimentos em sala de aula e de outra parte busca desafiar os estudantes por

meio de problemas reais, a apreciação das ideias de Kelley e Knowles deverá focar nas quatro polias interligadas, retratadas como as disciplinas do STEM, a partir do “projeto de engenharia, investigação científica, alfabetização tecnológica e pensamento matemático como um sistema integrado” (Kelley e Knowles, 2016, p. 3).

Outra tentativa de elucidar entendimentos na prática em sala de aula das intervenções à luz do STEM, Roehrig et al. (2021) enunciam uma lista de atributos para a abordagem. Os autores mantêm a centralidade no projeto de engenharia para as intervenções em STEM, porém com a preocupação de responder a questões emergentes da abordagem, como a inclusão e diversidade nas profissões da área.

Para abraçar essa gama de intenções, sugerem que são sete os traços característicos de uma dinâmica em STEM, que são (a) foco em problemas do mundo real, (b) engajamento no EDP (c) integração dos conhecimentos em STEM ao contexto, (d) integração de conteúdos, (e) autonomia para a concepção e elaboração dos produtos, (f) habilidades para a vida e o trabalho no Século XXI e (g) informar os alunos sobre carreiras STEM (Roehrig et al., 2021).

Outra proposta para a sintetização dos elementos encontra-se em So et al. (2018). Nesta, buscou apresentar os atributos levantados na avaliação das atividades STEM, conforme pode ser visto no Quadro 4.

Quadro 4 – Atributos para atividades em STEM

Área	Atributos
Ciências	Iniciar uma investigação: formular questões e hipóteses
	Conduzir as investigações: identificar variáveis, descrever processos e analisar dados
	Apresentar a investigação: relatar conclusões, apresentar relações de causa e efeito, indicar estudos futuros
Tecnologias	Uso da tecnologia: selecionar e usar as ferramentas necessárias
	Inovações e uso seguro
Engenharia	Definir o problema a ser resolvido
	Criar e testar soluções
	Refinar as soluções pactuadas
Matemática	Coletar e ter noção de grandeza (medir) os dados
	Manipular os dados observados

Apresentar dados na linguagem da matemática

Fonte: Autor (2024).

A gama de proposições acima suscita a necessidade de que fiquem definidos quais serão os traços demarcados para esta investigação, a partir do contexto em que a intervenção virá a ser implementada. Nas linhas a seguir, deverão ser explicadas as escolhas que comporão a estrutura, no intuito de construir a integração em STEM agora para o ensino da engenharia.

2.5 PROPOSTA DE ARRANJO PARA A INTERVENÇÃO

Ao serem apresentados os traços característicos de uma estrutura em STEM, mediante os trabalhos discutidos em seções anteriores, deve-se ter em consideração que todas as propostas apresentadas dialogam com as necessidades do que é representado, no Brasil, os ensinos fundamental e médio. Como se trata, nesta ocasião, de uma aplicação em cursos de engenharia, algumas das recomendações elencadas deverão passar por adaptações que levem em conta, inclusive, a natureza da disciplina onde a intervenção será aplicada.

O componente curricular em tela está voltado para uma aproximação entre a vida profissional e o perfil de egresso que se deseja formar, exigindo assim que o foco esteja nas atividades onde o estudante consegue vivenciar o cotidiano da engenharia em uma disciplina dos anos iniciais do curso. Dessa forma, desenvolver o projeto justifica que, principalmente para os componentes ciências e matemática, estejam adequadas para esse fim.

Os apontamentos anteriores direcionados à área das ciências indicam que, para o ensino básico, sejam estimuladas dinâmicas similares aos de uma investigação científica, prezando pela tomada dos dados, observação dos fenômenos, identificar variáveis, construir hipóteses, entre outras. Conforme discutido para as características do PjBL, o desenvolvimento dos projetos carece de uma pesquisa sobre os conceitos e tecnologias que possam vir a ser utilizados na ideação e construção dos artefatos, sem que haja a necessidade de simular bancadas de laboratório e o método científico.

Para a intervenção deste trabalho de tese admitiu-se que uma pesquisa mais objetiva sobre os conceitos que serão trabalhados nas atividades de projeto fosse realizada, buscando capacitar os estudantes **a reconhecer e fundamentar suas concepções por meio dos conceitos científicos que se manifestam no percurso da experiência.**

No que se refere aos traços associados à matemática, os estudos apresentados apontam para o diagnóstico do raciocínio (pensamento) matemático e a manipulação dos dados e/ou variáveis devem ser os objetivos dessa área do STEM, o que será aproveitado para a intervenção como forma de compreender os **dimensionamento dos componentes** que deverão ser utilizados nos circuitos, **definidos seja por ordem de grandeza ou através do uso de equações.**

Caberá ao componente tecnológico da intervenção exatamente os traços propostos por So et al. (2018), respeitando a **autonomia do estudante para a escolha das tecnologias que virão a ser empregadas nos produtos**, como também assegurando o **uso seguro dos componentes**, visando a proteção contra choques elétricos e queima de dispositivos. Será complementado apenas pela verificação do **quão originais são as soluções desenvolvidas** e a complexidade em atender os requisitos.

Para elemento central de uma intervenção em STEM, a engenharia, também serão acolhidas as sugestões de So et al. (ibidem), mas aqui **sendo alavancada pelas instruções oriundas dos traços característicos de uma abordagem de aprendizagem baseada em projetos.** Para a intervenção desta tese, **os passos constituintes do PjBL são aqueles admitidos para o Engineering Design Process - EDP** incrementado de algumas atividades complementares que pouco interferem na sequência ou objetivo traçado para cada uma das etapas da dinâmica prescrita. O Quadro 5 faz a síntese dos traços consolidados para a intervenção.

Quadro 5 – Consolidação das características para as áreas STEM

Área do STEM	Traços
Ciências	Apreensão de conceitos e reconhecê-los durante a execução das tarefas
Matemática	Dimensionamento dos componentes de circuito a partir dos conceitos científicos e tecnológicos
Engenharia	Design de projeto, concepção das soluções e emprego de tecnologias
Tecnologias	Estudo de possibilidades na aplicação da tecnologia para atendimento dos requisitos

Fonte: Autor (2024).

Ao invés de escolher-se o PjBL como algo que supere o ensino tradicional ou que aproxime os estudantes das habilidades necessárias para o mercado de trabalho dos dias atuais, os traços apresentados para a abordagem e a forma como essas aguçam capacidades possuem agora um fator agregador, que impulsiona toda a dinâmica por meio de um propósito comum, fazendo com que cada atividade realizada tenha uma finalidade que contribui para a construção de um mosaico composto pelas dimensões educacional, institucional e didático-pedagógica.

Desta maneira, a delimitação das características fundamentais da Perspectiva STEM trouxe reflexos em toda jornada de aprendizagem dos estudantes, constituindo-se em pilares para a intervenção, influenciando na escolha das atividades propostas. A formatação e demais detalhes da trajetória do projeto estão disponíveis na seção de metodologia a seguir.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

O propósito deste capítulo é descrever os passos balizadores desta investigação científica, por meio da declaração do tipo e método de pesquisa, caracterização dos sujeitos, apresentação do instrumental de coleta de dados e o método de análise adotado. Ao final, será fornecida uma visão sintética e integrada das escolhas metodológicas desta tese, através da matriz de coerência interna.

3.1. ENQUADRAMENTO INVESTIGATIVO

Os fenômenos educacionais são o objetivo de estudo de diversos pesquisadores que buscam compreender como se dá a relação entre docentes, discentes e conteúdos, a elaboração dos projetos pedagógicos e até a elaboração de políticas públicas que contribuam para a formação de cidadãos conscientes de sua atuação na sociedade. A formulação dessas investigações decorrem da mobilização de uma gama de conhecimentos que perpassam as fronteiras educativas e se aliam a filosofia, sociologia, psicologia, estatísticas e outras áreas, na tentativa de compreender, à luz de teorias, como se manifestam os processos educativos.

A formação de profissionais está imersa nesse contexto. No caso desta tese, o ensino da engenharia deve estabelecer uma parceria conceitual com propostas já consolidadas na área do ensino de ciências, conforme discutiu-se em linhas anteriores, apresentando quais os traços característicos de uma dinâmica em sala de aula norteada pela aprendizagem baseada em projetos e mediada pelas orientações de uma educação em STEM.

Ghedin e Franco (2011) tratam sobre o fenômeno educativo e o caracterizam como complexo, reconhecendo-o como uma prática humana, em sociedade, que “carrega sempre a esfera da intencionalidade” (p. 41), fato que organiza e integra sua prática docente. É no conjunto de relações com outras áreas do conhecimento e a partir de um olhar cientificamente estruturado que se poderá explicar os fatos e se propor mudanças na trajetória civilizatória.

3.1.1. Natureza da pesquisa

Dado que os estudos em educação e ensino constituíram-se em áreas de conhecimento ao longo dos tempos, os métodos e procedimentos investigativos foram consolidados no que se refere à sua natureza, a abordagem, os objetivos e metodologias. Como se trata da análise de uma intervenção em sala de aula, esta pesquisa de tese pode ser declarada como **exploratória** e **qualitativa**. Gil (1991) entende que as pesquisas do tipo exploratórias proporcionam melhor aproximação com a temática a ser estudada, aumentando a compreensão sobre determinado fenômeno.

Para Willudwing (2014), as pesquisas quantitativas são, de maneira geral, aquelas onde o pesquisador se afasta do objeto investigado e os resultados são apresentados a partir de critérios de contagem e manipulação matemática. Como exemplo, pode-se dizer que se trata de uma pesquisa quantitativa quando esta visa realizar testes estatísticos em dados extraídos de uma base com quantidades tabeladas, tendo os resultados expostos por meio de gráficos e a interpretação destes se dá de maneira estritamente quantitativa.

Outro viés adotado para as pesquisas em educação e ensino é qualitativo. Stake (2011) explica que as pesquisas com essas características tratam “de métodos de estudo sobre como as coisas relacionadas aos humanos funcionam em determinadas situações” (p. 24). É possível vislumbrar que esta tipologia de investigação procura identificar como as interações entre sujeitos de um determinado contexto específico interagem, a fim de descrever e propor melhorias nas interlocuções.

Stake (ibidem) busca fornecer os traços mais significativos de uma pesquisa qualitativa, sem que esses sejam determinantes ou que todos eles precisem estar presentes em uma investigação desta natureza. Um dos atributos está relacionado ao caráter interpretativo da pesquisa qualitativa, uma vez que busca compreender como determinado contexto acontece. O autor supracitado prossegue, mostrando que esse tipo de pesquisa é situacional, pois cada momento e contexto são únicos, como também experiencial, pois acontece no mundo real, em contextos na maioria das vezes muito pouco controlados.

Um dos sinais mais latentes nas pesquisas qualitativas é a personificação, pois as observações são realizadas a partir dos valores arraigados nos pesquisadores, mesmo tendo-se o cuidado de que as ações de quem investiga em nada interfira nos dados apresentados. Dessa forma, levanta-se ainda a preocupação em realizar a triangulação, confrontando os dados observados com as teorias levantadas no arcabouço teórico delimitado, remetendo-os ao confronto com as questões de investigação e hipóteses sugeridas.

As pesquisas qualitativas em educação acabam por sofrer fortes questionamentos, principalmente entre aqueles que acreditam numa orientação positivista de compreensão do mundo a partir da ciência. Este fato faz crescer a preocupação entre os pesquisadores qualitativos com a validação das investigações. No entanto, esta é uma tarefa dificultada pela natureza desse tipo de pesquisa.

O positivismo defende que, para que uma pesquisa seja válida, os resultados precisam ser tanto quantificáveis como verificáveis e, de maneira mais enfática, os seus resultados e métodos devem ser generalizáveis, ou seja, se outro pesquisador, seguindo as mesmas orientações, realizar essa mesma pesquisa, deve chegar a resultados semelhantes. Transpor essa possibilidade para as pesquisas qualitativas é um entrave, haja vista o viés descritivo e de compreensão para os fenômenos (Ollaik e Ziller, 2012).

Para que uma pesquisa qualitativa venha, então, a ter sua qualidade validada, Ollaik e Ziller (2012) apontam que três características são basilares para este objetivo, a afirmar que “pode-se verificar a qualidade de uma pesquisa qualitativa por sua transparência, sua coerência e sua comunicabilidade, as quais construiriam a justificativa das interpretações” (p. 235). Conforme os autores, a transparência representa a identificação clara dos processos de coleta e análise dos dados, a coerência diz respeito ao ajuste correto dos aportes teóricos utilizados na pesquisa, sendo a comunicabilidade a propriedade desta pesquisa ser compreensível para a comunidade de forma geral.

3.1.2. Abordagem de pesquisa

Para o método de pesquisa empregado nesta tese, rememora-se que haverá a análise de uma situação real e atual onde (1) o pesquisador apenas propôs a

sequência de atividades, sem que houvesse um controle de comportamento dos indivíduos observados e (2) as questões de pesquisa buscam entender o processo como um todo. Essas características configuram a compreensão de que há uma aproximação ao que é tratado como Estudos de Caso.

Freitas e Jabbour (2011) definem o conceito de Estudo de Caso como sendo um procedimento metodológico onde o contexto é a ênfase do processo, sendo entendido em sua dinâmica real para que se possam obter informações sistemáticas e detalhadas de um determinado evento. Para Denscombe (2010), os estudos de caso focam em um ou apenas alguns casos de um determinado fenômeno, oferecendo descrições detalhadas das experiências, relações, eventos ou processos que ocorrem em um caso específico.

De caráter exploratório, visa descrever os fenômenos de forma que permita averiguar se as relações encontradas podem ser explicadas por uma teoria a ser levantada pelo pesquisador. Cohen, Manion e Morrison (2018) argumentam que esse tipo de investigação possibilita aos leitores uma compreensão mais clara das ideias, pois apresenta um exemplo singular de pessoas reais em situações concretas.

Aprofundando os entendimentos em Estudos de Casos, a Prof^ª Marli André apresenta os benefícios do método para diferentes possibilidades, como aquelas que utilizam técnicas etnográficas, situações escolares ou avaliação. No entanto, se o interesse é investigar fenômenos educacionais no contexto natural em que ocorrem, os estudos de caso podem ser instrumentos valiosos, pois o contato direto e prolongado do pesquisador com os eventos e situações investigadas possibilita descrever ações e comportamentos, captar significados, analisar interações, compreender e interpretar linguagens, estudar representações, sem desvinculá-los do contexto e das circunstâncias especiais em que se manifestam. Assim, permitem compreender não só como surgem e se desenvolvem esses fenômenos, mas também como evoluem num dado período de tempo (André, 2013).

Enquanto método, o estudo de caso é realizado por meio da estruturação de tarefas em etapas, sendo elas: observação, coleta e análise dos dados. Nesta oportunidade, será trazida proposta conforme concebida por Yin (2015), no qual

relata que essas fases ocorrem de maneira linear, mas sempre podendo haver interlocuções.

No método do estudo de caso, há a necessidade de conceituação para a(s) unidade(s) de análise, ou literalmente a definição propriamente dita do que vem a ser o caso a ser pesquisado. De maneira geral, há um dissenso do que vem a ser o termo, sendo mais ilustrativo apresentá-lo a partir de exemplos. Dessa forma, a “unidade de análise pode ser o indivíduo, uma prática cultural, um processo de trabalho, um grupo de pessoas ou mesmo a política e a estratégia organizacional” (Freitas e Jabbour, p. 14).

Como esta pesquisa analisou as impressões relatadas e entregas realizadas pelos estudantes em ambiente de sala de aula, compreende-se que a unidade de análise a ser aqui trabalhada é o processo de integração de conhecimentos proporcionado pela estruturação de uma abordagem de aprendizagem baseada em projetos e a Educação em STEM.

3.2. CAMPO DE ESTUDO E SUJEITOS INVESTIGADOS

As escolhas, tanto para a universidade como para a disciplina, se deu por conta do exercício docente do autor desta tese, enquanto professor da unidade curricular em questão, com anuência da coordenação do curso para a aplicação da intervenção. O desenvolvimento das atividades que fizeram parte da intervenção aconteceu em uma disciplina do curso de Engenharia Eletrônica oferecido pela Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho – UACSA/UFRPE. Tal formação é desenvolvida em horário vespertino, com carga-horária total de 3.870h, divididas em 10 semestres, totalizando um período mínimo de cinco anos de estudos.

O Projeto Político Pedagógico - PPC destaca o caráter inovador da proposta pedagógica para o curso, ao relatar como novidade

a ênfase dada ao estudo de Língua Portuguesa e Língua Estrangeira, que têm como objetivo aprimorar a expressão oral e escrita necessárias ao futuro profissional de Engenharia, e as disciplinas de Tópicos de Engenharia Eletrônica, que objetivam uma abordagem interdisciplinar de conteúdos, criando a oportunidade para uma vivência no contexto do desenvolvimento de projetos de Engenharia (p. 13).

Dada a vocação para a elaboração de projetos, escolheu-se a unidade curricular Tópicos de Engenharia Eletrônica 2, componente curricular do segundo

período do curso, contendo carga horária de 60 (sessenta) horas-aula para a investigação aqui apresentada. Assim, em paralelo ao transcurso normal da disciplina, aspectos voltados aos objetos desta pesquisa eram observados, no intuito de compor a documentação de análise para a tese.

O contexto sanitário - e político - do país teve uma influência considerável para a aplicação da intervenção. O ano de 2022 ficou marcado como o momento em que as atividades presenciais voltaram a acontecer, tomando ares de normalidade, como também pela turbulenta eleição presidencial. O retorno às salas de aulas trouxe consigo uma conjuntura sob o reflexo dos ataques às universidades públicas por vezes ligadas ao governo da época, somadas à desconfiança sobre a nova forma de convivência, levando ao afastamento dos estudantes para com as instituições de ensino superior públicas.

Essa atmosfera nebulosa fez com que as universidades tivessem que conviver com certa dificuldade para fechar as turmas em relação ao quantitativo de vagas estipuladas. Como a disciplina em questão é ministrada no segundo período do curso, agrega-se também os insucessos obtidos nas disciplinas do período anterior, principalmente em Cálculo 1 e Física 1, acarretando ora na baixa quantidade de matrículas em Tópicos de Engenharia Eletrônica 2, ora na grande evasão durante o percurso do semestre. É válido ressaltar que o professor e autor desta tese ministra a mesma disciplina para o curso de Engenharia Elétrica, na qual o contexto voltou a se repetir.

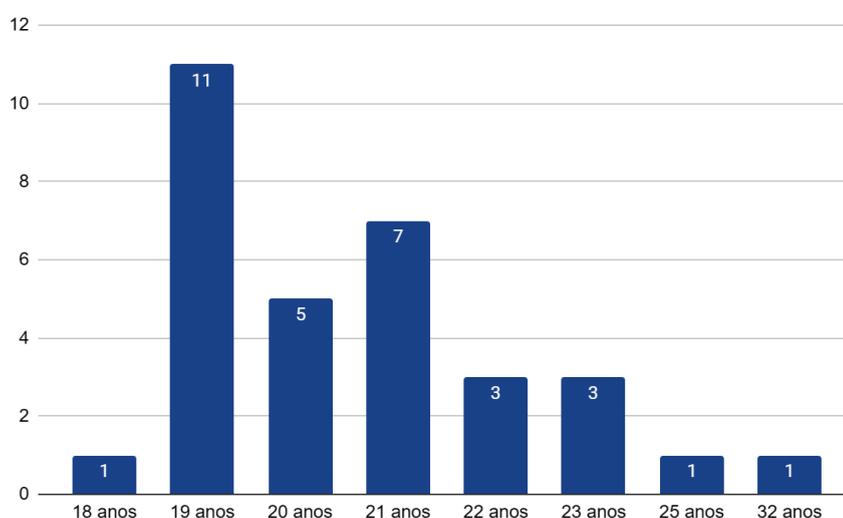
Somente após várias tentativas - em torno de 6 ocasiões - a disciplina onde a intervenção foi aplicada transcorreu a contento, durante o final do ano de 2022 e o início de 2023. Os encontros têm duração de quatro horas seguidas, o que totaliza 15 encontros para o desenrolar de toda a disciplina. Porém, parte da carga horária foi dedicada a outras atividades, sendo destinado ao projeto o montante de 7 encontros.

Embora as dificuldades com o quadro apresentado, os estudantes foram avisados, de maneira reiterada, que para além do percurso normal da disciplina, um processo investigativo seria instaurado para subsidiar os estudos de doutorado do autor desta tese, na qual foi lido o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B) e explicada todas as nuances, principalmente aquelas voltadas a

voluntariedade para a participação na pesquisa e a confidencialidade dos indivíduos, com posterior assinatura como ato de concordância.

A disciplina contou com 39 alunos matriculados, sendo apenas duas meninas, dos quais 32 chegaram até o final da jornada. O gráfico abaixo informa o quantitativo por idade dos participantes, havendo uma predominância entre a faixa de 19 a 22 anos, o que corresponde a aproximadamente 81% do total de estudantes na disciplina.

Gráfico 6 – Idades dos participantes



Fonte: Sistema de Gerenciamento Acadêmico da UFRPE (2024).

Para a dinâmica proposta, formaram-se grupos com até 6 integrantes, resultando no total de 7 grupos constituídos. Ficou dispensada a determinação de um líder para a equipe, como também respeitou-se a vontade dos estudantes para que estes pudessem formar os grupos sem que houvesse interferência do professor. A frequência aos encontros eram monitorados regularmente e não foram registrados quaisquer tipos de inconvenientes durante o percurso da disciplina.

3.3. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

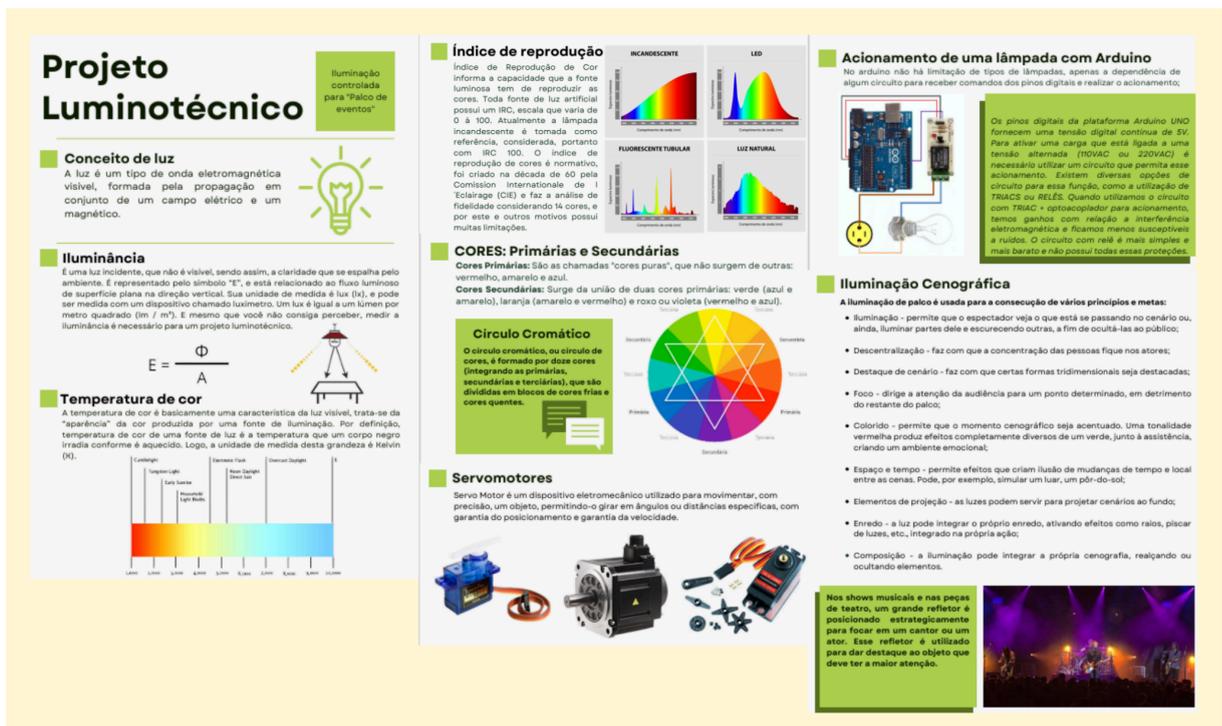
Para que a investigação dos objetivos específicos ocorresse em sua totalidade, foi considerada a produção desenvolvida pelos estudantes ao longo do processo. Com isso, inferiu-se de que forma os estudantes perceberam cada um dos componentes da sequência de atividades proposta. As conclusões foram obtidas por meio das análises dos painéis conceituais elaborados na fase de demarcação do

escopo para o projeto, da resultante das rubricas construídas pelo professor para cada uma das equipes e da sessão de grupo focal com um representante de cada grupo participante da intervenção.

3.3.1. Coleta e elaboração de documentos

Denominou-se painel conceitual um quadro, aos moldes de um infográfico (Figura 3), onde pequenos parágrafos em companhia de uma imagem viessem a explicar os conceitos científicos e tecnológicos que emergem do projeto. Foram apresentados, ainda, os componentes de circuito que seriam utilizados para a construção do produto. Esse formato propicia que uma consulta rápida a teoria levantada possa ser realizada em apenas um documento, elaborado sob medida para que os trabalhos prossigam sem maiores interrupções.

Figura 3 – Painel Conceitual (infográfico)



Fonte: Acervo do autor (2023).

Terminadas as ações de projetos, a avaliação do processo em relação às áreas STEM foi realizado a partir de rubricas. Segundo o Observatório de Inovação Educativa Tecnológica de Monterrey (2015), esses instrumentos "são tabelas de entrada dupla nas quais são relacionados os critérios das competências com os níveis de domínio, integrando as evidências que devem ser apresentadas aos

estudantes durante o processo” (p.11, tradução nossa). A matriz configurada serve como um mapa de aprendizagem, sinalizando quais as marcas a serem atingidas pelos estudantes durante o processo.

Adotar esse tipo específico de escala gradual pressupõe que sejam acostadas às características a serem buscadas com a intervenção, interpretando-as a partir de suas manifestações no percurso do projeto, que parte de um estágio menos robusto até alcançar o patamar ideal. Para tal, Gon e Acosta (2020) sugerem a adoção de um protocolo para a elaboração das rubricas que leva em consideração os seguintes pontos:

- i. considerar o contexto e a concepção geral do trabalho, e os objetivos a serem perseguidos;
- ii. descrever os atributos para o desempenho ideal para cada dimensão idealizada;
- iii. desenhar a escala por meio da definição dos descritores por níveis;
- iv. selecionar amostras do trabalho para ilustrar os níveis definidos;
- v. validar a rubrica com os pares ou ex-alunos.

Ao discutir o futuro da educação em engenharia, Wankat e Bullard (2016) pontuam que o corpo docente de um departamento de engenharia química assimilou os preceitos da Accreditation Board for Engineering and Technology⁴ - ABET para o ensino de engenharia, no qual constataram que as avaliações do tipo teste tornam as conclusões sobre a aprendizagem bastante objetivas, distante das observações necessárias para a avaliação dos projetos de forma geral, na qual sugerem a adoção das rubricas enquanto “uma descrição detalhada do que os alunos podem fazer em diferentes níveis de desempenho” (p. 24, tradução nossa).

Para o caso desta intervenção, os atributos deverão ser descritos em torno da mobilização dos conceitos nas quatro áreas do STEM, resultando na apresentação dos descritores conforme pode ser visualizado no Quadro 6. No que tange aos conhecimentos científicos, buscou-se compreender como essas definições fluíram de maneira transversal durante as fases do projeto, enquanto que a percepção

⁴ Organização sem fins lucrativos que acredita programas de educação superior em engenharia, tecnologia, computação e ciências aplicadas.

matemática foi observada mediante o dimensionamento dos dispositivos que compuseram o circuito elétrico do produto final.

Quadro 6 – Rubrica de avaliação dos projetos segundo as áreas STEM

Silo	Rubrica
<p>Ciências</p> <p>Apreender conceitos e reconhecê-los durante a execução das tarefas</p>	A teoria foi ignorada em todo processo
	Conceitos trabalhados apenas na tarefa específica
	Equipe identificou os fenômenos em determinados momentos da intervenção
	A teoria guiou e foi mobilizada durante todo o percurso do projeto
<p>Matemática</p> <p>Dimensionamento dos componentes de circuito a partir dos conceitos científicos e tecnológicos</p>	Desprezo pelo uso dos cálculos, se valendo do princípio da “tentativa e erro”
	Avaliou por ordem de grandeza a especificação dos elementos
	As grandezas foram estimadas com base em experiências passadas
	Cuidou de calcular, com base na teoria, cada um dos componentes sugeridos
<p>Engenharia</p> <p>Design de projeto, concepção das soluções e emprego de tecnologias</p>	Lista de requisitos foi totalmente modificada com entrega de produto diferente da projetada
	Atendeu os requisitos com alternativas simplórias e desrespeitando prazos pactuados
	Os requisitos foram atendidos, mas sem que houvesse incrementos e entrega das tarefas no prazo
	Houve incremento para além dos requisitos com pontualidade na entrega dos produtos parciais
<p>Tecnologias</p> <p>Estudo de possibilidades na aplicação da tecnologia para atendimento dos requisitos</p>	Replicou solução pronta disponível atendendo parcialmente os requisitos
	Adaptou solução pronta para atendimento dos requisitos
	Elaborou solução própria com atendimento aos requisitos mínimos do projeto
	Construiu solução própria com incrementos em relação aos requisitos

Fonte: Autor (2024).

Como a engenharia é o componente central da integração das áreas STEM, o processo para concepção e construção dos produtos foi examinado em relação às fases constituintes da abordagem adotada, observando se cada etapa foi realizada no tempo correto e se houve continuidade organizada de cada tarefa proposta para o projeto, tendo como balizadores os requisitos definidos pelos grupos. Finalmente, chega-se ao exame das proposições tecnológicas, no intuito de averiguar a originalidade das soluções desenvolvidas. Para cada silo, foram oferecidas quatro possibilidades, sendo as últimas as mais avançadas.

Os objetivos previstos para esta investigação contemplam a forma como os estudantes expressam suas impressões sobre a associação do PjBL com o STEM na criação e construção de produtos no curso de engenharia. Para que esses relatos fossem submetidos a inferências mais aprofundadas, procedeu-se uma sessão de Grupo Focal ao término das atividades.

3.3.2. Entrevista de Grupo Focal

Para Gatti (2005), a utilização dos Grupos Focais tem como uma de suas indicações a situação onde se deseja estudar o impacto dos processos oriundos da aplicação de uma intervenção, o que coaduna exatamente com os objetivos desta pesquisa. Em linhas gerais, pode-se definir Grupo Focal como sendo uma técnica qualitativa de coleta de dados onde o processo se dá a partir de uma dinâmica em grupo, cabendo ao mediador, que no caso das pesquisas sociais é o próprio pesquisador, facilitar a interação entre os participantes no intuito de colher impressões mais profundas e potencialmente melhores elaboradas.

É importante mencionar, ainda, que para Yin (2015) as entrevistas são componentes importantes na estruturação de um estudo de caso, enquanto método de pesquisa, vislumbrando três tipos possíveis, que são as entrevistas de levantamento, prolongadas e curtas. Segundo o autor em tela, a utilização desta última é recomendada quando as percepções dos entrevistados constituem o material a ser averiguado, sugerindo então a utilização dos Grupos Focais. Visando conhecer o contexto e fornecer evidências sobre os objetivos específicos delimitados

para esta investigação foram elaboradas sete perguntas, cuja relação entre as questões e as temáticas de trabalho pode ser visualizada no Quadro 7.

Quadro 7 – Perguntas realizadas na entrevista de Grupo Focal

Temática	Pergunta
Apreensão de Conceitos	1. Algumas atividades de projeto se dedicaram a trabalhar os conceitos científicos e tecnológicos a serem utilizados no projeto. Como vocês utilizaram esses conhecimentos durante o percurso das atividades?
	2. De que forma vocês dimensionaram os componentes utilizados no produto?
Características PjBL	3. De que maneira as atividades propostas ajudaram vocês e os grupos na concepção e construção dos produtos?
	4. Como a sequência de atividades contribuiu para o desenvolvimento dos projetos?
Contribuições ao ensino da Engenharia	Elaboração de nuvem de palavras no Mentimeter: Escrevam 3 palavras que expressem os benefícios da desse tipo de intervenção no ensino de engenharia
	5. Qual a avaliação de vocês sobre esse tipo de abordagem em uma sala de aula do curso de engenharia?
Complexidade das tarefas	6. Quais as atividades foram mais fáceis de serem realizadas? Explique
	7. E quais aquelas que apresentaram maior grau de dificuldade? Explique

Fonte: Autor (2024).

As duas primeiras indagações foram direcionadas a compreender a mobilização das áreas do STEM durante o projeto, as duas seguintes sobre as contribuições da aprendizagem baseada em projetos e, conseqüentemente, do engineering design process no fluxo de atividades. A construção da nuvem de palavras, acompanhada de mais uma indagação buscou elementos sobre a importância desse tipo de abordagem para o ensino da engenharia.

A nível de encerramento, as últimas perguntas surgiram por necessidade do pesquisador mediante as respostas dos estudantes, e buscaram entender as maiores dificuldades enfrentadas durante o percurso do projeto. A entrevista de grupo focal durou um pouco mais de 40 minutos e, de maneira geral, todos os estudantes responderam a todas as perguntas, exceto para a primeira questão onde um participante deixou de emitir opinião.

A estruturação de uma sessão de Grupo Focal inicia-se com a escolha dos participantes e da elaboração de um roteiro para a dinâmica. Apesar da falta de consenso entre os estudiosos sobre a técnica em questão, é admissível acomodar entre 6 e 10 pessoas numa sessão de entrevista. Foi estabelecido que um representante de cada grupo viesse a participar do momento, uma vez que 7 (sete) grupos foram constituídos, mas apenas quatro deles se apresentaram para a entrevista. Para que a entrevista em grupo fosse gravada e posteriormente transcrita, a reunião aconteceu no formato remoto, via Google Meet.

Vale ressaltar que há um entendimento de que as seções devam durar o tempo suficiente para que os dados comecem a se repetir, sem que haja um esgotamento dos participantes. De maneira geral, a literatura aponta que o tempo médio de duração das entrevistas em Grupo Focal não deve exceder o limite de duas horas, intervalo admitido como confortável para entrevistados e mediadores.

3.4. ANÁLISE DOS DADOS

Coletar e analisar dados é uma das tarefas mais importantes em uma pesquisa científica, principalmente naquelas utilizadas nas ciências sociais, onde as impressões do pesquisador sofrem influência dos seus valores e visões do mundo. Para o conjunto de informações coletadas, as atenções estiveram voltadas para as mensagens emitidas pelos estudantes, sejam elas de maneira falada ou escrita. De maneira geral, as conversas e comunicações expressadas tiveram suas análises sob à luz das interações dentro do contexto de sala de aula, mediatizadas pelas teorias que fundamentam essa tese, o que exclui pensar nos motivos pelos quais levaram os alunos a emitirem um determinado tipo de enunciado embebido de valores morais ou ideológicos.

Desta maneira, as inferências foram realizadas pelo software NVivo, que disponibiliza um pacote de possibilidades em análise qualitativa, desenvolvido pela empresa QSR Internacional, sendo este um tipo de software da família QDA - Qualitative Data Analysis. O programa é capaz de organizar e estabelecer algum tipo de contagem e métrica para os dados, porém, o responsável pelo juízo de valor em relação aos dados encontrados é, só e somente, o pesquisador, que tem a obrigação de determinar todos os parâmetros.

É possível encontrar alguns trabalhos onde a inferência dos dados foi realizada por softwares. Walter e Bach (2015) fizeram uma pesquisa e analisaram os dados a partir de um programa onde as tarefas de agrupamento das informações, assim como processo de codificação, foram facilitados pela ferramenta, possibilitando estabelecer uma série de relações entre as categorias criadas, fato que seria bastante desgastante com a manipulação artesanal dos elementos.

O pesquisador-autor desta tese empregou a plataforma em tela na ocasião da análise dos dados de sua dissertação de mestrado. E dada a familiaridade do investigador com o instrumento apontado, recorreu-se mais uma vez ao NVivo, uma vez que a forma como os dados são agrupados e expressos pelo software aguçam o pensamento visual, oportunizando o uso de diversas linguagem na comunicação dos resultados.

São várias as possibilidades no usufruto do NVivo. Ames (2013) argumenta que há a capacidade de armazenar e entender uma grande massa de registros em tempo bem menor do que as análises realizadas sem auxílio do computador, como também a organização do material fica facilitada. O software possibilita que sejam realizadas diversas iterações para que se tenha múltiplas conexões entre os dados, o que auxilia, sobremaneira, no diálogo entre os resultados encontrados e as teorias que norteiam a investigação.

Para que as benesses da utilização de softwares em análises qualitativas sejam visualizadas, buscou-se apontar as impressões de Alves et al. (2015), que, na oportunidade, analisou uma lei da área jurídica. Os autores obtiveram como resultado o encontro da forma mais usual para se referir a esse dispositivo legal, as palavras mais frequentes associadas ao documento e o estabelecimento de relações entre partes constitutivas da lei. Na ocasião, os autores utilizaram o software NVivo.

Quanto às vantagens atribuídas ao uso do software para a análise qualitativa, Mozzato, Grzybovski e Teixeira (2016) defendem que a utilização do programa pode aprofundar e intensificar a construção de sentidos entre os dados, havendo assim uma “permissão de maior exploração da complexidade dos dados; na validação dos resultados das pesquisas, gerando confiabilidade” (p. 581). Deve-se mencionar ainda que os trabalhos com o NVivo atualizam a prática investigativa, fornecendo

subsídios para a utilização de outras ferramentas para melhor compreender os dados.

De maneira geral, deve-se haver uma preparação para a utilização da ferramenta, sendo que para esta tese o pesquisador-autor comprou uma licença estudantil temporária do software, como também participou de um curso para atualização no manuseio e exploração de novas funcionalidades em versões mais atuais do NVivo. Johnston (2006), aponta que os estudantes, principalmente os de doutorado, podem macular suas observações caso haja dificuldades de entendimento na forma como o software estrutura os dados.

Uma vez que se trata de um instrumento de cunho qualitativo, a forma de organização dos dados e as conseqüentes mensurações são organizadas em pastas, assim como comumente é feito em um sistema operacional, e os dados podem ser extraídos de uma diversidade de mídias para além de um texto, na qual figuras e áudios podem ser auditados.

Para entendimento básico da estruturação dos dados no NVivo, alguns termos são essenciais, a começar pela conceituação de **código**, que consiste em ser o elemento agregador, como um recipiente onde são incluídos todos os materiais relacionados. O código é, geralmente, uma temática macro que junta todas as situações que a ela correspondem. A criação dos códigos é dinâmica e podem ser realizadas a qualquer momento da exploração do material.

Após a escolha dos códigos, todo o material é codificado, ou seja, vão sendo selecionados os trechos interessantes (denominados referências) e estes são posteriormente associados aos códigos, o que vai agregando diversas informações a uma temática pré-determinada. Após a realização destas ações, o material está minimamente pronto para que as consultas sejam realizadas, e finalmente as análises possam ser feitas.

Ao consultar uma frase ou palavra dentro de um código, será realizada uma varredura para encontrar as correspondências dentro do texto que levam a montagem de uma árvore de palavras. Caso seja solicitada a frequência de uma palavra ou texto, a visualização destas dar-se-á pela montagem automática de uma nuvem de palavras ou da própria tabela de frequências.

O software ainda permite que outros tipos de figuras possam ilustrar conexões, mediada pela informação a qual se deseja analisar. Além do diagrama de cluster, podem ser emitidas árvores de palavras, gráficos de hierarquia, e também buscar obter relações entre dois tipos de dados diferentes, resultando em um mapa de relacionamentos entre códigos.

Esgotadas as definições para o procedimento metodológico desta pesquisa, será apresentada uma tabela que conecta as informações ora prestadas, com o intuito de estabelecer o design (ou lógica) da pesquisa e fornecer uma compreensão geral dos atributos desta investigação, conforme pode ser visualizado no item abaixo.

3.5. MATRIZ DE COERÊNCIA INTERNA

A estrutura de pesquisa empregada iniciou com a montagem de um plano, seguida pela definição da lógica de pesquisa (design), na qual definiram-se as entregas a serem requisitadas aos estudantes. A sequência de atividades foi monitorada em todo o percurso do projeto, havendo dois momentos de coleta de dados: na ocasião da tarefa relativa ao painel conceitual e, ao final dos trabalhos, com a entrevista de grupo focal e a construção dos gráficos por meio das rubricas. Após o tratamento dos dados, os resultados foram extraídos com o auxílio do software NVivo para os painéis e a entrevista.

Como forma de apresentar de maneira simples e direta as definições metodológicas utilizadas na investigação e facilitar, inclusive, o entendimento e compreensão desta tese, será utilizada a Matriz de Coerência Interna (Quadro 8) proposta por Neri de Souza, Neri de Souza e Costa (2016), onde acreditam que a organização indicada permite

associar horizontalmente (coerência interna) as questões e sub-questões de investigação, com os objetivos, com o desenho de investigação na formação do corpus de dados, bem como com o tipo de análise que inicialmente o investigador prevê utilizar (p. 134).

Quadro 8 – Matriz de Coerência Interna

Questão de Investigação	Objetivos de pesquisa	Corpus dos dados	Tipos de análises	Observações, expectativas e perguntas subsidiárias
Como a perspectiva STEM pode contribuir na implementação da aprendizagem baseada em projetos em uma turma do curso de engenharia?	Analisar a mobilização das possibilidades tecnológicas e dos conceitos científicos e matemáticos nas etapas da intervenção do projeto;	Painéis conceituais	NVivo com base na Análise de Conteúdo	Enxergar a caracterização de fenômenos da natureza e tecnologias apresentadas
		Rubricas	Gráfico Radar	Avaliar, a partir da visão do professor, como os projetos foram impactados pela perspectiva STEM
Objetivo Geral	Examinar a manifestação dos atributos inerentes a aprendizagem baseada em projetos que emergem da experiência;	Entrevista de Grupo Focal	NVivo com base na Análise de Conteúdo	Perceber como os elementos da intervenção proposta contribuíram para a elaboração dos produtos
Analisar os limites e potencialidades da perspectiva STEM em uma intervenção orientada pela aprendizagem baseada em projetos quando aplicada em uma turma do curso de engenharia.	Compreender como os estudantes avaliam a estratégia PjBL implementada enquanto proposta para o ensino da engenharia;	Entrevista de Grupo Focal	NVivo com base na Análise de Conteúdo	Compreender como os estudantes avaliaram a experiência em relação aos atributos propostos para o PjBL + STEM

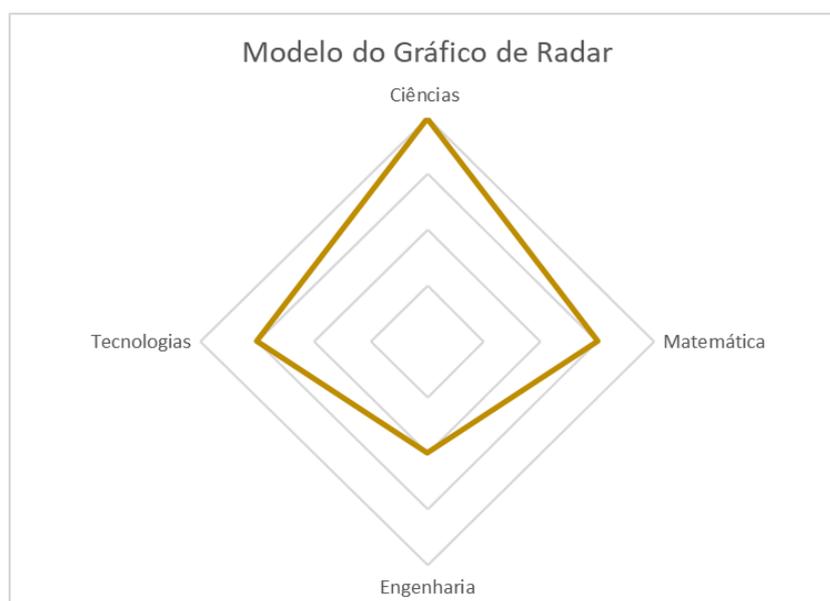
Fonte: Autor (2024).

Na coluna mais à esquerda, temos a questão da investigação e o objetivo geral da pesquisa. Essa última foi posicionada nesse local para que todas as informações pudessem estar disponíveis na matriz. Ambas versam sobre como a perspectiva STEM influenciou no processo de construção dos produtos a partir do PjBL, no intuito de identificar limites e contribuições para a intervenção proposta.

Para que cada um dos objetivos específicos traçados viessem a ser discutidos, uma trilha contendo os instrumentos de coleta de dados, a forma da análise e o princípio norteador da inferência foi estabelecido. Compreender como os conceitos científicos e tecnológicos aparecem nos produtos é a proposição do primeiro objetivo específico, tendo em seguida a busca por relatos que descrevessem a experiência dos estudantes em relação o PjBL. O último objetivo perseguido tratou de averiguar a contribuição da estratégia para o ensino da engenharia.

As rubricas deverão indicar a profundidade na qual os grupos mobilizaram os conceitos supracitados, a partir da elaboração do gráfico de radar (Figura 4), onde as áreas do STEM formam os eixos e são apontadas, para cada grupo, o nível de mobilização dos conhecimentos.

Figura 4 – Modelo do Gráfico de Radar



Fonte: Autor (2024).

A montagem do gráfico é automática em softwares de planilhas, como o Excel. Para que houvesse a transposição de uma rubrica para o gráfico foram

atribuídos valores, de 01 ao 04, para cada nível descrito. Ou seja, o nível mais baixo encontrado na rubrica assume o valor 01, enquanto que para o posto mais elevado atribui-se o valor 04. No gráfico, os valores mais altos serão os que estarão na extremidade externa do eixo, enquanto que valores mais baixos se aproximam do centro do gráfico.

Baseado nessas orientações, os pontos demarcados em cada um dos eixos são interligados, fornecendo a informação que, quanto maior for a área compreendida pelas linhas, ou quanto mais distantes essas linhas estiverem do centro do gráfico, maior foi o atendimento às expectativas contidas nas rubricas. Inicialmente, os grupos serão avaliados individualmente a partir do gráfico para este elaborado.

Após a análise de todas as equipes, será construído o gráfico resultante, obtido pela soma de todas as pontuações atribuídas aos grupos em cada item das rubricas, onde será realizada um diagnóstico geral da experiência. Todo o conteúdo aqui levantado será comparado com as falas dos estudantes obtidas durante a entrevista de grupo focal, no intuito de estabelecer um paralelo entre as impressões de docentes e alunos.

A entrevista de grupo focal contém as falas dos estudantes sobre todo o processo, tendo papel crucial na investigação, seja para levantar a visão dos alunos sobre a intervenção ou para que se pudesse triangular dados, fazendo relações com outras expressões discentes e os produtos analisados. A área da engenharia componente do STEM é o foco do segundo objetivo específico analisado pelo software adotado, enquanto que a visão geral da intervenção, oriunda das impressões dos estudantes, responderam ao terceiro objetivo específico.

Um dos tópicos da análise dos dados dialogou com todo o apanhado extraído da literatura, a fim de encontrar os limites e potencialidades desse tipo de intervenção para o ensino da engenharia, culminando nas conclusões do processo investigativo proposto por esta tese. Para as considerações finais reservou-se o momento onde o pesquisador retoma as questões e objetivos da pesquisa em relação a tese declarada, indicando as possíveis contribuições do estudo para a área do ensino de ciências e da engenharia, como também as sugestões de estudos futuros.

3.6. A INTERVENÇÃO

O planejamento das ações em PjBL requer a determinação de cada uma das tarefas a serem executadas pelos estudantes, embasadas pelas características elementares desta abordagem que dialoguem com os traços delimitados para a Educação em STEM. Para Hafiz e Ayop (2019), o uso do Engineering Design Process - EDP vem sendo uma prática comum na implementação do STEM, haja vista a centralidade desta proposta estar justamente nos projetos de engenharia. A ABET tem o cuidado de revisitar a definição da EDP nos seus memoriais de critérios para acreditação, enunciado-a como um

processo de concepção de um sistema, componente ou processo para atender às necessidades e especificações desejadas obedecendo às restrições. É um processo iterativo e criativo de tomada de decisão no qual as ciências básicas, a matemática e as ciências da engenharia são aplicadas para converter recursos em soluções (2023, p. 7, tradução nossa).

Nessa conceituação fica clara a tentativa da EDP em mobilizar conhecimentos científicos e matemáticos para o desenvolvimento de produtos em engenharia. Ao deslocar as atenções dos atributos para o processo em si em relação ao conjunto de indivíduos envolvidos, Dym et al. (2005) a declara como sendo

um processo sistemático e inteligente no qual os projetistas geram, avaliam e especificam conceitos para dispositivos, sistemas ou processos cuja forma e função atingem os objetivos dos clientes ou as necessidades dos usuários, ao mesmo tempo que satisfazem um conjunto específico de restrições (p. 104, tradução nossa)

As proposições são complementares. Enquanto a primeira destaca os elementos constituintes de uma sequência em EDP, a segunda enquadra a proposta enquanto uma atividade humana voltada para a necessidade de outros humanos, destacando, inclusive, o tipo de interesse que diferencia clientes e usuários em relação a uma obra da engenharia, fugindo de uma estética cientificista que marca a cultura da área até os dias atuais.

Para que essas delimitações sejam atendidas, Berland, Steingut e Ko (2014) apresentaram sua proposta para as características fundamentais de uma prática em EDP, que se desdobra a partir (1) da definição do problema enquanto questão da engenharia, (2) a escolha da solução adequada a partir de múltiplas ideias, (3) a modelagem e análise das partes que formam a solução e (4) a iteração, ou seja, a

testagem balizada por um resultado esperado, conforme prescrito nos requisitos do projeto e no ato de revisitar as fases anteriores para ajustes mais acurados.

Restou, então, estruturar as ações em forma de sequência para que a abordagem viesse a ser implementada. A proposta finalmente executada foi embasada na proposição de English e King (2015), onde se estabeleceu como etapas a definição de um escopo para o problema, a geração de ideias, a prototipagem e a construção, avaliação e redesenho do projeto. No Quadro 9 está ilustrado o encadeamento de ações, desde o enunciado do desafio até a finalização dos trabalhos.

Quadro 9 – Atividades da Intervenção segundo a EDP



Fonte: Autor (2024).

Os **painéis de conceitos** foram utilizados para que se levantassem todas as concepções científicas e tecnológicas que, porventura, viessem a ser utilizadas no percurso dos projetos. Esse momento foi importante para que os estudantes pudessem apreender ou rememorar definições e aplicações destas no cotidiano, o que exigiu um monitoramento durante todo o processo ao reconhecer essas noções em cada etapa e/ou subproduto construído. Esses documentos foram elaborados de forma individual, para que todos os estudantes trabalhassem os conhecimentos ali requisitados.

A ocasião da **geração das ideias** foi operada em três situações. Na primeira delas, os estudantes formaram as equipes, e com isso escolheram nomes, paletas de cores e criaram um logotipo para o grupo, sempre respeitando um conceito que viesse da própria equipe. As cores deveriam dialogar com os projetos e expressar a

imagem que o grupo formatou. Por fim, foi realizada a escolha da melhor ideia para a solução da questão de projeto.

Nos dias atuais, a **prototipagem** dos produtos pode ser realizada por meio de softwares online (Silva e Stati, 2022). Nesta intervenção, a plataforma escolhida foi o **Tinkercad**, haja vista possibilitar a simulação dos circuitos elétricos de forma muito parecida com uma bancada de laboratório, como também haver a possibilidade de ajustes nos componentes para a obtenção do arranjo final. Com isso, os alunos levantaram todos os dispositivos necessários e aprontaram na tela todo o circuito, de forma que representasse totalmente as composições que seriam feitas fisicamente. Esperava-se que as inferências matemáticas acontecessem nesta oportunidade.

Após todas as definições serem testadas, chegou-se ao momento da **construção** definitiva dos produtos, onde houve toda uma preocupação com critérios estéticos e funcionais que precisavam ser atendidas. Como se tratou de um circuito microprocessado, foram providenciadas as fonte de energia para que este funcionasse e, cuidando para que a alocação dos componentes viesse a impedir o contato com partes energizadas, garantindo a segurança no manuseio dos artefatos.

Como a disciplina dispõe de um horário bloqueado, ou seja, são quatro horas-aula seguidas, a carga-horária total se desenrola durante 15 encontros em um semestre, totalizando 60 horas-aula por período. Cada uma das ações acima descritas ocorreram em um bloco de aulas, podendo ter sido usado como espaço de aprendizagem ou a sala de projetos, composta por várias lousas e mesas arredondadas para o trabalho em grupo, ou o laboratório de informática, caso a atividade carecesse de computadores para a sua elaboração, como no caso dos painéis conceituais, identidade visual e as simulações. No Quadro 10 o plano de aula para a disciplina pode ser visualizado na íntegra.

Quadro 10 – Plano de Ensino para Tópicos de Engenharia Eletrônica 2

Evento	Data	Espaço de aprendizagem
Apresentação da disciplina: resgate de temas trabalhados na disciplina anterior para discussão	07/11/2022	Sala de Projetos
Pesquisa conceitual: angariando elementos constitutivos do projeto proposto	21/11/2022	Laboratório de Informática

Branding: identidade visual e caracterização do grupo	28/11/2022	Laboratório de Informática
Soluções de projeto: escolhendo uma solução para o projeto	05/12/2022	Sala de Projetos
Simulando: uso de aplicativos de simulação online para aprendizado das tecnologias adotadas	12/12/2022	Laboratório de Informática
Construção dos pitches: divulgação do projeto conforme disponibilidade de tempo proposta	06/02/2023	Sala de Projetos
Materializando: construção dos protótipos	27/02/2023	Sala de Projetos
Testes de função: verificando a funcionalidade real das propostas adotadas	06/03/2023	Sala de Projetos
Mostra de produtos: feira expositiva com os produtos desenvolvidos	13/03/2023	Sala de Projetos
Manufatura celular: compreendendo o chão de fábrica	20/03/2023	Sala de Projetos*
Lean Manufacturing: Conhecendo o processo enxuto de produção	27/03/2023	Sala de Projetos*
Ciclo de um projeto: Descrevendo as fases de um projeto.	03/04/2023	Sala de Projetos*
Ciclo PDCA: Processo avaliativo da produção	10/04/2023	Sala de Projetos*
Encerramento da disciplina	17/04/2023	Sala de Projetos

*Momentos não vivenciados pelo projeto

Fonte: Autor (2024).

3.6.1 Implementação: descrevendo o caso

Os preparativos para a aplicação do PjBL começam bem antes do início do semestre letivo, onde são levantadas as temáticas possíveis e a consequente estrutura para dar conta das atividades propostas. Como se trata de uma dinâmica em curso de engenharia eletrônica, há uma preocupação na forma como os estudantes deverão acessar os dispositivos que porventura viessem a ser utilizados.

Faz-se relevante rememorar que havia um laboratório de informática disponível para que os grupos pudessem realizar as tarefas durante o percurso das aulas, o que facilitou a construção dos produtos requisitados. Toda a trajetória de projeto, organizado na forma de plano de ensino, estava acessível desde o primeiro

dia de aula da disciplina, por meio do sistema de gerenciamento acadêmico utilizado pela instituição, servindo também como repositório para o envio das atividades, fossem elas individuais ou em grupo.

Assim, pensou-se em um projeto que viesse a custar o menor valor possível, seja com os equipamentos ou com a infraestrutura de suporte à materialização dos produtos. Nesta oportunidade, ficou definido que os artefatos viessem a reproduzir, em tamanho reduzido, um palco para execução de concertos musicais, no intuito de simular aspectos básicos da iluminação destes espaços, conhecido como lighting design.

Em suma, a tarefa consistiria em criar uma estrutura parecida com um palco e desenvolver um sistema de iluminação que estivesse em harmonia com o estilo musical escolhido pelos grupos. Ou seja, se o grupo fizesse a opção pela pop music, as cores das lâmpadas e a velocidade que essas seriam manipuladas deveriam estar em compasso com a música. Para que houvesse uma delimitação da problemática, uma Ficha de Projeto (Figura 5) foi disponibilizada à turma, contendo as informações básicas para o desenvolvimento das soluções, como a descrição da problemática, as delimitações, organização dos grupos e prazos estipulados.

Figura 5 – Capa da Ficha de Projeto



Fonte: Autor (2024).

Uma das características fundamentais do PjBL diz respeito à apresentação dos problemas, onde espera-se que as questões sejam abertas e não-estruturadas. Para esta intervenção, optou-se por enunciar uma situação de trabalho, para que os

estudantes viessem a reconhecer o contexto e chegar a compreensão de um projeto em engenharia:

Descrição da situação:

Os palcos para apresentações musicais vão além dos acordes, tons e vozes que fluem pelos alto-falantes. A ambientação fica por conta dos projetos de iluminação, fazendo com que o sentido visão seja contemplado, aumentando a sensação de bem estar da experiência.

Para uma miniatura de palco e a partir do contexto musical, você deverá criar um projeto de ambientação luminosa que venha a replicar a atmosfera dos shows! Aproveite seu espírito jovem e capriche! Vai ser massa!

Mesmo com questões abrangentes, executar um projeto também demanda que requisitos e restrições sejam levantados para que as decisões estejam dentro de parâmetros exequíveis. Assim sendo, há uma lista delimitadora de projeto:

- *O palco deverá ser retangular e menor que 2500 cm²;*
- *Todo o material utilizado para a estrutura de palco e suporte das lâmpadas deverá ser oriundo de reutilização;*
- *A música deverá ter, no mínimo, dois minutos de duração;*
- *Usem, ao menos, três cores de luzes;*
- *Uma dessas lâmpadas deverá simular o refletor central de palco.*

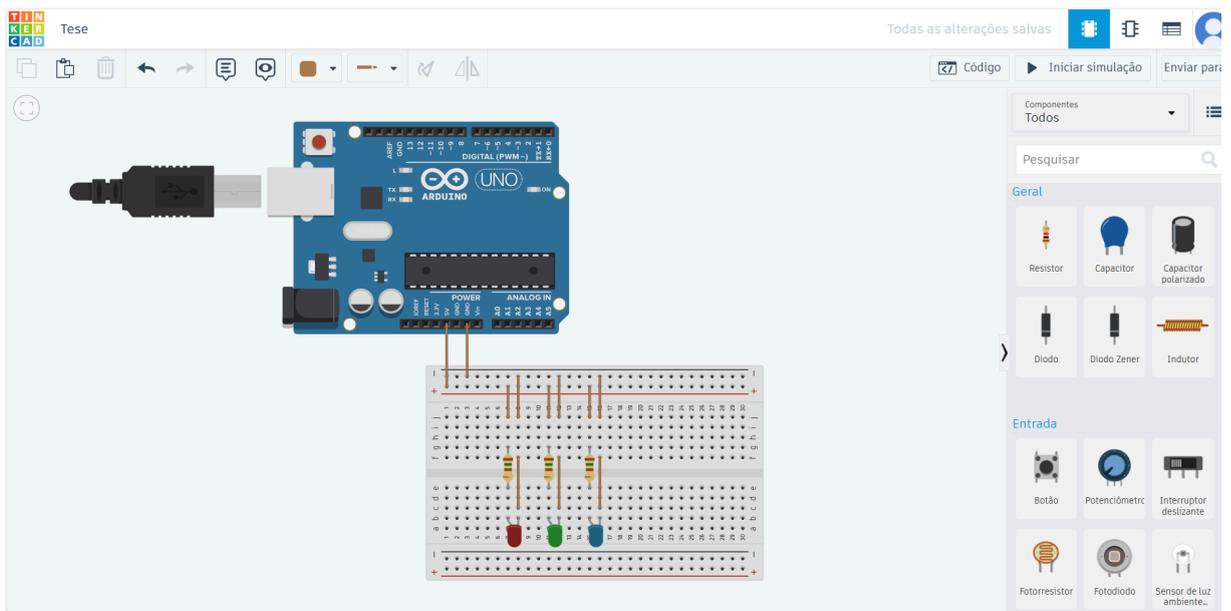
Antes que os trabalhos viessem a acontecer, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE foi lido para que quaisquer dúvidas sobre a participação na pesquisa viessem a ser esclarecidas. O marco inicial dos trabalhos no projeto se deu pela discussão preliminar sobre os assuntos presentes no enunciado e nas delimitações elencadas, onde toda a turma realizou buscas rápidas na internet para que a conversa fluisse a contento. Esse nivelamento inicial é importante para o esclarecimento das dúvidas levantadas e apontar exatamente qual o conjunto de tarefas a ser desenvolvido.

A primeira tarefa requisitada consistiu na leitura e construção do painel conceitual (infográfico) com os conceitos científicos e tecnológicos empregados no

problema do projeto. Pediu-se que os estudantes realizassem pesquisa sobre grandezas associadas a propagação da luz e dos componentes eletroeletrônicos que poderiam ser utilizados no produto. Inicialmente, foram realizadas buscas de forma individual para que todos os alunos se apropriassem das definições, sendo o segundo momento aquele destinado a formação de grupos e a aglutinação das informações em um documento único da equipe. Esses infográficos serão objeto de análise em linhas mais adiante.

O momento seguinte é a simulação do circuito elétrico na plataforma Tinkercad (Figura 6). É importante ressaltar que, dentro das delimitações do projeto, respeitou-se a autonomia na escolha pela tecnologia adotada para a manipulação das luzes, mas como forma de proporcionar pelo menos uma vivência em sala de aula, essa foi a tarefa escolhida.

Figura 6 – Tela do Tinkercad



Fonte: Autor (2024).

Assim, pediu-se que os estudantes desenvolvessem um código usando três leds, obedecendo o seguinte roteiro:

- i. Piscar um led por vez;
- ii. Piscar dois leds por vez;
- iii. Piscar os leds juntos.

Esta tarefa foi realizada de forma individual, para que todos os estudantes soubessem montar o circuito no simulador e programar. As entregas foram feitas através do envio para o sistema de gerenciamento acadêmico do link para visualização e teste das simulações. Todos os alunos efetuaram a tarefa sem maiores dificuldades.

Conhecidos os conceitos e pelo menos uma das possibilidades tecnológicas para a construção dos produtos, houve a definição dos ritmos musicais que cada grupo deveria trabalhar na configuração da proposta. Como inicialmente havia sete grupos, os próprios estudantes escolheram os estilos que seriam utilizados, que foram o forró, brega, mpb, rock, frevo, eletrônica e temáticas para animes. Para efeito nesta tese, os grupos serão identificados pelos estilos musicais.

Para a etapa de construção das soluções do projeto, os estudantes formataram a proposta a ser apresentada para toda a turma por meio do pitch, que consiste em uma maneira simples, direta e orientada de comunicar os objetivos e soluções propostas para o projeto, cujo roteiro das duas formatações encontra-se no Apêndice C. As atividades foram desenvolvidas em sala de aula com a orientação do professor da disciplina.

A prototipação foi o momento onde houve a construção dos palcos em miniatura (Figura 7), conforme indicado na ficha de projeto, uma vez que a iluminação se adequa à estrutura existente. Como pode ser visto, a ambientação obedeceu a cenografia esperada para cada um dos estilos musicais, sendo o primeiro palco a representação do Marco Zero, maior ponto de folia para o Carnaval do Recife, que tem como marca o frevo, e a segunda imagem retratando o brilho que emana da música brega, ritmo popular na mesma cidade.

Figura 7 – Montagem dos palcos para a estrutura de iluminação



Fonte: Acervo do autor (2023).

As atividades que sucedem dizem respeito a construção efetiva do sistema de iluminação desses palcos, onde as luzes foram colocadas na estrutura e deveriam oscilar conforme o compasso da música e ritmo escolhidos. Houve tempo hábil para ajustes finais até que os trabalhos completos viessem a ser expostos para toda a turma. Essas especificações compuseram os indicadores de avaliação para a disciplina, por meio da composição do quadro de entregas das tarefas e consequente juízo de valor das atividades.

Houve ainda, ao final da intervenção, a aplicação de um questionário online para autoavaliação e avaliação por pares da disciplina, proporcionando aos estudantes uma oportunidade de indicar qual a efetiva participação dos integrantes da equipe no percurso do projeto, como também de tecer comentários, críticas e sugestões sobre a experiência.

Apenas um dos grupos deixou de apresentar o palco totalmente montado. As outras equipes conseguiram executar as especificações básicas do projeto, como dotar o sistema de alguma coordenação com a música. Porém, de maneira geral, alguns requisitos deixaram de ser atendidos, como a luz direcionada ao centro do palco, como também o acompanhamento síncrono da canção pela iluminação. No que tange a avaliação por pares, os estudantes indicaram participação efetiva dos integrantes de forma bem equilibrada.

Em paralelo ao andamento da disciplina, ocorreram as observações sobre os assuntos relativos a esta investigação e que deram origem ao conjunto de instrumentos de análise. Para este fim, foram estipulados os códigos (ou nós) que agregam temáticas e que proporcionam responder aos objetivos e questões norteadoras desta tese, e que serão debatidas nas linhas a seguir.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS DADOS

Nesta seção, estão apresentados e discutidos os dados oriundos das atividades realizadas. Inicialmente, um relato sobre a experiência foi realizado, por meio da análise dos produtos relativos a cada uma das etapas vivenciadas. Em sequência, houve a busca por evidências que auxiliassem na resposta à questão de pesquisa, através das técnicas indicadas na metodologia. Como encerramento, houve a enunciação das conclusões de todo o processo.

De posse de cada um dos instrumentos para coleta de dados, que são o Painel Conceitual (Infográfico), as rubricas e a entrevista de grupo focal, uma massa de dados foi levantada para tentar compreender os fenômenos envolvidos na integração entre as áreas do STEM, reverberada pela adoção do PjBL enquanto estratégia de ensino faseada pela EDP. A entrevista de grupo focal contou com quatro respondentes, sendo A1 o representante do grupo Forró, A2 o indicado pela equipe Brega, A3 compôs o grupo Rock e A4 representou a equipe MPB.

Esta seção será estruturada de acordo com os objetivos específicos definidos para esta investigação, onde inicialmente deverão ser discutidas as maneiras como os estudantes mobilizaram os conhecimentos em relação ao STEM, seguido pelo exame dos relatos dos estudantes, no que tange pontos específicos da aprendizagem por projetos, e finalizando com a inferência das possíveis contribuições deste tipo de dinâmica para o ensino da engenharia segundo os estudantes entrevistados.

4.1. COMPREENDENDO O FLORESCER DA INTEGRAÇÃO STEM.

O primeiro corpus investigado foi o painel explicativo elaborado pelos estudantes da turma. Vale reiterar que para esta atividade foram constituídas duplas ou, em alguns casos, os trabalhos foram realizados por mais de duas pessoas. Ao todo, doze arquivos foram submetidos ao tratamento com a ajuda do software NVivo,

e que tiveram a extração dos conceitos científicos e orientações de cunho tecnológicos que viessem a colaborar na construção dos projetos.

A criação dos primeiros códigos seguiu o acrônimo da abordagem STEM, ou seja, foram estipuladas quatro categorias que são a Ciência, a Tecnologia, a Engenharia e a Matemática, podendo haver a requisição de subcódigos em qualquer situação. Em relação à quantidade de referências demarcadas, caso o código apresente ramificações, a totalização foi dada pela soma das referências encontradas para cada uma dos ramos.

4.1.1. Lançando olhares sobre os conceitos oriundos dos painéis

Na tabela a seguir, podem ser visualizados todos os códigos que emergiram do tratamento dos painéis, sendo o primeiro deles a ciência, onde os assuntos explorados abrangiam a temática da luz. O segundo agregador é a tecnologia, sendo responsável pela menção e/ou explicação das possibilidades tecnológicas de utilização nos produtos. Os silos Engenharia e Matemática também foram identificados. Na Tabela 1 abaixo, estão listados os códigos e subcódigos definidos e os respectivos quantitativos.

Tabela 1 – Codificação

(continua)

Código	Subcódigos	Quantitativo
Ciências		
	Conceito de luz	12
	Grandezas luminosas	
	Iluminância	12
	IRC	11
	Temperatura de Cor	12
	Classificação das cores	
	Primárias	11
	Secundárias	11
Tecnologias		
	Arduíno	12

(conclusão)

Código	Subcódigos	Quantitativo
Tecnologias		
	Iluminação cênica	11
Engenharia		11
Matemática		8

Fonte: Autor (2024).

Perfazendo um total de 111 referências, o código Ciências foi o mais mobilizado com 47 indicações, enquanto que a Tecnologia retornou 23 menções. As categorias Engenharia e Matemática foram convocadas em menor número, sendo 11 e 8 referências, respectivamente. Como o objetivo da atividade consistiu em socializar os conceitos científicos e tecnológicos, estes foram encontrados em maior quantidade.

Enfatizando a ciência e a matemática

Os estudos de Ozkizilcik e Cebesoy (2023) apontaram que, durante a participação em um curso sobre o STEM, implementado por meio do EDP, professores de ciências em formação relataram que há uma melhora na compreensão dos conteúdos científicos por meio das atividades propostas. Elaborar os painéis tornou-se uma maneira direta de trabalhar com os conceitos em ciências, em específico, às definições das grandezas e características da luz, onde foram discutidos sua conceituação, as grandezas luminotécnicas e a classificação das cores.

O software utilizado na análise permitiu que fosse atribuída uma valoração qualitativa durante a codificação, onde se percebe descrições positivas ou negativas sobre um determinado trecho demarcado. Essa ação é denominada de sentimento, e os quantitativos em relação aos códigos podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2 – Sentimentos em relação aos conceitos codificados

Sentimento	Gradação	Quantidade
Positivo	Muito Positivo	34
	Moderadamente Positivo	18
Negativo	Moderadamente Negativo	4
	Muito negativo	0

Fonte: Autor (2024).

A tabela de sentimentos deve ser compreendida, então, como a forma que o conceito descrito se aproxima do enunciado padrão, para todos os códigos delimitados. Infere-se que há um grau de acerto majoritário, sendo as respostas insatisfatórias em torno de 7% do total. Das quatro inserções consideradas negativas, três delas são descrições inconclusivas ou incompletas para o conceito de “temperatura de cor”, grandeza bastante utilizada na luminotécnica para definir a tonalidade da luz, e conseqüentemente, o conforto do ambiente.

O item com sentimento negativo restante é sobre o conceito de iluminância, que relaciona a quantidade de luz que incide sobre uma determinada área. Como se trata de uma definição que suscita o raciocínio matemático, uma nova codificação foi realizada para vislumbrar se houve a compreensão a partir desta relação, com a indicação da equação ou da unidade de medida da grandeza. Nesta ocasião, foram encontradas 7 referências, onde cinco delas enunciam a relação, ou seja, a operação matemática “divisão” entre duas grandezas, e em apenas duas ocasiões é possível visualizar a equação (fórmula) da Iluminância.

O NVivo proporciona uma visualização quantitativa para a contagem de palavras, a partir de nuvens ou de árvores de palavras. Para a conceituação da luz, pode-se observar que os termos mais encontrados formam exatamente a construção mais usual desta definição, conforme pode ser visto na Figura 8. Trata-se de uma radiação eletromagnética que está no espectro visível ao olho humano. Percebe-se ainda que outros termos ajudam a encorpar o enunciado do conceito, trazendo menções a frequências, comprimentos de onda e outras características.

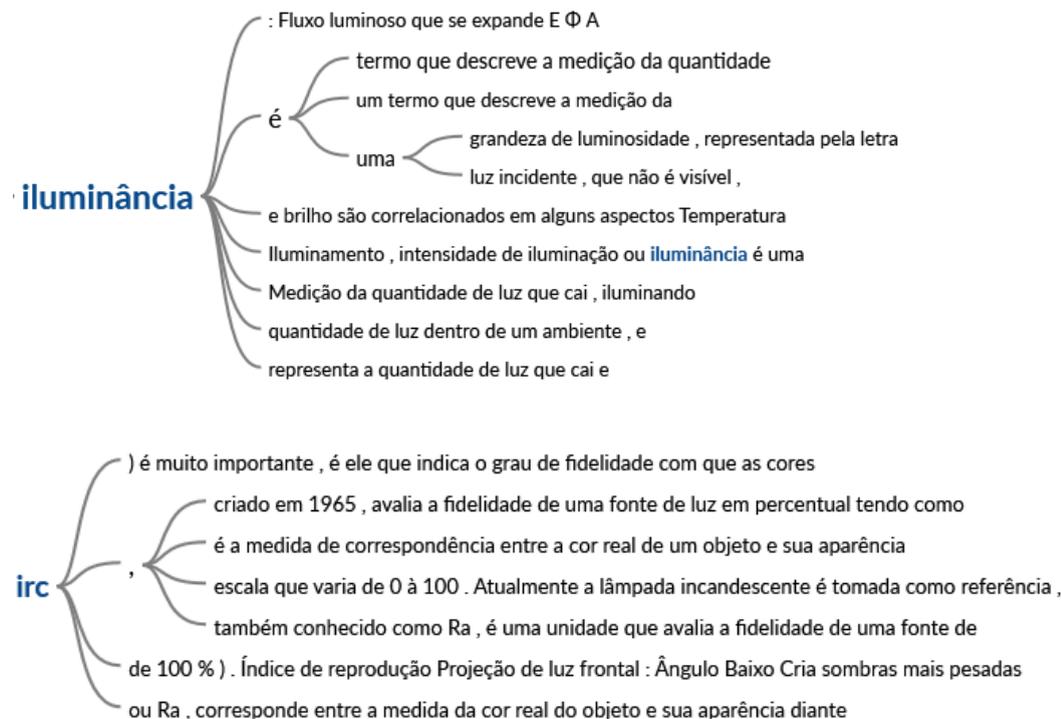
Figura 8 – Nuvem de palavras para a definição de luz

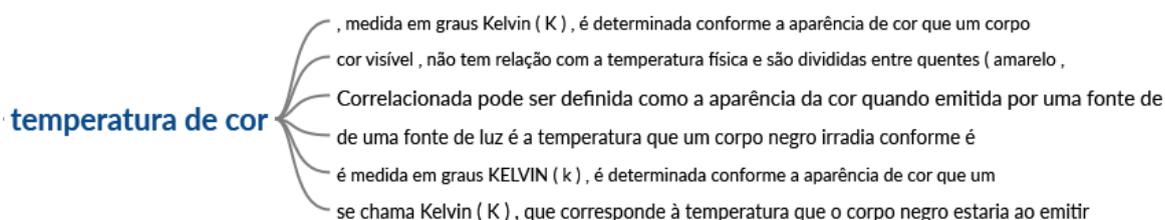


Fonte: Autor (2024).

No caso dos conceitos relacionados às grandezas luminotécnicas presentes nos painéis, as buscas têm o propósito de perceber como são enunciadas essas definições, onde foram construídas árvores de palavras para cada uma delas, conforme podem ser vistas na Figura 9 (a), (b) e (c). A lógica incutida nesse modelo de diagrama aponta para as sentenças mais frequentes encontradas antes e após do termo pesquisado, que no caso foram “iluminância”, “irc” e “temperatura de cor”.

Figura 9 – Árvores de palavras para conceitos luminotécnicos





Fonte: Autor (2024).

Analisando as várias ramificações que se propagam dos termos “iluminância” e “irc”, vê-se que para a primeira as sentenças expressam conteúdos muito parecidos, o que uniformiza entre os respondentes o conceito trabalhado na atividade, destoando do que acontece para o IRC - índice de reprodução de cores, onde se constata uma diferenciação acentuada nas sentenças, mas sem que estas deixem de expressar corretamente a definição do termo.

Para a “temperatura de cor” observa-se que há uma ênfase muito grande para a unidade de medida da grandeza (Kelvin), porém sem uma padronização das explicações subsequentes. As análises anteriores apontaram que houve um sentimento negativo mais aguçado para este conceito, o que pode justificar essa diferenciação na escrita das definições.

Os últimos parâmetros observados nos painéis versam sobre a classificação das cores do tipo primárias e secundárias. Assim como aconteceu para o termo “luz”, houve grande taxa de positividade, chamando a atenção o fato de alguns identificarem as cores primárias (vermelho, amarelo e azul) e traçando o indicativo que as cores secundárias derivam da associação entre duas cores primárias.

Papagiannopoulou, Vaiopoulou e Stamovlasis (2023) entendem que o uso das tecnologias pode configurar um contexto real e significativo para o aprendizado dos conceitos em ciências e matemática. A estruturação das atividades de projeto tentaram reproduzir esse contexto, haja vista as atividades serem realizadas com auxílio de computadores, estando todo o conhecimento reunido à disposição para a construção dos artefatos.

Dada a fusão entre conceitos trabalhados no ensino médio, como a definição e as propriedades da luz, e tendo como novidade a apreensão das grandezas luminosas iluminância, temperatura de cor e o índice de reprodução de cores, houve

um aproveitamento satisfatório da tarefa, servindo os painéis como fonte de consulta, caso houvesse a necessidade durante o percurso do projeto.

Ao enaltecereem os benefícios que a disponibilidade das tecnologias de informação e comunicação oferecem aos processos educacionais de forma geral, Wang e Hsu (2014) advogam que o uso da tecnologia pode facilitar as práticas científicas e engajar os estudantes na condução de investigações que se voltem a problemas reais, o que atende aos anseios da aprendizagem baseada em projetos e os processos de design em engenharia.

Sobre a matemática, afora as referências encontradas para o raciocínio matemático descritas no momento de análise do código “iluminância”, apenas em mais uma oportunidade, uma equação foi apresentada, dessa vez para o conceito de “luminância”, ausente nos demais painéis investigados. Ao total, oito referências receberam o código “raciocínio matemático”.

Como o cerne da atividade foi a parte científica do STEM, percebeu-se um acoplamento sutil entre os conceitos científicos e equações matemáticas, dado que um determinado conceito, principalmente em Física, sugere uma fórmula sintetizadora. O diagnóstico sobre a forma como a Matemática pode vir a ser integrada na intervenção em STEM para cursos de engenharia trouxe algumas reflexões. Para Seebut et al. (2023) incutir a matemática no design de uma experiência em STEM é difícil, haja vista sua natureza abstrata, o que requer uma compreensão aguçada para que esta venha a contribuir com a resolução de questões do mundo real.

De fato, as equações que poderiam emergir das pesquisas exigiriam conhecimentos básicos de matemática, como operações de soma, divisão e proporcionalidade, suficientes para instigar a reflexão sobre as relações entre as grandezas. Por outro lado, conteúdos trabalhados em matemática, seja no ensino médio ou nos componentes curriculares iniciais de um curso de engenharia, viriam a requerer maior ou menor grau de abstração e, certamente, ficariam distantes de situações reais. Essa disparidade compromete a integração entre as áreas e desloca a matemática a uma posição secundária, mesmo que seja adotado o raciocínio matemático enquanto objetivo estratégico da matemática no STEM, conforme propõe Kelley e Knowles (2016).

Observações sobre Engenharia e Tecnologia nos painéis conceituais

Para aspectos mais ligados a conhecimentos tecnológicos, o cerne da questão foi a forma como o microprocessador Arduino poderia ser utilizado no acionamento das lâmpadas. Como houve uma atividade posterior onde um simulador de bancada de laboratório foi utilizado para programar o tempo que esses leds ficam acesos, os painéis trazem informações muito vagas sobre a plataforma e se dedicam mais a apresentar quais as especificações das lâmpadas led que poderiam ser utilizadas no Arduino.

Ainda no que circunda os conhecimentos em tecnologia, um mergulho na temática do Lighting Design pode ser verificado de forma bem consistente, porém com o nome de Iluminação Cênica, iniciativa que partiu dos próprios estudantes visando contextualizar melhor a aplicação destes conhecimentos no projeto a ser desenvolvido, dotando o termo de conotação artística.

Certamente, este foi o subcódigo mais explorado pelos estudantes, uma vez que se observa um cuidado maior na explanação do assunto, evidenciando bem as oportunidades que emergem da utilização desta tecnologia. Foram elencados os benefícios da ambientação que o jogo de luzes traz para a experiência, sendo um elemento a compor o enredo comunicado e incidindo nas vestimentas dos artistas, disposição dos integrantes, decoração do espaço e até para focar em algo ou alguém importante no percurso da narrativa.

Os alunos evoluíram para aspectos mais artísticos da Iluminação Cênica com os artefatos tecnológicos que poderiam ser utilizados na composição do clímax esperado para determinados atos de um espetáculo. Pode ser encontrado, ainda, a utilização de efeitos visuais que ajudam a construir a percepção do ambiente a partir da escolha de determinados ângulos de projeção da luz e equipamentos com propriedades específicas para cenografia.

A inferência que responde a parte da engenharia nos painéis obedeceu uma temática única, trazendo algo que dialogasse sobre a utilização de servomotores nos projetos. Esses motores são assim designados por haver a disponibilidade de controle sem que seja necessário um circuito exclusivo de comando para o seu funcionamento, ou seja, compatibilizando-o com processadores de informações tipo o Arduino. Todos os documentos acostados trouxeram a informação, mas sem que

houvesse qualquer tipo de aprofundamento, seja na utilização ou controle desses motores.

A elaboração dos painéis atingiu a prescrição em ser a atividade onde os estudantes deveriam se aproximar dos conceitos científicos, haja vista a grande quantidade de referências encontradas para os códigos relacionados a “ciências”. Houve assimilação de cada um dos termos e a taxa de sentimentos negativos foi baixa em relação ao montante apresentado.

É de se estranhar que o padrão de cores RGB (red, green, blue), paleta de cores mais indicada para luzes e iluminação e presente nos mais diversos softwares para manipulação de imagens e figuras, deixou de ser mencionado, talvez por ter havido a limitação dada pela busca de conceitos que tivessem sido ministrados em algum momento da escolarização.

A integração Engenharia - Tecnologia consiste em um par-ordenado natural nos cursos de engenharia. E foi importante constatar a forma como o design de iluminação cênica cativou as atenções dos estudantes, sob a forma de uma aplicação direta do conhecimento em uma situação real. Na fase do EDP que se dedica a melhor definir a tarefa, espera-se que haja o esclarecimento mais aprofundado do problema apresentado (Radcliffe, 2014), o que pode ser visualizado nos painéis de forma geral.

4.1.2. Entrevista de grupo focal

Conforme comentado em linhas anteriores, dos seis grupos que estiveram envolvidos em todas as atividades do projeto, apenas 4 (quatro) deles enviaram um representante para a entrevista de grupo focal, que foram o Rock, o Brega, o MPB e o Forró. Inicialmente, serão avaliadas as respostas para as duas primeiras perguntas, seguida pela análise total da entrevista, identificando em cada resposta trechos relacionados às categorias definidas.

Pergunta 1

Algumas atividades de projeto se dedicaram a trabalhar os conceitos científicos e tecnológicos a serem utilizados no projeto. Como vocês utilizaram esses conhecimentos durante o percurso das atividades?

Os participantes indicaram que a apreensão de conhecimentos antes da construção dos palcos permitiu que a tarefa fosse facilitada, porém direcionaram suas falas para a componente tecnológica do artefato, mais precisamente a atividade que simulou a montagem dos circuitos e a programação para o funcionamento, atribuindo aos conhecimentos em ciências um caráter menos funcional e mais estético, o que de certa forma corrobora com as intenções propostas para essa área do STEM, uma vez que o efeito luminoso deu-se por meio da escolha apropriada das cores e possíveis misturas de tonalidades.

Esse componente visual é expressado por A1 ao comentar a montagem da estrutura do palco, declarando que “ali era realmente questão estética”. O termo mistura de cores é enunciado por A2, sendo mais a frente justificado com o mesmo embasamento do respondente anterior, no qual relatou seu desejo de construir “um palco da melhor forma possível, que realizasse o projeto, ficasse mais bonito”.

Apreender conceitos que contribuam para o desenvolvimento do projeto foi uma ação aprovada em todas as respostas coletadas, o que destaca, mais uma vez, as contribuições das duas fases iniciais do EDP para a compreensão total do problema de projeto, corroborando ainda com as características essenciais do PjBL ao passo em que se refere a aplicação de conhecimentos significativos e em contextos reais.

Pergunta 2

De que forma vocês dimensionaram os componentes utilizados no produto? Vocês tiveram que fazer os circuitos, né? Como foi que vocês dimensionaram esses circuitos?

Em nenhuma das respostas expressadas houve qualquer indício para o cálculo das grandezas elétricas que passariam pelos componentes de circuitos, fato que viria a balizar o dimensionamento dos dispositivos. Os alunos A1 e A4 disseram que a tarefa de montar os circuitos ficou a cargo de um dos integrantes do grupo que já tinham o conhecimento, adquirido em cursos de nível técnico ou outras oportunidades, que foi justamente a justificativa do aluno A2.

Apenas o respondente A3 trouxe sua experiência para o dimensionamento dos circuitos, mas descrevendo-a em termos conceituais, sem que houvesse

equacionamento ou memória de cálculos para tal. No relato sobre o procedimento em tela, existem preocupações para a compatibilidade entre as tensões dos dispositivos, a relação entre o tamanho da fita e a suportabilidade de corrente elétrica do Arduino, entre outras relações.

eu tive que estudar bastante essa relação de fita Led, tipo rgb, digital, a fonte de alimentação do Arduino, eu consegui achar justamente uma fita que poderia ser alimentada só por Arduino, de 5 volts, seria mais ou menos três metros a fita, então conseguisse essa alimentação, botei os resistores pra preservar a parte da fita. Por mais que em si esses resistores seriam mais um conceito... se fosse uma fita maior, por exemplo, eu teria que utilizar transistor porque não teria como alimentar diretamente do Arduino a fita se fosse mais ou menos cinco metros, então, conseqüentemente, a gente se adaptou mais em trazer uma eficiência bem mais rápida, com o Arduino alimentando ficaria bem mais fácil (A3).

Conforme apresentado em ocasiões anteriores, as respostas proferidas pelos estudantes aprofundam ainda mais o distanciamento entre a matemática e o desenvolvimento dos projetos. Nos estudos de Lu, Lo e Syu (2022), constata-se que “a matemática oferece um método de pensamento e uma ferramenta de análise, que as pessoas usam para desenvolver ciência, engenharia, arte e tecnologia” (p. 2258, tradução nossa). Essas premissas podem ser visualizadas apenas para o estudante A3.

Buscar o papel da matemática para a Perspectiva STEM também foi uma verificação de Just e Siller (2022) quando esta é implementada no ensino básico, chegando à conclusão de que a matemática é utilizada apenas como parte operacional das outras disciplinas, reservando um papel menor na Integração STEM. Ou seja, geralmente os cálculos estão atrelados aos conhecimentos em ciências ou a alguma necessidade específica da tecnologia.

Face ao exposto, a seção posterior dedicou-se a observar, em todas as respostas dadas na entrevista, quais trechos poderiam ser classificados enquanto áreas do STEM. É oportuno lembrar que uma mesma resposta pode conter trechos relativos a diversos assuntos e a ferramenta tecnológica de análise permite identificar e até cruzar esses dados.

4.1.3. Usando o NVivo para codificação da entrevista

Em linhas anteriores definiu-se que as quatro áreas do STEM seriam trabalhadas também como categorias de análise de dados, o que aconteceu nas inferências para os painéis e rubricas. No entanto, há uma mudança, provocada pelo

contexto, na forma como esses campos são relatados, ora atrelando a tarefa específica realizada aos conhecimentos trabalhados no projeto, ora se referindo às atividades em si ou a sequência delas.

Em outras palavras, para as ciências e as tecnologias, os alunos se remetem a esses conteúdos por meio do sentimento que ficou da elaboração dos painéis e do uso do simulador online de circuitos elétricos. Para a matemática, são mencionados momentos onde houve a necessidade de dimensionamento dos componentes de circuitos e, por fim, houve manifestações sobre a importância de uma atividade para o percurso do projeto, como também impressões sobre o desencadeamento (sequência) dessas atividades, o que se remete a área da engenharia enquanto forma de pensar, conceber soluções e materializá-las.

Outra observação importante é sobre a definição do código para os argumentos. Dado que o código é atribuído a resposta completa para cada uma das perguntas, uma mesma verbalização pode estar atrelada a uma ou mais codificações, uma vez que a frase enunciada pode tratar de diversos assuntos ao mesmo tempo. Essa característica traz a possibilidade de realizar cruzamentos entre códigos, estabelecendo relações entre eles.

No que tange os **conhecimentos científicos**, cinco referências foram encontradas. Em duas delas, os estudantes apontaram que realizar as pesquisas sobre os conceitos era uma atividade corriqueira e de menor complexidade. Em uma delas, há a percepção de um aprofundamento das atividades, que iniciam com a conceituação e desembocam nos produtos, conforme relatado pelo aluno:

*O senhor fez um esquema, esquematização que vai até o projeto final, passa pela prototipagem e tudo mais e, conseqüentemente, as suas atividades também sequenciais, **como aquelas que a gente faz infográficos e tal, aprofundava cada vez mais essas etapas, né?** (A3)*

Outras duas referências dialogam com o intuito de levar os conhecimentos científicos até a fase de concepção e construção dos produtos, agregados a importância dada ao sequenciamento das atividades, enquanto acúmulo prático e teórico no percurso do projeto.

*Eu acredito que o seguinte: das atividades que o senhor passou **pra gente pesquisar as misturas das cores, todas aquelas atividades antes ao projeto foram de suma importância pra até na montagem do palco, a gente ter uma noção de cores**, como montar o Arduino, como o aluno falou. (A2)*

*Contribuiu bastante porque eu lembro que uma das primeiras atividades que o senhor passou foi da gente definir, escrever, acho que era num... esqueci até o nome do negócio...mas assim, **a gente saber o que era cada luz do palco, pra que elas eram utilizadas e, enfim, foram só contribuindo.** (A1)*

Uma visita as atribuições resultantes da rubrica ciências, onde houve uma marca significativa para os conhecimentos científicos, revela um contraste em relação às impressões dos estudantes, uma vez que esses até julgam como fundamentais a apreensão desses conteúdos, mas como forma de embasar ou dar sentido ao fluxo de atividades, o que difere do uso dos conceitos enquanto um dos norteadores dos projetos ou reconhecer os fenômenos durante o percurso.

Esse tipo de discrepância entre o observado nas rubricas em relação ao enunciado pelos estudantes desaparece nas análises para a **matemática**. As quatro referências encontradas nas respostas sinalizam que havia alguém nas equipes que já tivesse passado pela experiência em montar e programar circuitos eletrônicos, e este estudante ficou encarregado da tarefa. Os argumentos dos estudantes deixam claro essa perspectiva.

*Bom, **eu tenho conhecimento geral de eletrônica já, antigo**, então eu meio que sabia qual era o objetivo do projeto. **E a gente precisava de um circuito de proteção** e que o Arduino conseguisse variar a frequência que a gente manda pro Led pra piscar, de acordo com os ritmos. (A2)*

*A parte de circuito **quem fez foi outro aluno do grupo**, então no caso a gente não utilizou o Arduino, pois que eu me lembre foi pela fita Led – inaudível – e realmente a parte elétrica eu não lembro. Ele fez num único dia, sozinho. (A4)*

Esse é um tipo de constatação que sinaliza diversos apontamentos. A primeira delas é de ordem natural, haja vista que a montagem do circuito dispensava o uso de cálculos mais sofisticados, como aqueles ministrados nas disciplinas de Cálculo e Geometria Analítica dos anos iniciais em cursos de engenharia. Esse dado justifica a opção por rejeitar que uma atividade completa tivesse como foco as definições matemáticas, fato que ocorreu para as ciências e tecnologias.

Em continuação, orientou-se, por meio de um dos requisitos do projeto sobre os tamanhos dos palcos, mobilizando conhecimentos em conversão de unidades de medidas, o que já resolveria a problemática. Outra situação que pode ser levantada é de ordem estrutural, uma vez que a unidade acadêmica ainda busca oferecer aos alunos um laboratório para construção desse tipo de produto, conhecidos como maker ou multiusuários, pois o acompanhamento das montagens poderia resultar na verificação desses conhecimentos.

As quantidades de referências encontradas nas respostas mudam de patamar no momento em que as análises partem para as áreas de tecnologia e engenharia. No que diz respeito aos **conhecimentos tecnológicos**, oito argumentos foram identificados, trazendo consigo a definição do tipo de circuito empregado no produto, como também destacando a experiência prévia em bancada simulada online, como pode ser visto nos argumentos abaixo.

Então, no meu caso que eu usei o Led, não a fita, mas o Led único, e foram seis, eu precisei de seis resistores de 220Ω pra conseguir proteger o circuito, pra o Led não queimar da tensão que o Arduino joga e o Arduino conseguir variar melhor. (A2)

... porque na hora pra poder programar o Arduino, pra funcionar as luzes e tudo mais, então a gente utilizou bastante todos os conceitos tecnológicos que a gente tem, conhecimento, na verdade, que a gente tem já prévio pra poder realizar o projeto. (A1)

Os conceitos foram muito importantes, principalmente o primeiro contato com o light designer, né? Eu achei muito interessante essa aplicação e também os conceitos prévios de como utilizar Arduino realmente, fazer aquele projeto no Tinkercard ajudou muito até na parte de programação, ficou bem mais fluido, foi bem mais rápido, por causa desses conceitos prévios, até na parte de organizar em si um sistema, né? (A3)

Fica perceptível que a preocupação dos estudantes repousava no aprendizado da tecnologia para que a manipulação dos componentes viesse a ser satisfatória. Dentre as respostas, encontram-se ainda depoimentos onde se alertava para evitar a queima de dispositivos, pois isso incorreria na compra de um novo elemento de circuito. Houve ainda uma atenção especial aos critérios estéticos dos palcos, para que a decoração refletisse a atmosfera do ritmo para o qual o projeto seria desenvolvido.

Assim como ocorreu para o dimensionamento dos componentes utilizados no circuito, os depoimentos deixam claro ainda que houve o direcionamento, dentro dos grupos, para que um dos integrantes ficasse a cargo da construção, obedecendo ao mesmo critério identificado para a matemática: a experiência anterior de um determinado aluno com a eletrônica. É válido ressaltar que, para os conhecimentos tecnológicos, houve uma tarefa específica de aproximação desses conteúdos com o alunado, inclusive sendo uma atividade individualizada, na qual todos os estudantes realizaram a contento.

É chegado o momento de analisar a **engenharia**, área central do STEM, e compreendida como a maneira na qual os engenheiros resolvem problemas, partindo de um exame multifacetado da situação e culminando em critérios técnicos,

estéticos e econômicos da solução proposta. Eis que esse campo concentrou quase metade das referências encontradas para as áreas STEM enquanto categorias de análise, totalizando 14 (quatorze) indicações nas entrevistas.

As primeiras inferências indicam que três respostas trouxeram a relevância do planejamento das atividades, de maneira geral, como fator positivo para a concretização dos artefatos. Essas marcações prévias constam do plano de ensino da disciplina e harmonizam os encontros para que haja fluidez na execução das tarefas, onde são definidos ainda as métricas de avaliação e a pontuação referente a entrega.

Houve a compreensão, por parte do alunado, que o ordenamento foi seguido e exitoso em sua aplicação, pois como afirma **A3** “*até no começo da disciplina o senhor fala do planejamento, né? O senhor fez um esquema, esquematização que vai até o projeto final, passa pela prototipagem e tudo mais ...*”. Todas as atividades e entregas ficam disponíveis para os alunos desde os primeiros encontros, facilitando a programação dos trabalhos.

Para as outras referências, tratou-se de dividir as respostas em dois agrupamentos, no intuito de melhorar o entendimento. Um deles tratou de enfatizar como uma **atividade** específica colaborou para a construção dos produtos, à medida em que a outra parte se dedicou a mostrar a **sequência** de atividades enquanto promotora de um fluxo de tarefas que se complementam até a entrega final. Para a primeira, foram encontradas 4 referências, enquanto que 9 indicações foram determinadas como sequência.

No relato a seguir, cita-se a atividade de simulação online, catalogada mais acima enquanto conhecimento tecnológico, em um contexto onde se valoriza a possibilidade de aquisição de conhecimento por meio de uma tarefa específica. A situação se configura como condizente com o andamento do projeto, corroborando com uma das características fundamentais das interações em STEM, onde o foco é a Engenharia.

Na minha concepção as atividades que foram propostas ajudaram a mim o seguinte: porque não adianta você produzir um projeto sem planejamento, sem dimensionamento e sem uma montagem prévia como a gente utilizou o Tinkercard pra fazer o circuito antes de produzir na vida real. **(A2)**

A visão geral do empreendimento, partindo da apreensão de conceitos até o desemboque na entrega do produto finalizado, também esteve presente nos

argumentos dos respondentes, capacitando-os a vislumbrar quais as formas e funcionalidades seriam empregadas no palco. Percebe-se ainda um tom de seriedade no momento em que trazem uma responsabilidade empresarial às atividades, havendo assim prazos e realizações a cumprir.

realmente as atividades pré ao palco ajudaram muito a ter essa dimensão em relação do que seria o produto, principalmente a criação da empresa, a gente conseguir definir o que cada um ia fazer **(A1)**

A outra banda de referências foi catalogada enquanto sequência, assim nomeada por destacar o processo como basilar para o desenvolvimento das atividades. Há menções que exprimem uma complementaridade entre as atividades, o que torna a dinâmica sistemática. A relação entre as etapas do projeto é perceptível nos argumentos do respondente **A3**

Sempre ia adicionando, botando cada vez mais, passando a prototipagem, né? Planejamento, a parte de Arduino, né? Quando a gente faz o projeto. Então tudo realmente encaixou e fez com que a gente fizesse um projeto realmente bem pensado, planejado e pra executar.

A passagem acima classifica o fluxo de atividades como um “encaixe”, corroborando com a ideia de trabalhos que se complementam para a confecção dos produtos. Em outra passagem, o participante A4 discorre sobre a forma como a sequência facilitou as atividades, indicando ainda um censo de velocidade e pontuando certa leveza no transcorrer dos trabalhos, o que pode vir a proporcionar um ambiente mais agradável e menos austero para com os afazeres solicitados

A sequência de planejamento que o senhor nos ensinou, as etapas, fizeram com que fosse mais rápido, mais leve de fazer. Acho que foi o primeiro projeto que eu fiz, na vida de faculdade, que foi tão rápido e tão fácil. Porque foi bem planejado, assim, na questão, foi bem discriminado.

Uma das ponderações trouxe algumas das características tão propagadas pelas engenharias, que é a questão da eficiência das soluções, em contrapartida aos erros de construção. Apesar das possíveis dificuldades na montagem e na programação dos circuitos, julgou como satisfatório o desencadeamento das ações de projeto, o que pode ter influenciado na qualidade dos produtos construídos.

Então eu achei de bastante importância pra gente ir aprendendo a cada atividade e no final produzir um projeto com uma eficiência muito alta, um projeto bonito e que ficou, tipo, perfeito assim, tipo, não teve erro, não ocorreu nada de errado antes de ser entregue. **(A2)**

Um panorama geral pode ser traçado relacionando as respostas dos alunos com as áreas do STEM para que se possa compreender como cada um dos respondentes esteve conectado ao projeto. Os dois primeiros alunos contribuíram

com 10 referências cada um, enquanto que para o terceiro estudante alocou-se 8 referências. O quarto estudante contribuiu com mais 6 referências, totalizando 34 indicações aos campos do STEM extraídos.

Tabela 3 – Referências extraídas para o STEM

Aluno	Ciências	Matemática	Tecnologias	Engenharia
A1	2	1	3	4
A2	1	1	3	5
A3	1	1	2	4
A4	1	1	0	3

Fonte: Autor (2024).

A Tabela 3 proporciona, ainda, uma verificação da tendência de como os alunos contribuíram em cada temática. Percebe-se que há uma uniformidade na extração das referências, sendo poucas delas nas áreas de ciências e matemática, enquanto que há uma maior incidência para as áreas de tecnologia e engenharia. A exceção fica pela ausência de referências extraídas do Aluno 4 em relação às tecnologias, e a participação efetiva deste mesmo estudante na questão das engenharias.

A concentração de esforços, seja na entrevista ou no projeto, nas áreas mais próximas à natureza do curso de engenharia, foi reiterada pela Tabela 3, de forma ainda mais acentuada na parte que cabe a avaliação do processo como um todo, a engenharia. Essa é uma constatação que precisa ser avaliada no momento do planejamento das ações em STEM, para que as áreas sejam melhor contempladas durante a intervenção, mesmo que, ainda assim, alguns dos campos sobressaiam por conta da essência do projeto.

Com o final das atividades, todo o processo foi avaliado enquanto proposta para o ensino da engenharia, entendendo a construção do conhecimento por meio do PjBL mediada pela Educação Integrada em STEM. Os grupos foram analisados e os resultados foram discutidos conforme descrito na seção seguinte.

4.1.4. Diagnóstico dos grupos

Durante a trajetória da disciplina, são vários os momentos em que o professor conversa sobre os projetos com as equipes. Para cada entrega efetuada, algumas perguntas eram realizadas e as respostas eram anotadas, em formas de tópicos, formando algo próximo a um diário. No caso desta investigação, as informações coletadas nessas interações possibilitaram a construção da avaliação por meio das rubricas, fornecendo um panorama geral de mobilização das áreas STEM.

Na Quadro 11 abaixo, estão atribuídas as marcações de acordo com cada grupo nas rubricas. As equipes serão identificadas pelos estilos musicais que escolheram para a construção dos palcos. Para que essas informações sejam melhor visualizadas, foram utilizados gráficos de radar, haja vista potencializar a identificação dos níveis por meio de diversos eixos, representando cada uma das áreas STEM. Inicialmente, os grupos serão avaliados individualmente, a partir do gráfico para este elaborado.

Após a análise de todas as equipes, o gráfico resultante foi construído, obtido pela soma de todas as pontuações atribuídas aos grupos em cada item das rubricas, necessário para a realização de um diagnóstico geral da experiência. Todo o conteúdo aqui levantado recebeu comparação com as falas dos estudantes obtidas durante a entrevista de grupo focal, no intuito de estabelecer um paralelo entre as impressões de docentes e alunos.

Quadro 11 – Avaliação dos grupos

Silo	Rubrica	Frevo	Rock	MPB	Forró	Brega	Eletrônica
Ciências Apreender conceitos e reconhecê-los durante a execução das tarefas	A teoria foi ignorada em todo processo						
	Conceitos trabalhados apenas na tarefa específica						X
	Equipe identificou os fenômenos em determinados momentos da intervenção	X		X			
	A teoria guiou e foi mobilizada durante todo o percurso do projeto		X		X	X	
Matemática Dimensionamento dos componentes de circuito a partir da exploração do raciocínio matemático	Desprezo pelo uso dos cálculos, se valendo do princípio da “tentativa e erro”			X			X
	As grandezas foram estimadas com base em experiências passadas					X	
	Avaliou por ordem de grandeza a especificação dos elementos	X	X		X		
	Cuidou de calcular, com base na teoria, cada um dos componentes sugeridos						
Engenharia Design de projeto, concepção das soluções e emprego de tecnologias	Lista de requisitos foi totalmente modificada com entrega de produto diferente da projetada						
	Atendeu os requisitos com alternativas simplórias e desrespeitando prazos pactuados						
	Os requisitos foram atendidos, mas sem que houvesse incrementos, com a entrega das tarefas no prazo	X	X	X			X

	Houve incremento para além dos requisitos com pontualidade na entrega dos produtos parciais				X	X	
Tecnologias Estudo de possibilidades na aplicação da tecnologia para atendimento dos requisitos	Replicou solução pronta disponível atendendo parcialmente os requisitos						
	Adaptou solução pronta para atendimento dos requisitos		X	X			X
	Elaborou solução própria com atendimento aos requisitos mínimos do projeto	X					
	Construiu solução própria com incrementos em relação aos requisitos				X	X	

Fonte: Autor (2024).

Os seis grupos que conseguiram apresentar o produto final foram o Frevo, o Rock, MPB, Forró, Brega e o de música eletrônica. Há uma variedade de soluções por eles desenvolvidas, como também entendimentos diferentes sobre aspectos rítmicos. Iniciando as considerações pelo grupo Frevo (Gráfico 7), nota-se que houve uma uniformidade em relação aos quatro aspectos STEM observados, uma vez que a linha tracejada é equidistante dos extremos do gráfico.

No que se refere aos conhecimentos científicos, o grupo conseguiu identificar esses conhecimentos em momentos pontuais do percurso, principalmente para definição de cores e lâmpadas que seriam utilizadas. O raciocínio matemático veio à tona na forma de aproveitamento de conhecimentos prévios, como a experiência de algum membro da equipe com a construção desse tipo de circuito em oportunidades anteriores.

Gráfico 7 – Marcas para o grupo Frevo



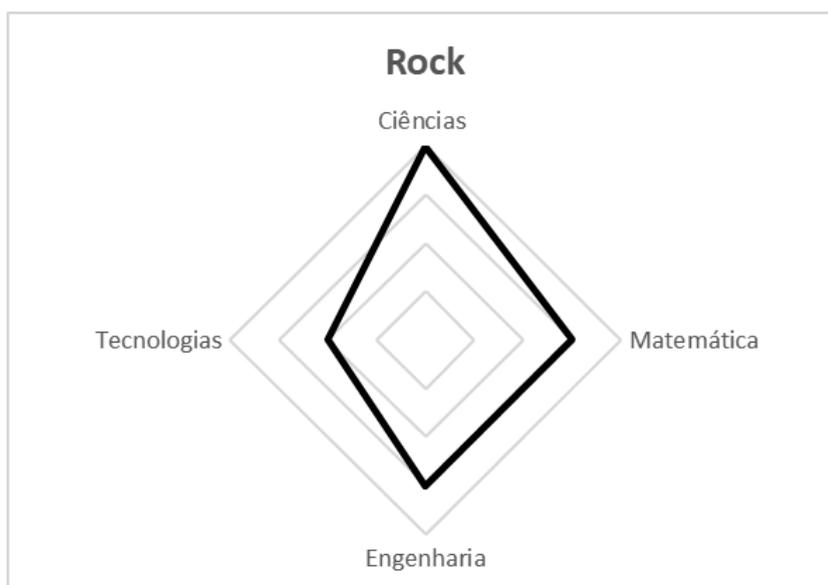
Fonte: Autor (2024).

O fator engenharia foi, de maneira geral, o melhor compreendido pelos grupos. No caso do grupo Frevo todas as tarefas foram elaboradas a tempo e de acordo com os comandos enunciados, porém a entrega do produto precisou ser adiada por dificuldades na montagem dos circuitos, o que denota um descompasso entre o planejado e o efetivamente realizado. Essa problemática fez com que a parcela Tecnologia também viesse a ser afetada, uma vez que interferiu diretamente na programação da iluminação e afetou a simultaneidade entre o ato de piscar e a batida musical.

O ponto alto do produto desta equipe ficou por conta da riqueza de detalhes na montagem do palco, tentando simular a atmosfera da praça do Marco Zero, ponto de encontro dos foliões durante o Carnaval do Recife. Mesmo com os contratemplos foi um trabalho que atingiu bem as expectativas, com forte apelo estético. Os componentes elétricos ficaram bem discretos e a performance de luzes era percebida de forma satisfatória.

O Gráfico 8 traz as impressões coletadas para o grupo Rock, que começou as atividades de projeto debatendo de forma consistente conceitos e opções de solução, o que está apontado no diagrama para as ciências e matemática, mas que teve, para a fase de construção dos produtos, decisões que deixaram de acompanhar o acumulado pela equipe.

Gráfico 8 – Marcas para o grupo Rock



Fonte: Autor (2024).

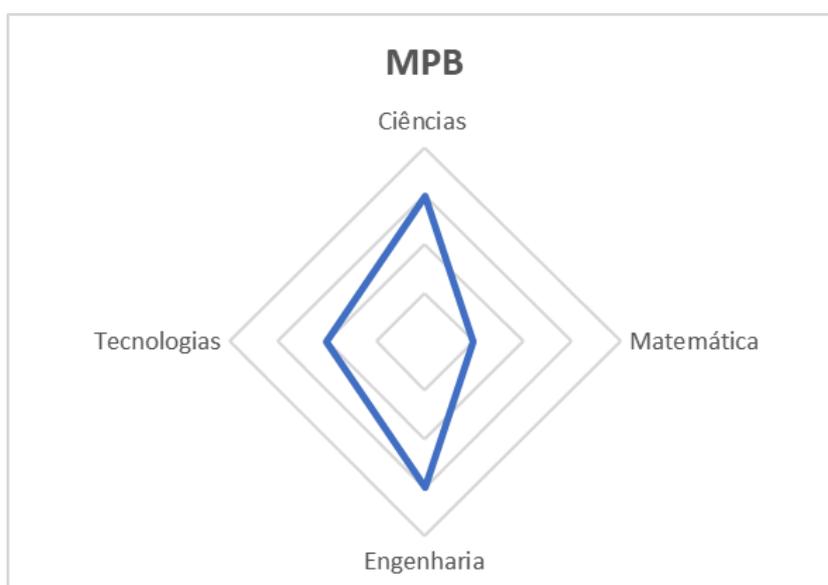
A tecnologia adotada foi uma fita led que vibrava de acordo com o som da música, o que poderia ser muito melhor explorado, principalmente para o jogo de luzes. O acabamento também deixou a desejar, havendo sobras de fita expostas e muitas arestas por aparar. Como a avaliação é processual, ainda assim o grupo atingiu os objetivos estabelecidos para a dinâmica de projeto.

Dificuldades ainda maiores tiveram os integrantes do grupo MPB, conforme pode ser visto no Gráfico 9. Para os critérios científicos, houve a mobilização desses conhecimentos em alguns momentos da trajetória de projeto, no entanto, visualizar como a matemática ajudou na elaboração e construção do produto foi uma tarefa

realizada a partir da testagem dos dispositivos, sem que houvesse uma preocupação prévia com o dimensionamento correto, seguindo critérios conceituais.

Houve também um descompasso entre a programação do acendimento das luzes e o ritmo musical escolhido, o que deixou a apresentação final prejudicada. Essa constatação reverbera tanto para as definições da tecnologia adotada, na qual uma solução pré-determinada foi utilizada para o projeto, pois a música escolhida suscitava uma solução melhor delimitada.

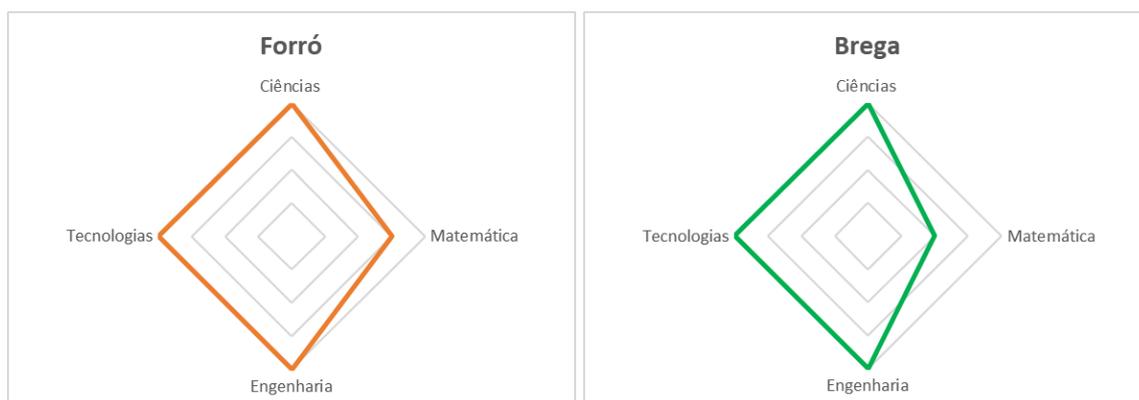
Gráfico 9 – Marcas para o grupo MPB



Fonte: Autor (2024).

Os dois próximos grupos analisados obtiveram marcas muito próximas, sendo um deles o do estilo Forró e o outro do Brega. O fato é que essas equipes obtiveram os traços mais alargados da observação, o que se traduz pela qualidade dos produtos apresentados. Em ambos os casos, houve a apreensão dos conceitos científicos e estes foram adotados como critérios para a direcionamento das decisões de projeto, marcando a posição mais externa para o item Ciência.

No que tange os conhecimentos matemáticos, o Gráfico 10 mostra que essa é a sutil diferença entre as avaliações dessas duas equipes, pois para o grupo Forró os dispositivos foram definidos aplicando o raciocínio matemático que apela para a noção de magnitude das grandezas, enquanto que para o grupo Brega um dos membros ocupou-se de definir os componentes a partir de experiências passadas.

Gráfico 10 – Marcas para os grupos Forró e Brega

Fonte: Autor (2024).

Os traços marcados para a engenharia e tecnologia são iguais para as duas equipes, haja vista que houve o cuidado em superar as expectativas contidas nos requisitos, tornando esses dois produtos os mais exitosos. No caso do Brega, as fileiras de luzes brilhavam de acordo com a velocidade com que a música fluía, alternando pontos mais rápidos e mais lentos, e seguindo uma configuração de programação para cada tipo de luz utilizada, aumentando a complexibilidade da programação no controlador.

Para o grupo Forró, enquanto um tablet mostrava a performance ao vivo de um famoso cantor jovem para o estilo, as fileiras de luzes vibravam de acordo com a marcação do bumbo ou zabumba, mesclando várias cores de luzes e obedecendo sincronicamente o compasso. É válido ainda ressaltar que todas as atividades dessas equipes foram realizadas dentro dos prazos e explorando os conhecimentos adquiridos, o que tornou todo o processo proveitoso para os participantes.

O último grupo a ser observado utilizou a música eletrônica. Aqui, a solução encontrada foi a utilização de um elemento antigo que remete àqueles circuitos de luzes que iluminam árvores de Natal, popularmente chamado de pisca-pisca. A diferença é que há a possibilidade de temporizar a mudança de rotina de acendimento dos leds. Aspectos construtivos do palco foram questionados, sem que houvesse mudança significativa na estrutura entre a tarefa de montagem do palco até a mostra final dos produtos.

Para os traços demarcados no Gráfico 11, é perceptível o quanto que a apreensão dos conhecimentos científicos ficou à margem das definições de projeto, tratando dos conceitos apenas na tarefa específica para tal. Já no que tange às

escolhas tecnológicas, houve a adaptação de uma solução empregada em outro contexto, havendo ajustes na temporização da vibração das luzes. Na música utilizada, há uma parte mais lenta, e outra mais rápida, o que incidia na velocidade do acendimento das lâmpadas, mas sem que houvesse uma compatibilidade entre luzes e ritmo.

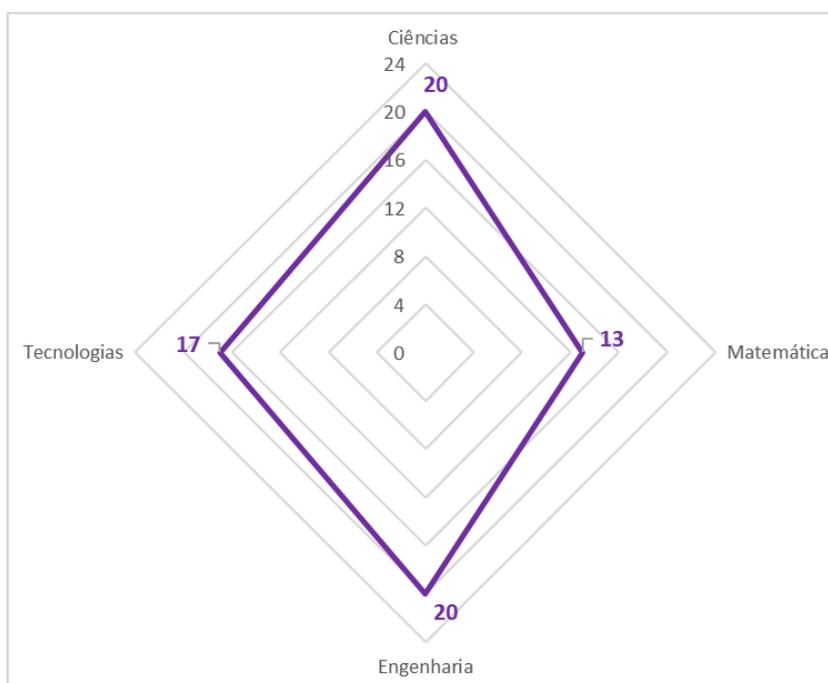
Gráfico 11 – Marcas para o grupo Música Eletrônica



Fonte: Autor (2024).

Como forma de tentar agrupar todas as informações em apenas um gráfico e este venha a representar como toda a turma lidou com os quatro aspectos do STEM, os traços foram somados e um traçado resultante foi obtido, podendo este ser apreciado na Gráfico 12. Como são seis grupos envolvidos, cada extremo pode totalizar até 24 unidades, e foram encontradas as marcas 20 (vinte) para as ciências e a Engenharia, 17 (dezesete) para a Tecnologia e 13 (treze) para a Matemática.

O fato de uma tarefa ter sido dedicada exclusivamente para a apreensão de conhecimentos científicos e, justamente, a falta de um momento dedicado somente ao dimensionamento dos dispositivos, o que levaria a exploração das equações matemáticas, pode ser o fator causador de um distanciamento entre essas duas áreas. Ficou explícito, nas apresentações e entregas, que houve um certo negligenciamento de aspectos matemáticos mais conceituais na adoção dos componentes de circuitos, ora por preservar experiências exitosas em ocasiões passadas, ora por utilizar a noção de ordem de grandeza para esse fim.

Gráfico 12 – Marca Resultante

Fonte: Autor (2024).

O sensível distanciamento entre as marcas resultantes para a engenharia e ciências daquela obtida para a tecnologia é oriundo do abandono de controladores programáveis para aqueles, onde há um funcionamento pré-estabelecido e adaptado para a solução do projeto. Isso comprometeu, inclusive, o sincronismo entre o compasso das músicas e a vibração das luzes, deixando de atender por completo um dos requisitos declarados.

O conjunto de impressões descritas neste tópico será utilizado como ponto de partida para a compreensão das falas dos estudantes sobre a intervenção, buscando elucidar cada um dos objetivos anunciados para esta tese e a consequente resposta a questão de pesquisa, propósito maior das análises realizadas no material obtido através da entrevista de grupo focal e que será discutida na próxima seção.

4.1.5. Síntese: explicando a mobilização dos conceitos STEM

A primeira parte da entrevista de grupo focal dedicou-se em arguir os estudantes sobre a apreensão de conceitos científicos, tecnológicos e matemáticos

para o desenvolvimento dos projetos, visando dar conta de um dos objetivos específicos desta investigação, onde se solicita que seja identificada como se deu a mobilização desses aportes no percurso do projeto.

Enxergou-se na análise dos painéis explicativos, produzidos pelos estudantes, que houve uma mobilização no intuito de conceituar os fenômenos, mas sem que isso representasse uma condição sistemática no percurso do projeto. Alguns respondentes conseguiram identificar e fazer uso desses conhecimentos em determinados momentos da execução das tarefas, mas sem que houvesse uma condicionante teórica para a construção efetiva mediada pelos conceitos científicos.

Para os conhecimentos em matemática, onde se esperava que os estudantes efetuassem os dimensionamentos dos dispositivos a partir da teoria, imperou a experiência em situações anteriores onde circuitos semelhantes foram construídos, deixados a cargo do distinto estudante que vivenciou esse tipo de prática. A intervenção realizada passou a margem de um maior envolvimento com equações e números, sendo o silo do STEM menos mobilizado durante o projeto.

Em Widya et al. (2019) encontram-se três possibilidades para os trabalhos com as disciplinas envolvidas no STEM. Na primeira delas, descrita como abordagem em silos, há um distanciamento entre as áreas, o que denota a falta de interseções entre os campos e, conseqüentemente, isola os conhecimentos. Para a Abordagem Incorporada já são visíveis os esforços em agrupar os componentes do STEM, mas de maneira que venha a reforçar os conteúdos apreendidos, dando-lhes aplicação na vida real. Para ambas denominações, a tecnologia e a engenharia são tratadas como um único silo, que devem ser complementadas pela ciência e matemática.

A integração STEM fica a cargo da última proposição de aglutinação dos silos, promovendo interseções entre os conhecimentos das distintas áreas, sendo esta a formatação mais indicada. Para o experimento observado desta tese, percebem-se elementos da integração em alguns momentos da intervenção, mas ainda promovendo certos distanciamentos para essa finalidade em relação às ciências e, de forma mais acentuada, a matemática enquanto componentes basilares da proposta.

Por envolver diversas áreas de conhecimento, há uma dificuldade natural em tratar de forma equânime todos os componentes do STEM. Para Stohlmann, Roehrig e Moore (2014) a integração STEM ocorre mesmo em ocasiões onde nem todas as quatro áreas estejam contempladas. Essa passagem fica nítida nos estudos realizados por Thibaut et al. (2018), onde constataram que um universo considerável de estudos advoga que esse desbalanceamento é insuficiente para descaracterizar a Integração em STEM, uma vez que

Muitos artigos (por exemplo, Satchwell e Loepp, 2002; Shahali et al., 2016; Stump et al., 2016) enfatizam a importância de aplicar igual atenção a duas ou mais disciplinas STEM e/ou assimilar explicitamente conceitos de diferentes disciplinas STEM (tradução nossa).

Apesar do dissenso na literatura no que tange às características de uma efetiva integração STEM, em linhas gerais, pode-se afirmar que a intervenção implementada apresenta subsídios que afirmam a interseccionalidade dos conhecimentos e promovem o STEM Integrado, principalmente quando outros atributos que qualificam uma experiência enquanto exitosa vem à tona.

Para Kurup et al. (2021), a face integrativa do STEM tem como uma das suas abordagens pedagógicas de sustentação a Aprendizagem Baseada em Projetos, admitindo como finalidades de uma Integração STEM “a alfabetização STEM dos alunos, as habilidades do século 21, a preparação para o trabalho STEM, o interesse e o envolvimento em STEM e a capacidade de estabelecer conexões entre as disciplinas STEM” (p. 1194, tradução nossa).

Sobre as aproximações entre os afazeres em sala de aula e o futuro profissional, características esperadas para uma estratégia orientada pelo PjBL, formam o segundo conjunto de categorias, definidas após uma análise mais aguçada da entrevista de grupo focal, conforme pode ser vista no tópico a seguir.

4.2. EXAMINANDO AS CONTRIBUIÇÕES DO PJBL PARA O ENSINO DA ENGENHARIA

Como foi dito anteriormente, uma mesma resposta pode abordar mais de uma temática. Após várias leituras da entrevista, percebeu-se que havia assuntos recorrentes que extrapolaram os limites das categorias em STEM definidas a priori, e

que ajudam a esclarecer a percepção dos estudantes sobre a intervenção e, conseqüentemente, as questões e objetivos desta investigação.

Esses novos códigos surgiram das três perguntas realizadas e que tinham como finalidade explorar as características de um PjBL e seus benefícios para o ensino em engenharia. Uma tentativa diferenciada de imaginar e dar tração aos traços da aprendizagem por projetos pode ser encontrada nos apontamentos de Stolk e Martello (2018), onde se desenvolve uma discussão sobre os objetivos intrínsecos dos projetos, resultando em uma lista de dez atributos almejados, que são

as habilidades práticas, alto design e criatividade, aprendizagem de conteúdo, pensamento crítico (análise, síntese, avaliação), contexto do mundo real, integração disciplinar, habilidades de comunicação, trabalho em equipe, motivação intrínseca e aprendizagem autônoma (p. 4)

Os atributos elencados dialogam com as qualidades ou capacidades descritas ainda no capítulo destinado a fundamentação do PjBL desta tese e que foram perseguidos durante o desenrolar das atividades de projeto, sendo bem assertivo em praticamente todas elas. Tendo como propósito a aproximação entre as habilidades para a realização de pesquisas científicas e a aprendizagem por projetos, Andriyani, Shimizu e Widiyatmoko (2019) sintetizam essas habilidades em um diagrama constituído por seis desses traços: criatividade, comunicação, trabalho em equipe, pensamento crítico, solução de problemas e realização de pesquisas.

A leitura repetitiva das respostas à entrevista de grupo focal suscitou em diferentes códigos, definidos e observados com a ajuda do NVivo, e que passam a ideia de serem justamente estes os traços marcantes dessa experiência. A análise sobre as perguntas restantes da entrevista e dos códigos emergentes está disponível no tópico a seguir.

4.2.1. Impressões discentes sobre a intervenção

Dois dos objetivos específicos desta tese trataram de inferir os relatos dos alunos acerca da experiência com o PjBL e suas possíveis benesses para o ensino da engenharia. Para tal, quatro momentos foram destinados a coletar essas impressões, sendo dois deles voltados a aspectos mais direcionados ao PjBL e os

outros dois voltados à experiência desse tipo de intervenção para a formação profissional.

Pergunta 3

De que maneira as atividades propostas ajudaram vocês e os grupos na concepção e construção dos produtos?

A ideia desta pergunta foi coletar se as atividades propostas realmente contribuíram para a efetivação do projeto, no intuito de perceber a validação da estratégia PjBL enquanto indutora de todo o processo. Os relatos dos estudantes confirmam que a estruturação influenciou de modo significativo os afazeres, tornando a tarefa fluída e sem sobrecarregar nenhum dos componentes dos grupos. A simulação online foi a atividade mais destacada pelos alunos, o que trouxe, na visão deles, segurança para o momento da ação com os dispositivos e uma visão de futuro sobre o artefato, ou seja, como este seria após materializado.

A escolha apropriada das tarefas provocou ainda a existência de relatos que mencionaram o aumento da proatividade na execução das atividades, o que pode ser considerado um acerto em relação às ações desenvolvidas. No entanto, o tema recorrente para essa e as outras questões residiu sobre a organização e planejamento para a construção dos produtos, o que coaduna com as análises realizadas ainda para a área de Engenharia do STEM.

Pergunta 4

Como a sequência de atividades contribuiu para o desenvolvimento dos projetos?

Nesta oportunidade, a preocupação residia em compreender se a estratégia EDP, de forma geral, conduziu os trabalhos dos estudantes de forma satisfatória, sendo aclamada pelos quatro estudantes que participaram da entrevista. Para além da questão do planejamento, que será discutida de forma mais cuidadosa logo adiante, outras revelações foram percebidas.

O entrevistado A1 realçou o movimento entre teoria e prática no desenrolar da sequência, ao mencionar que a fundamentação obtida em fases anteriores, principalmente a pesquisa, o faz refletir sobre as pequenas decisões tomadas no percurso do projeto. Ao se deparar com um problema, a reflexão sobre a falha seria

tratada à luz dos conceitos, e logo o ajuste seria realizado para que outra parte do produto viesse a ser desenvolvido.

Outra concepção interessante obtida das respostas a essa pergunta retornou um sentimento de seriedade aos trabalhos, pois consideravam o grupo uma empresa, e com isso a divisão das tarefas e a cobrança por entregas razoáveis. Enfim, o entendimento geral é de que há aprovação incontestada para a sequência de atividades tal qual o EDP. Além dessas constatações, relatos que apontam para o aprofundamento dos conhecimentos e aplicação destes no projeto.

Os escritos de Anabuki, Lopes e Rogel (2021) rememoram os pilares de uma aprendizagem baseada em projetos como aquelas que centralizam o processo no estudante e se debruçam sobre um problema real e conectado ao mundo do trabalho, componentes observados de forma reiterada entre as respostas dos estudantes.

Pergunta 5

Qual a avaliação de vocês sobre esse tipo de abordagem em uma sala de aula do curso de engenharia?

Houve certa uniformidade para as respostas dessa indagação, no sentido de indicar uma preparação para o mundo do trabalho da forma como ele é nos dias atuais. Os quatro respondentes admitem que, para além de uma componente técnica especializada, se faz necessária uma formação que leve em consideração o processo de elaboração de projetos.

Entre as características arroladas que contribuem para o ensino da engenharia está o trabalho em grupo e a mediação de conflitos, a comunicação eficiente dos produtos e a dinâmica para o desenvolvimento de produtos, desde a sua concepção até a entrega final. Como forma de condensar esses relatos, A4 enuncia que “Mesmo pouca coisa, mas todos os passos que o senhor nos ensinou vão ser utilizados no ambiente de trabalho. Então foi fundamental isso. Não teria como a gente se formar sem ter esse conhecimento que o senhor nos repassou”.

Essa frase é significativa por enfatizar duas questões importantes. A primeira dela repousa sobre a necessidade da instrução para a forma como os projetos são

empreendidos, sendo essa assimilação significativa para sua formação profissional. De outra parte, A4 expressa que o professor ensinou os passos para a realização dos projetos, o que pode indicar uma atuação docente no sentido de orientar e mediar conhecimentos e ações para a construção dos produtos. A apreensão dos conceitos, ideias, consensos e tomada de decisão ficaram a cargo dos estudantes.

Perguntas 6 e 7

Quais as atividades foram mais fáceis de serem realizadas? Explique.

E quais aquelas que apresentaram maior grau de dificuldade? Explique.

Em relação às facilidades vivenciadas no processo, houve dissenso entre as opiniões discentes. Dois deles atribuíram a elaboração dos infográficos como tarefa mais acessível, haja vista a forma como esses documentos foram elaborados. O estudante A2, que teve a oportunidade de realizar curso técnico em área correlata a eletrônica, indicou a montagem dos circuitos como ação mais fácil, justificando o prazer em executar a tarefa como sendo um fator determinante para essa constatação. O quarto respondente trouxe o brainstorming enquanto etapa de menor complexidade, pois as ideias poderiam ser colocadas sem que houvesse o juízo do quão exequível seria cada uma das proposições.

Uma das categorias emergentes identificadas tratou das particularidades relativas a montagem dos circuitos e programação, sendo esta a atividade na qual os estudantes, finalmente, manipulam dispositivos. Mesmo reconhecendo que a tarefa é de suma importância, em especial nos primeiros períodos do curso, os estudantes relataram dificuldades em sua execução. Para o aluno A1, a verificação da alimentação elétrica foi a preocupação, percebida por meio do relato “lembro muito de a gente fazer o circuito, montava, aí ligava, o Led parou de funcionar... Aí vai lá pega de novo, vê o que é, sabe?” (A1).

Em outra argumentação, houve o indicativo de cuidados que preservassem a integridade física dos componentes de circuito, como também o ato de conferir aspectos voltados a programação e a utilização do microcontrolador. O estudante A3 expressou suas impressões por meio do parágrafo a seguir:

Medo de queimar alguma coisa, aí, “meu deus tem que fazer isso com cuidado porque se queimar isso aqui já era” e tem que voltar tudo de volta

ou, por exemplo, montou tudo, não ligou e aí? Aí tinha que ver a parte do código, se o código tava certo, se tava conferindo na saída do Arduino, se o Arduino tava sendo alimentado devidamente, o cabo, enfim... essas complicações que tem que ter se não...

Ainda sobre a etapa mais árdua do projeto, houve uma manifestação sobre a elaboração dos pitches, destacando que a objetividade do roteiro utilizado limitou uma maior fluidez para o relato das características do projeto. A comunicação é parte importante da aprendizagem por projetos e esse tipo de discurso é utilizado em fóruns voltados à captação de recursos e processos seletivos em incubadoras de startups.

4.2.2. Redirecionando os olhares para a análise de outras categorias

Ao passo em que análises mais detalhadas foram sendo realizadas para as respostas ao grupo focal, percebeu-se que alguns assuntos eram recorrentes, o que levantou a curiosidade para uma investigação mais aprofundada. O primeiro deles, e mais latente, foi a ênfase dada ao **planejamento** do projeto. Em algumas das transcrições acima, já é possível observar que há esse direcionamento nas falas dos estudantes. A busca por evidências neste sentido identificou 9 referências, sendo algumas delas já citadas anteriormente.

A intenção, neste momento, é diferenciar, na medida do possível e somente para critérios de análise nesta tese, o silo da engenharia do planejamento. Entende-se engenharia a forma como os engenheiros pensam e constroem soluções e produtos, o que requer um planejamento para a execução das tarefas. Mas neste momento de exame das transcrições, percebeu-se que o planejamento relatado pelos estudantes estava voltado a preocupação com cada uma das atividades de ensino em engenharia, ou seja, a preparação para o fluxo da disciplina no percurso do semestre e a contribuição desta preparação para a realização das tarefas e construção do produto, conforme pode ser visualizado no trecho a seguir.

a engenharia ela tem, na minha concepção, o princípio que tem que ter **harmonização**, nada pode ser feito assim, tipo, aleatório. Então foi de bastante importância pra gente **aprender a ter essa harmonização prévia, antes de produzir o projeto**. Então cada atividade a gente foi aprendendo **como realizar uma coisa nova**, antes de fazer o projeto, que a gente não poderia pegar uma coisa totalmente nova e aplicar na prática **sem antes ter uma experiência teórica. (A2)**

Em outro trecho da entrevista, um dos estudantes pontuou o quanto que o planejamento é importante para a elaboração dos projetos, reconhecendo as etapas e que o produto vai “ganhando vida” no decorrer das atividades, como também foi reportada a busca por uma construção mais ágil e eficiente, proporcionada pela escolha acertada dos passos, instrumentos e recursos para tal.

... **ter o planejamento e a execução**, que a gente gosta de ter a execução, **ver ali o produto criando vida**. É isso que a gente gosta. Mas pra ter isso a gente tem que ter o planejamento prévio, **a gente tem que ter o cuidado nesse parte de planejamento** pra na parte de dar vida ao projeto, realmente, vir de uma forma bem mais rápida, bem mais eficiente. (A3)

Para reiterar a importância dessa temática para os estudantes, a palavra planejamento ficou em evidência na nuvem de palavras oriunda da pergunta em que foi solicitada a inserção das três palavras que viessem a expressar a experiência com a intervenção, conforme Figura 10. Cada estudante foi requisitado a inserir três palavras, sendo as maiores o planejamento, a organização e o conhecimento.

Figura 10 – Nuvens de palavras para a entrevista de grupo focal



Fonte: Autor (2024).

Para fins de comparação, explorou-se o NVivo para que ele realizasse uma contagem de palavras em toda a entrevista, para que uma nova nuvem de palavras viesse à tona. A ideia seria a realização do contraste entre as respostas ao longo da entrevista e as palavras inseridas em uma pergunta específica, confirmando assim as impressões relatadas, havendo grande compatibilidade entre os diagramas, conforme pode ser visto para as palavras planejamento e conhecimento.

No momento em que os estudantes discorrem sobre as atividades realizadas no projeto, a sequência e o planejamento, percebe-se que o sentido em que a

palavra conhecimento é expressado diz respeito à apreensão de conceitos prévios que deverão ser empregados na concepção e construção dos produtos, principalmente no que tange a manipulação do Arduino e a montagem do circuito eletrônico. Assim sendo, trata-se da aquisição dos conhecimentos como forma de **preparação para a montagem** dos produtos.

Visível através da identificação de quatro referências, essa nova categoria pode ser entendida, também, como a atenção dada pelos respondentes a forma e destreza para a construção dos circuitos e consequente alocação deles na estrutura do palco. A forma mais comum desses enunciados, durante o percurso do projeto, relatam que esses conhecimentos auxiliassem a montagem efetiva do produto, podendo facilitar a implantação, conforme pode ser visto nos argumentos abaixo.

Com certeza sem ele a gente não conseguiria fazer porque a gente não conseguiria montar um circuito, não conseguiria montar nada praticamente
(A1)

Porque não era só montar o palco, tipo, de qualquer forma, de qualquer jeito, e sim um palco da melhor forma possível que realizasse o projeto, ficasse mais bonito e trouxesse a realidade da perspectiva de um projeto de faculdade e não um projeto normal como, como se fosse qualquer coisa.
(A2)

Outro assunto recorrente nos depoimentos dos estudantes está ligado à **divisão das tarefas**, e essas menções deram origem à denominação de mais uma das categorias. O contexto no qual os alunos cursam a disciplina é bastante desafiador, haja vista que eles estão no começo do curso e precisam ser exitosos nos componentes curriculares básicos para um curso de engenharia, e que tradicionalmente demandam demasiado esforço, como Cálculos, Físicas e Geometria.

Para que possam se dedicar ao estudo das disciplinas supracitadas, eles buscam definir bem cada passo do projeto para que o trabalho seja dividido por igual, o que afasta a possibilidade de sobrecarregar um ou outro estudante. Sobre esse ponto, cinco referências foram identificadas no texto. Para o aluno A2, organizar o grupo para a produção significou estabelecer tarefas entre os integrantes da equipe para que a montagem viesse a transcorrer de forma satisfatória.

E o planejamento pra compra de componentes, pro organização do grupo, ver o que cada um ia ficar, pra não sobrecarregar uma pessoa só. Isso tudo foi bastante importante pra gente ter essa perfeitura (sic) de organização pra fluir melhor o projeto e obter o resultado final desejado. (A2)

Houve, entre os depoimentos, uma tentativa de causalidade entre a sequência de atividades, expressadas por A3 como aprofundamento dos conhecimentos e tarefas que resultou em uma partição dos afazeres entre os componentes, o que tornou o percurso de projeto tranquilo, ao declarar que *“quando a gente ia fazer as atividades ia se aprofundando, aprofundando e quando ver, cada um tava dividido, cada um tava fazendo sua parte, então automaticamente a gente se desenvolveu e saiu o projeto de uma forma bem tranquila”*.

Assumindo uma perspectiva empresarial, houve ainda argumentos que tratavam a divisão das tarefas como uma forma de atribuir funções para cada membro do grupo. Segundo o aluno A1, o marco referente a criação do logotipo da equipe significou o surgimento de uma empresa, implicando em *“definir o que cada um ia fazer”*. Já o aluno A4 sentenciou que *“as definições de funções pra mim é de suma importância”*, algo que decorre do planejamento para a realização do projeto.

O passo posterior à divisão das tarefas proporcionou a definição de uma nova categoria, denominada **mão na massa**. Esta pode ser compreendida como as atividades onde houve, de fato, a construção dos produtos. As quatro referências encontradas para esta categoria foram relatadas justamente nos momentos onde os estudantes indicaram o nível de complexidade das tarefas executadas.

As inferências indicam que houve certa divergência entre os entrevistados, apesar da maioria deles apontar essa fase do projeto como a mais difícil, mesmo havendo toda uma preparação para a realização delas. A opinião discrepante discorre sobre o apreço pelo contato com os dispositivos eletrônicos, mais ligados a área da engenharia na qual estão cursando.

Para aqueles que trouxeram a situação como de maior dificuldade, paira o sentimento de que há um distanciamento entre a simulação em bancada online e a efetiva construção, agregando-se ainda o cuidado para que os componentes operem dentro de suas características nominais, sem que haja o risco de queimas ou perdas. Como a disciplina de Circuitos Elétricos, responsável por proporcionar o contato com os dispositivos, só seria cursada no período posterior ao da realização do projeto, essa era uma dificuldade esperada.

A mais difícil realmente foi a execução, a parte técnica. Porque assim, não sei os outros grupos, mas no meu eu lembro muito de a gente fazer o circuito, montava, aí ligava, o Led parou de funcionar... Aí vai lá pega de

novo, vê o que é, sabe? Não foi tanta dor de cabeça, mas comparada às outras atividades essa foi a mais complicada. (A1)

De outra parte, houve manifestações que trataram a experiência como uma forma de se aproximar das atividades fins da Engenharia Eletrônica, o que remete a uma motivação extra para esse tipo de tarefa. Ressalta-se, na fala de A2, que um dos estudantes montou o circuito e outro fez a programação no microcontrolador, o que, de certo modo, simplifica a operação. Ainda assim, menciona a realização de testes e a quantidade de tempo empreendida no serviço.

Eu acho que assim, na minha perspectiva foi montar o circuito porque, pra mim, é a melhor parte, a parte mais interessante. Porque me lembro que eu fiz dois testes e já funcionou perfeitamente. Não demorou muito, só fiquei esperando a programação do pessoal, mas a parte do circuito mesmo já tava pronta, antes mesmo deles mandarem a programação. (A2)

A última das categorias extraída das respostas diz respeito ao **perfil profissional** que esse tipo de intervenção significa para os alunos. Através de seis referências, os argumentos flutuam entre a percepção de que esse tipo de projeto é importante para a formação de um engenheiro, como também busca ilustrar que, na vida profissional, é dessa forma que o profissional da engenharia desenvolve suas atividades.

Para o estudante A2, a intervenção proposta tem a capacidade de “trazer mais o profissionalismo” para a dinâmica de projetos em sala de aula, pois a junção das características indicadas nas categorias acima, associadas a aspectos estéticos sugerem uma maior seriedade para com as atividades e, conseqüentemente, com a apresentação dos produtos elaborados. Em outra resposta, esse mesmo estudante associa a realização do projeto com o Ciclo PDCA⁵, conceito muito utilizado na Engenharia de Produção e trabalho de forma diferenciada na mesma disciplina de Tópicos de Engenharia Eletrônica 2.

A outra face das indicações sobre a categoria em tela indicam uma preparação para a vida profissional e o que as empresas esperam de um engenheiro recém-formado, ressaltando que a universidade deve propiciar esse ambiente de formação para a vida cotidiana da profissão, que remete ao cumprimento dos prazos, das metas e atendimento das expectativas.

A gente quando se formar, quando se tornar engenheiro, assim espero, a gente tem que tá preparado pra tudo. A fábrica, ou seja, onde a gente vai

⁵ Ciclo para implementação de processos baseado no planejamento (Plan), a execução (Do), a verificação (Check) e a ação de melhoria ou correção (Act).

trabalhar, vai querer um projeto sendo entregue pra ontem e nessa questão de ser entregue quanto mais rápido possível, a gente que tá preparado pra tudo. (A1).

Ao declarar que *“foi o seu ensinamento e o que vai ser vivido nos nossos empregos, futuramente, como engenheiro, porque sem o que o senhor nos ensinou não tem como a gente fazer nossas atividades”*, A4 aponta que a intervenção cumpriu esse papel de formação profissional, sugerindo que a preparação para a concepção de projetos e construção de produtos é um conhecimento basilar da profissão, contemplando-a nesse aspecto.

Para o aluno A3, houve ainda a possibilidade de desenvolver aspectos mais ligados à interação entre os membros do grupo, ao mencionar que *“a gente como engenheiro, a gente vai acabar se envolvendo mais com pessoas do que necessariamente com números”*, indicando que o trabalho em grupo é uma demanda recorrente na formação do engenheiro. Essa é uma característica muito associada às habilidades emergentes para o egresso em engenharia.

Os quantitativos e emissários das referências para cada uma das categorias emergentes das entrevistas pode ser visto na Tabela 4. As considerações sobre a distribuição de ponderações entre os entrevistados repete o comportamento da Tabela 3, contudo há uma distribuição mais uniforme entre as categorias. Como já pontuado anteriormente, o Planejamento foi a categoria mais presente entre os estudantes, com quantidades de ponderações bem parecidas.

Tabela 4 – Categorias emergentes

Alunos	Planejamento	Preparação para montagem	Divisão das tarefas	Mão na Massa	Perfil Profissional
A1	2	2	1	1	1
A2	3	1	2	1	3
A3	2	1	1	1	1
A4	2	0	1	1	1

Fonte: Autor (2024).

Uma curiosidade sobre esses dados diz respeito à participação do Aluno 4 na entrevista, com reflexos em sua participação nas atividades de projeto. Anteriormente, percebeu-se que este respondente esteve ausente nas ponderações sobre tecnologias, e agora deixou de emitir suas considerações sobre a preparação

para a montagem e declarou dificuldades para encontrar os dispositivos na referência sobre mão na massa. Muito provavelmente, este estudante ficou responsável por quaisquer outras atividades de projetos, menos a de construção do circuito ou programação do microcontrolador.

Em vários momentos, os estudantes pontuam que executar esse tipo de intervenção traz o ambiente profissional para a execução das tarefas, uma vez que promove o trabalho em equipe, a tomada de decisão, a comunicação dos projetos de forma verbal através dos pitches e a seriedade para com as tarefas e detalhes do produto. Indicaram ainda, que passar por uma experiência desse tipo dota-os de um conhecimento requerido pelo campo de atuação profissional, mitigando um pouco os reflexos da inexperiência à medida em que forem se inserindo no mercado de trabalho.

Essa constatação é congruente aos anseios e objetivos das atuais DCNs para o curso de engenharia. Cardoso (2020) aponta vários desses atributos para o engenheiro dos dias atuais, em especial os conhecimentos básicos de projetos e processos de manufatura, a comunicação efetiva, a competência emocional, o trabalho em equipe, forte compromisso ético e a flexibilidade. As particularidades expostas estão, em menor ou maior grau, presentes no percurso da intervenção, satisfazendo assim o anseios dos estudantes em uma maior aproximação da área de atuação logo nos primeiros períodos do curso, como também aos objetivos didáticos propostos para esse tipo de experiência em sala de aula.

4.2.3. Reunião de evidências para apontar os limites e potencialidades do STEM Project-based learning

Em ocasiões anteriores, externou-se que um mesmo trecho de argumentação expressado pelos estudantes poderia assumir diversas categorizações, pois em meio a uma explanação vários assuntos podem ser abordados. Essa condição viabiliza um cruzamento entre categorias para que se entenda qual a relação entre elas. Com o software NVivo, essa tarefa é simplificada pois já há uma configuração com essa finalidade.

O resultado desse cruzamento pode ser visualizado na Tabela 5. Nas linhas estão arroladas as áreas do STEM, estando nas colunas as categorias emergentes.

Os quantitativos mudaram quanto às tabelas anteriores, pois a relação se dava entre a quantidade de respostas emitidas pelos alunos para cada categoria, mas tendem a seguir as tendências averiguadas anteriormente.

Tabela 5 – Cruzamento STEM x Categorias Emergentes

Códigos	Planejamento	Preparação para montagem	Divisão das tarefas	Mão na Massa	Perfil Profissional
Ciências	2	2	0	1	1
Engenharia	9	3	5	0	4
Matemática	0	0	0	0	0
Tecnologias	1	2	1	3	0

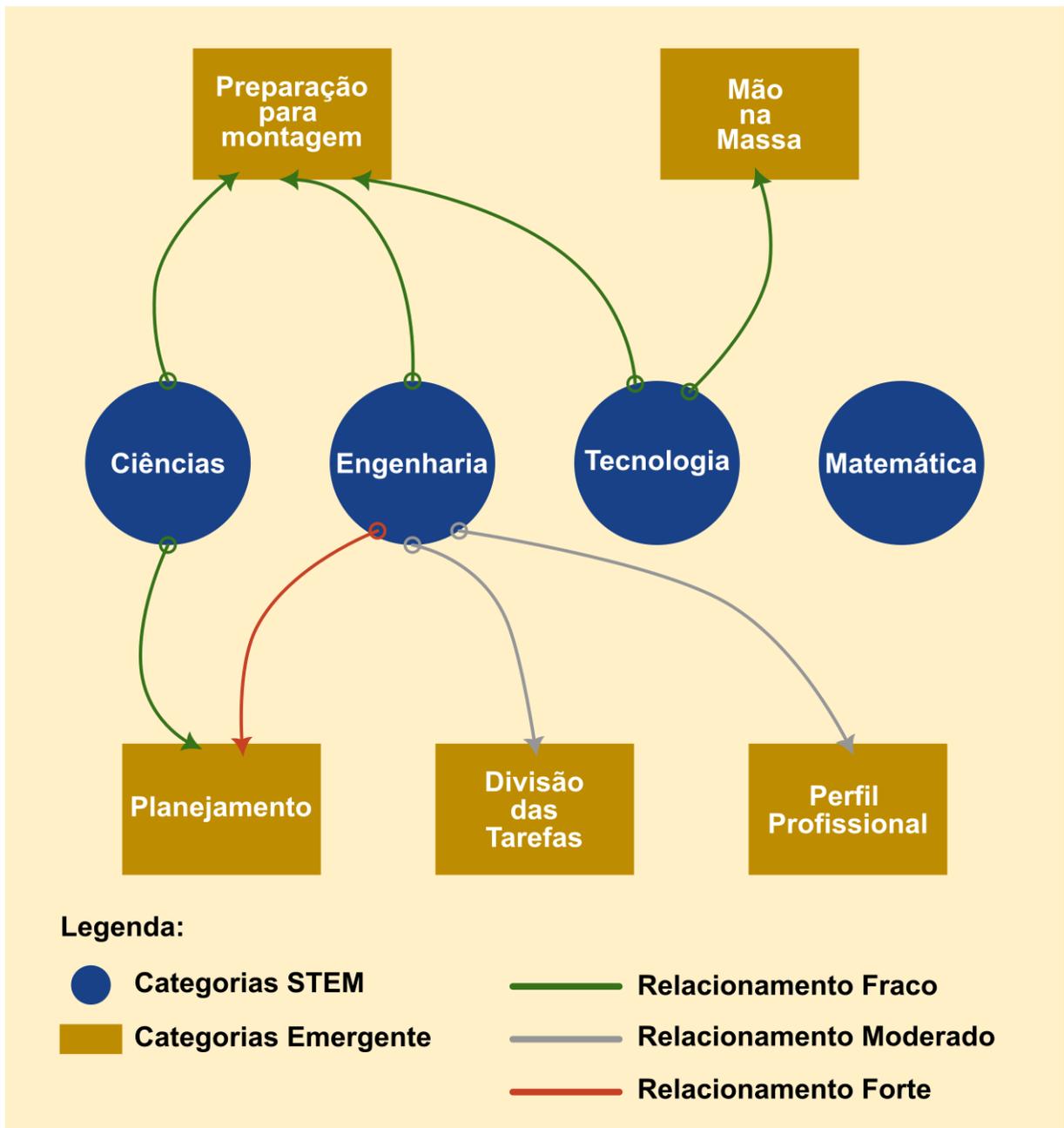
Fonte: Autor (2024).

De acordo com os valores apresentados na tabela, fica notório que a categoria matemática é isolada do restante das outras categorias, o que impossibilita a conectá-la entre as demais. Essa é a segunda constatação, nesta investigação, onde essa área do conhecimento em STEM se comporta dessa maneira, corroborando com as impressões relatadas em tópicos anteriores.

Em contraponto, o planejamento para as atividades de projeto está em conexão com os outros três campos da intervenção, sendo um acoplamento fraco com as Ciências e as Tecnologias, e de maneira forte com a Engenharia. No item preparação para montagem, há uma relação fraca com as áreas do STEM, mas de forma bem equilibrada. Já para a divisão das tarefas, houve um acoplamento mediano entre este aspecto e novamente com a Engenharia.

As duas últimas categorias apresentam uma relação moderada com apenas uma das áreas em STEM, sendo a mão na massa associada às tecnologias e o perfil profissional relacionado também com a engenharia. Para que essas relações recebam uma melhor visualização, o NVivo dispõe da opção pela construção de mapas, estabelecendo a conexão entre as categorias. A partir das informações coletadas no software, um diagrama foi desenvolvido conforme pode ser visto na Figura 11, estando o mapa original gerado pela plataforma no Apêndice D.

Figura 11 – Mapa de relacionamento entre os códigos



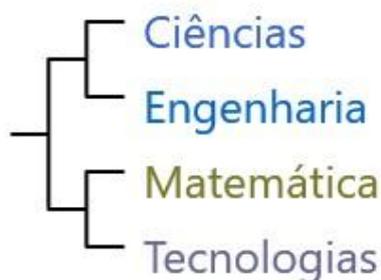
Fonte: Autor (2024).

Cada círculo corresponde a um código (ou categoria), sendo as azuis para as áreas STEM e as douradas para as categorias emergentes da entrevista. Os relacionamentos se dão por meio das setas coloridas, sendo as vermelhas indicando um acoplamento forte, as cinzas mostrando as relações moderadas e as verdes ilustrando as conexões fracas. Foram admitidas como fortes as relações com quantitativos de referências maiores que 6 (seis), as moderadas entre 4 (quatro) e 5 (cinco) e fracas para duas ou três referências.

No diagrama acima, fica claro que foram desprezadas as relações entre os conjuntos que compreendem os componentes do STEM e as categorias emergentes entre si. O NVivo possibilita que sejam realizadas consultas a partir da análise de clusters, o que foi realizado para a encontrar semelhanças entre as codificações das áreas de conhecimento em STEM.

O método consiste em examinar como se deu a codificação, no percurso da entrevista, e fazer uma comparação estatística para estabelecer relações entre os códigos (Figura 12). Nas tentativas realizadas, alterou-se o coeficiente de correlação nas simulações, mas o resultado encontrado foi o mesmo para todas as tentativas: as ciências e a engenharia formam uma ramificação do cluster, enquanto que a matemática e as tecnologias estão em outro ramo.

Figura 12 – Códigos em cluster por similaridade de codificação



Fonte: Autor (2024).

O diagrama propõe que a engenharia, admitida como a forma ou processo em que os engenheiros resolvem problemas, e as ciências, assim sendo o arcabouço de conceitos científicos que dialogam com o projeto, formam um par complementar onde a concepção e construção dos produtos está intimamente ligada a uma apreensão de conteúdos teóricos, enquanto que as tecnologias inseridas no projeto estão intrinsecamente relacionadas aos dimensionamento e escolha dos componentes, faceta mais latente da matemática no contexto desta intervenção.

As análises das ponderações emitidas e agrupadas nas categorias emergentes planejamento, preparação para a montagem, mão na massa e divisão das tarefas se harmonizam com as características essenciais ou habilidades constituintes de um PjBL, uma vez que:

- identificam a apreensão dos conhecimentos necessários para o desenvolvimento do projeto enquanto fase preparatória ao desenvolvimento

dos projetos, por meio da discussão sobre cada uma das atividades propostas;

- reportam a importância do estabelecimento de uma sucessão de tarefas enquanto complementares, auxiliando de maneira positiva na concepção das ideias e confecção do produto, aprovando o design estruturante da experiência, o que pode significar uma validação a abordagem;
- reconhecem os desafios contidos no enunciado do projeto, identificando a problemática central e a assimilação da autonomia discente enquanto pilar de uma dinâmica de aprendizagem baseada em projetos;
- estão cientes sobre a natureza diferenciada das atividades no intuito de promover diversas desenvolvimentos necessárias a uma formação holística para o mundo da engenharia;
- atestam, ainda, o viés inovador da intervenção, proporcionando uma atmosfera menos acadêmica e proporcionando vivências para a consolidação de atributos profissionais.

A discussão dos objetivos específicos, efetuada anteriormente, reúne argumentos para que sejam identificados quais os limites e potencialidades de uma intervenção que funde o STEM e o PjBL, consumada através da elaboração de um design estruturante, e a consequente implementação deste em uma disciplina do curso de engenharia, objetivo geral desta investigação. O maior obstáculo diagnosticado é a forma como a Matemática pode vir a ser integrada na intervenção em STEM para cursos de engenharia, conforme discutido em oportunidades anteriores.

Um dos limites encontrados diz respeito às pretensões em um tratamento igualitário entre as áreas de conhecimento STEM. Dado que essa é uma intervenção empreendida para um componente curricular do curso de engenharia, as tecnologias deverão ocupar lugar de destaque no que tange às expectativas dos alunos para com a manipulação de dispositivos eletrônicos, localizando as ciências e a matemática em segundo plano.

O design fechado para a intervenção se constitui em mais um entrave para essa pesquisa. Uma vez que houve um planejamento definindo todas as atividades do projeto, perde-se a mobilidade para alocações de novas tarefas, visando agregar novas perspectivas ao projeto, como no caso de um estudo melhor sobre os

usuários dos produtos que serão construídos ou um mergulho mais acurado na problemática de projeto. Uma maior flexibilidade nesta sequência pode ainda proporcionar que os estudantes identifiquem e escolham quais tarefas devem executar no percurso, dando ainda mais autonomia para as decisões deles.

Mediante os dados e resultados exarados na experiência desta intervenção, veem-se também potencialidades que venham a incrementar os passos efetuados. Ainda que o design das ações do projeto sejam bem delimitadas, podem ser acrescidas atividades que venham contribuir para uma melhor concepção de projeto, sem que haja a necessidade de flexibilizar a sequência, permitindo que os estudantes avancem para horizontes relativos a questões ambientais, econômicas e sociais, estimulando a construção de valores no percurso.

Um viés empreendedor, aqui entendido como uma possibilidade profissional distante da romantização pela busca de ideias “geniais” e acúmulo de riquezas, também pode ser trabalhado caso haja a formatação das equipes aos moldes de uma startup, avançando para a elaboração de toda documentação necessária para os processo de emissão de patentes, inserindo os alunos em um ecossistema possível para a vida profissional, haja vista o ambiente do mercado de trabalho estar bem desregulado e com baixa oferta de empregos em áreas de alto valor agregado.

Apesar das limitações estruturais, fica nítido que o acompanhamento das construções também pode ser um rico instrumento de troca de conhecimentos entre professores e alunos, caso haja um ambiente propício para tal, fazendo com que essas atividades aconteçam no horário da disciplina e mediadas por um ou mais docentes que possam auxiliar na montagem dos produtos.

Como as ações se deram sob um contexto musical, identificou-se que a grande potencialidade dessa intervenção é a expansão do STEM para o mundo das artes, tornando o acrônimo STEAM. Mas, é imprescindível que as aspirações artísticas da experiência residam nos aportes utilizados nas antigas disciplinas de Educação Artística, ou seja, nas artes enquanto campo de conhecimento e sua própria pedagogia.

Isso difere do uso de uma música ou gênero literário na apreensão de conceitos. As artes podem ser ensinadas enquanto compreensão do real, reconhecimento de padrões, expressão de sentimentos e opiniões, habilidades e

técnicas de uma linguagem e ainda o Design, o que corrobora com os afazeres necessários para o desenvolvimento de produtos com centralidade nos usuários, estimulando a capacidade crítica e a criatividade, podendo fazer parte dos objetivos didáticos das ações em STEAM.

Sintetizando os diálogos entre os resultados e os tópicos traçados para esta investigação, por meio das conclusões ora apresentadas, pode-se considerar que os objetivos de pesquisa definidos ainda na seção de introdução auxiliaram e são suficientes para a compreensão das contribuições que esse tipo de intervenção pode apresentar para o ensino da engenharia, debate a ser realizado na seção a seguir.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática docente permeou os horizontes desse estudo desde suas linhas iniciais, onde residia a problemática de modificar o ambiente de aprendizagem, aglutinando processos e abordagens didáticas no intuito de tornar a experiência em sala de aula mais dinâmica, proativa e voltada aos anseios da sociedade e da vida profissional. Discutidas as DCNs, procurou-se ainda aproximar essa proposta de prática docente dos ditames mais atuais em ensino de engenharia.

Os objetivos de pesquisa, seja o geral ou os específicos, foram as diretrizes que nortearam os trabalhos no intento de observar como os conceitos em ciências, matemática, tecnologias e engenharia se manifestaram durante a tentativa de criação de um produto que fosse mediada por esses conteúdos. Para tal, a fusão entre o STEM, enquanto finalidade didática, e a aprendizagem baseada em projetos foi a proposta encaminhada.

Os traços característicos de ambas abordagens foram desenhados para que fossem identificadas as convergências, visando a elaboração de uma sequência de atividades que viabilizasse a construção dos artefatos com total consciência teórica e prática, o que foi percebido e externalizado pelos estudantes respondentes da entrevista de grupo focal como passos complementares para a materialização de uma solução para o projeto.

Em decorrência, os alunos em tela expressaram de forma positiva essa diagramação, enquanto benéfica para um ensino em engenharia que trouxesse a realidade da vida profissional para as salas de aula, situando esse tipo de aprendizagem como uma etapa formativa importante do seu curso, pois estimula o trabalho em grupo, a divisão das tarefas, e os põe em serviço na manipulação dos dispositivos comuns a sua área de atuação.

Cada conclusão mostrada fundamenta o enunciado dos limites e potencialidades dessa intervenção, onde identificou-se fragilidades na abordagem da matemática e no tratamento igualitário entre as áreas STEM. A estrutura fechada da sequência de atividades, enquanto margem delimitadora da proposta, recomenda reflexões do que pode significar uma falta de espaço para que o estudante compreenda, por outros vieses, tanto o problema de projeto como soluções

diferenciadas no que tange a escolha das tecnologias, formatos e materiais utilizados nos produtos.

De outro lado, o ordenamento dado para as ações de projeto trouxeram à tona uma série de potencialidades que justificam sua implementação, seja na intenção de promover as artes enquanto campo de conhecimento da proposição, no incremento de atividades que ajudem a elucidar melhor os problemas e a criação dos produtos, ou no acompanhamento mais próximo das atividades construtivas. A estrutura da sequência pode, ainda, ser moldada de acordo com o contexto e a necessidade do usuário dos artefatos produzidos, humanizando as relações.

A tese perseguida por esta investigação buscou verificar **a relação entre os conceitos trabalhados e os estudos desenvolvidos nas diversas etapas da elaboração dos projetos, dinamizadas pela integração entre STEM e PjBL, no intuito de notar aplicações reais aos conteúdos ora mobilizados**. Apesar da forma desbalanceada com que os conhecimentos das áreas STEM se apresentaram no percurso da intervenção, houve o reconhecimento, por parte do alunado, que esses conteúdos compõem a seara de aportes necessária à construção dos produtos, ora como tratativa inicial de projeto, ora como apoio no estabelecimento da lista de requisitos a serem alcançadas.

Dada a capacidade apresentada pela fusão entre as abordagens em mobilizar conhecimentos científicos e tecnológicos como basilares para o andamento das atividades, é possível afirmar que a intervenção aloca esses conteúdos em uma aplicação real, sendo revisitadas em diversas fases do projeto, auxiliando na escolha dos dispositivos e mediando definições relativas ao funcionamento do produto. Esta é uma característica estruturante do PjBL e que se confirmou durante todo o percurso da sequência de atividades.

Lançar luz sobre cada uma das áreas do STEM permite que sejam identificadas as contribuições de cada campo, possibilitando uma visão mais lúcida sobre qual a participação efetiva dos conceitos e teorias que poderão ser trabalhadas em cada atividade do projeto. A pesquisa trouxe, ainda, evidências que reiteram o PjBL enquanto agente integrador das áreas do STEM, o que remete a uma confirmação satisfatória da tese.

Embora seja possível admitir que o estudo empreendido trouxe resultados e conclusões que contribuem para a área do ensino das ciências, matemática e engenharia, enxerga-se também uma extensa gama de possibilidades de investigação que ficaram além das delimitações deste trabalho. A sugestão mais evidente reside sobre como o conhecimento matemático pode vir a ser impulsionado, principalmente nos primeiros semestres dos cursos de engenharia.

No que se refere ao ensino da engenharia, outra possibilidade consiste em alterar a área de conhecimento que servirá como aglutinadora para as atividades em STEM. Uma vez que a literatura sugere a centralidade do processo no silo engenharia, cabe observar o comportamento da intervenção, caso esse foco seja deslocado para que haja uma melhor confluência entre as áreas. Ter como desafio um estudo de caso mais fundamentado na matemática pode ser a saída para balancear as ações.

Utilizar outras propostas para a formatação das etapas em um PjBL também é uma situação que pode enriquecer as impressões sobre a temática, cabendo a utilização de abordagens como o Design Thinking, haja vista estar sustentado nos pilares empatia, colaboração e experimentação, o que pode promover um melhor envolvimento dos estudantes com os usuários e diferentes perspectivas para a solução do projeto.

Os passos e formatos admitidos para esta investigação podem servir de inspiração para professores e pesquisadores que buscam dinâmicas diferentes para o saber docente. Para os profissionais que militam no ensino da engenharia, os aportes aqui discutidos podem servir como apontamentos iniciais ao atendimento às expectativas contidas nas atuais Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia. Já para aqueles que realizam estudos sobre a aplicação do STEM e/ou do PjBL, este trabalho oferece um olhar a partir de perfil mais aplicado, onde as atividades práticas são amparadas pelos conceitos.

Que as palavras contidas nesse texto possam, de alguma forma, contribuir para que a interminável caminhada formativa de um estudante, professor ou entusiasta dos assuntos aqui discutidos seja leve, tranquila e enriquecedora, sem esquecer daquilo que já passou, mas que os esforços são pelo porvir.

REFERÊNCIAS

ACCREDITATION BOARD FOR ENGINEERING AND TECHNOLOGY. **Criteria for Accrediting Engineering Programs**, 2023 – 2024. Baltimore: ABET, 2022.

Disponível em:

https://www.abet.org/wp-content/uploads/2023/03/23-24-EAC-Criteria_FINAL2.pdf.

Acesso em: 04 mar. 2024.

ACEVEDO DÍAZ, J. A., GARCÍA-CARMONA, A., Una controversia de la Historia de la Tecnología para aprender sobre Naturaleza de la Tecnología: Tesla vs. Edison – La guerra de las corrientes. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 34, n. 1, p. 193-209, 2016.

ALVES DA SILVA, Dáfni Priscila; FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto; DA SILVA, Anderson Henrique. O poderoso NVivo: Uma introdução a partir da análise de conteúdo. **Revista Política Hoje**, v. 24, n. 2, p. 119-134, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/view/3723>>. Acesso em: 23 jan. 2022.

AMES, Valesca Daiana Both. As possibilidades de uso do software de análise qualitativa NVIVO. **Sociologias Plurais**, v. 1, n. 2, 2013.

ANABUKI, Erika Tiemi; LOPES, Luis Claudio Gambôa; ROGEL, Sâmia Melo. Aplicação da PjBL no desenvolvimento de uma esteira seletora de materiais em um curso de Engenharia de Controle e Automação. In: COSTA JUNIOR, Ademar Gonçalves da; D'ANDREA, Alexandre Fonseca; DALLABONA, Carlos Alberto ; DUARTE, Elis Regina (org). **Educação em Engenharia: Aplicações no Ensino em Engenharia**. João Pessoa: Editora IFPB, 2021. (E-book).

ANDRÉ, Marli. O que é um estudo de caso qualitativo em educação. **Revista da FAEEBA – Educação Contemporânea**, Salvador, v. 22. N. 40, p. 95 – 103, 2013.

ANDRIYANI, R; SHIMIZU, K. and WIDIYATMOKO, A. The effectiveness of Project-based Learning on students' science process skills: a literature review. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1321, 2019.

ARAVENA-REYES, José. Rumo a uma formação social do engenheiro: crítica às novas Diretrizes Curriculares de Engenharia. **Trabalho & Educação**, v. 30, n.2, p.141 - 158, maio-ago., 2021.

AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de Natureza da Ciência no ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, p. 579-619, 2017.

BACICH, Lilian; HOLANDA, Leandro. STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. In: BACICH, Lilian; HOLANDA, Leandro. **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, 2020.

BEIER, Margaret E. et al. The effect of authentic project-based learning on attitudes and career aspirations in STEM. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 56, p. 3-23, 2019.

BENCZE, Larry et al. CHAPTER SIX: STEM Education as "Trojan Horse": Deconstructed and Reinvented for All. **Counterpoints**, v. 442, p. 69-87, 2018.

BENDER, William N. **Aprendizagem baseada em projetos**: a educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2014.

BERLAND, Leema; STEINGUT, Rebecca; KO, Pat. High School Student Perceptions of the Utility of the Engineering Design Process: Creating Opportunities to Engage in Engineering Practices and Apply Math and Science Content. **Journal of Science Education and Technology**, v. 23, p. 705–720, 2014.

BOY, Guy A. From STEM to STEAM: toward a human-centred education, creativity & learning thinking. In: **Proceedings of the 31st European conference on cognitive ergonomics**, p. 1-7, 2013.

BRASIL. **Resolução CNE/CES 11/2002** - Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL. **Resolução CNE/CES 2/2019** - Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília: MEC, 2019.

BREMGARTNER, Vitor ; FERNANDES, Priscila ; SOUSA, Jeanne; SOUZA, José Carlos. Aprendizagem baseada em projetos aplicada a cursos de formação inicial e continuada em cultura maker. **RIAAE– Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 17, n. 3, p. 1943-1957, jul./set. 2022.

BREINER, J., HARKNESS, M., JOHNSON, C. C., KOEHLER, C. What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. **School Science and Mathematics**, v. 112, n. 1, p. 3–11, 2012.

BYBEE, Rodger W. What is STEM education?. **Science**, v. 329, n. 5995, p. 996-996, 2010.

BYBEE, Rodger W. **The Case for STEM Education**: Challenges and Opportunities. Arlington, Virginia: National Science Teachers Association, 2013.

CAPRARO, Robert M.; SLOUGH, Scott. W. Why PBL? Why STEM? Why now? an Introduction to STEM Project-Based Learning. In: CAPRARO, Robert M.; CAPRARO, Mary Margaret; MORGAN, James R. **STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach**. Springer, 2013.

CAPOTE-LEÓN, G.E.; RIZO-RABELO, N.; BRAVO-LÓPEZ, G. La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria. **Revista Universidad y Sociedad**, v. 8, n. 1, p. 21-28, 2016.

CARDOSO, Gisele da Silva ; FIUZA, Patricia Jantsch ; BRAVO, Rafael Rivelino da Silva; LEMOS, Robson Rodrigues. Aprendizagem Ativa: Reflexões Alinhadas às Novas DCNs das Engenharias. In: COSTA JUNIOR, Ademar Gonçalves da; D'ANDREA, Alexandre Fonseca; DALLABONA, Carlos Alberto ; DUARTE, Elis Regina (org). **Educação em Engenharia: panorama, DCN, EaD, extensão, evasão e práticas pedagógicas**. João Pessoa: Editora IFPB, 2021. (E-book).

CARDOSO, José Roberto. Para onde caminham as Diretrizes Curriculares da Engenharia no Brasil? In: SILVA FILHO, Roberto Leal Lobo e; LOBO, Maria Beatriz; CARDOSO, José Roberto; PERRENOUD; Renata. **Engenheiros para quê? Formação e Profissão do Engenheiro no Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2020.

CASSEMIRO, Kleiton; HENRIQUE, Ana Lúcia Sarmento . Para onde apontam as atuais Diretrizes Curriculares? Um olhar sobre as DCNs de Engenharia. **Currículo sem Fronteiras**, v. 20, n. 3, p. 656-683, set./dez. 2020.

CECÍLIO, Waléria Adriana Gonzalez; TEDESCO, Daniel Guimarães. Aprendizagem Baseada em Projetos: relato de experiência na disciplina de Geometria Analítica. **Revista Docência do Ensino Superior**, Belo Horizonte, v. 9, nº 002600, p. 1-20, 2019.

CHAGAS, Joselito Moreira. **Aprendizagem Ativa do Estudante – Aplicação de Project Based Learning nos Cursos de Engenharia**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2020.

CHEN, Shih-Yeh; LAI, Chin-Feng; LAI, Ying-Hsun; SU, Yu-Sheng. Effect of project-based learning on development of students' creative thinking. **International Journal of Electrical Engineering & Education**, v. 59, n. 3, p. 232-250, 2022.

CHESKY, Nataly Z.; WOLFMEYER, Mark R. **Philosophy of STEM Education: A Critical Investigation**. Springer, 2015.

CIFRIAN, Eva; ANDRÉS, Ana; GALÁN, Berta; VIGURI, Javier R. Integration of different assessment approaches: application to a project-based learning engineering course. **Education for Chemical Engineers**, v. 31, p. 62–75, 2020.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 8^a ed. London: Routledge. 2018.

CONNOR, Andy; KARMOKAR, Sangeeta; WHITTINGTON, Chris. From STEM to STEAM: Strategies for Enhancing Engineering & Technology Education. **International Journal of Engineering Pedagogies**, v. 5, p. 37-47, 2015.

CUPANI, Alberto. **Filosofia da tecnologia: um convite**. 3 ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2016.

DACIOLO, Leonardo Vinícius Paixão. Análise de metodologias ativas de ensino-aprendizagem abordadas no COBENGE. **Educitec -Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v.8, e178122, 2022.

DAUGHERTY, M. The Prospect of an "A" in STEM Education. **Journal of STEM Education: Innovations and Research**, v. 14, n.2, p. 10-15, 2013.

DE FREITAS, Elizabeth; LUPINACCI, John; PAIS, Alexandre. Science and technology studies x educational studies: Critical and creative perspectives on the future of STEM education. **Educational Studies**, v. 53, n. 6, p. 551-559, 2017.

DE GRAAFF, Erik; KOLMOS, Anette. History of problem-based and project-based learning. In: Management of change. Brill Sense, p. 1-8, 2007.

DERMEVAL, Diego; COELHO, Jorge A. P. de M., BITTENCOURT, Ig I. Mapeamento Sistemático e Revisão Sistemática da Literatura em Informática na Educação. In: JAQUES, Patrícia Augustin; PIMENTEL, Mariano; SIQUEIRA, Sean; BITTENCOURT, Ig.. (Org.). **Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação: Abordagem Quantitativa de Pesquisa**. 1ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020, v. 2, p. 1-. Disponível em: https://metodologia.ceie-br.org/wp-content/uploads/2019/04/livro2_cap3.pdf. Acesso em: 18 abr. 2024.

DENSCOMBE, M. **The good research guide: For small-scale social research projects**. 4ª ed. United Kingdom: McGraw-Hill Education, 2010.

DOSSEY, J. A. The nature of mathematics: Its role and its influence. In: GROUWS, D. A. (Ed.) **Handbook of research on mathematics teaching and learning**. Information Age Publishing, 1992.

DYM, Clive L. ; AGOGINO, Alice M.; ERIS, Ozgur; FREY, Daniel D.; LEIFER, Larry J. Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. **Journal of Engineering Education**, January, 2005.

ENGLISH, Lyn D; KING, Donna T. STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. **International Journal of STEM Education**, v. 2, nº 14, 2015.

ENEMARK, S; KJAERSDAM F. A APB na teoria e na prática: a experiência de Aalborg na inovação do projeto no ensino universitário. In: ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G. (org.). **Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino superior**. São Paulo: Summus, 2009. p. 17-41.

FALLOON, Garry et al. . Understanding K-12 STEM Education: a Framework for Developing STEM Literacy. **Journal of Science Education and Technology**, v. 29, p. 369–385, 2020.

FAN, H. et al. Interdisciplinary Project-Based Learning: Experiences and Reflections From Teaching Electronic Engineering in China. **IEEE Transactions on Education**, v. 66, n. 1, p. 73-82, 2023.

FINI, Elham H.; AWADALLAH, Faisal; PARAST, Mahour M.; ABU-LEBDEH, Taher. The impact of project-based learning on improving student learning outcomes of

sustainability concepts in transportation engineering courses. **European Journal of Engineering Education**, v. 43, n. 3, p. 473-488, 2018.

FIRME, R.N. Abordagem ciência-tecnologia-sociedade (CTS) no ensino de ciências: de qual tecnologia estamos falando desde esta perspectiva em nossa prática docente? **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 15, n. 1, p. 65-82, 2020.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Mauricio; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011. Tradução . Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n1p27/18162>. Acesso em: 04 abr. 2023.

FRANCO, Maria Laura Puglisi Barbosa. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Brasília: Líber Livro, 2008.

FREITAS, W. R. S.; JABBOUR, C. Utilizando estudo de caso(s) como estratégia de pesquisa qualitativa: Boas práticas e sugestões. **Estudo & Debate**, Lajeado, v. 18, n. 2, 2011.

GARCÍA-CARMONA, A. STEAM, ¿una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia? **Ápice. Revista de Educación Científica**, v. 4, n. 2, p. 35-50, 2020.

GATTI, Bernardete Angelina. **Grupo focal na pesquisa em ciências sociais e humanas**. Brasília: Líber Livro, 2005.

GHEDIN, Evandro; FRANCO, Maria Amélia. **Questões de método na construção da pesquisa em educação**. 2 ed. São Paulo: Cortez, 2011.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas, 1991.

GON, Fabián; ACOSTA, Rodrigo. Método alternativo de evaluación por competencias en alumnos de Física en carreras de Ingeniería. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 32, n. extra, 2020.

GRAHAM, Ruth. **The global state of the art in engineering education**. Massachusetts Institute of Technology (MIT) Report, Massachusetts, USA, 2018.
GREEN, S. L. . **STEM education: How to train 21st-century teachers**. Nova Science Publishers, 2014.

HAFIZ, N. R. M.; AYOP, S. K. Engineering Design Process in Stem Education: A Systematic Review. **International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences**, v. 9, nº 5, p. 676– 697, 2019.

HAIK, Yousef; SHAHIN, Tamer. **Engineering Design Process**. 2ed. Cengage Learning, 2011.

HALLSTRÖM, J; ANKIEWICZ, P. Design as the basis for integrated STEM education: A philosophical framework. **Frontiers in Education**, v.8, 2023.

HANIF, S.; WIJAYA, A. F. C.; WINARNO, N.; SALSABILA, R. The use of STEM project-based learning toward students' concept mastery in learning light and optics. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1280, 2019.

HELLE, L.; TYNJÄLÄ, P.; OLKINUORA, E. Project-based learning in post-secondary education – theory, practice and rubber sling shots. **Higher Education**, v. 51, p. 287–314, 2006.

HUSSEIN, B. Addressing Collaboration Challenges in Project-Based Learning: The Student's Perspective. **Education Sciences**, v. 11, n. 434, 2021.

INDRAWATI, Elsanda Merita; NADLIROH, Kuni. Development of project based learning tool using PLC trainer to improve creativity and self-reliance. **Volt: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro**, v. 3, n. 2, p. 68 – 77, 2018.

JOHNSTON, L. Software and Method: Reflections on Teaching and Using QSR NVivo in Doctoral Research. **International Journal of Social Research Methodology**, v. 9, n. 5, p. 379-391, 2006.

JUNGES, Débora de Lima Velho; ROSA, Lucas Pereira da.; GROGINOTTI, Valéria Gislaine. Projetos de incentivo e permanência de mulheres em áreas da STEM. **Revista de Estudos em Educação e Diversidade**. v. 3, n. 9, p. 1-18, jul./set. 2022.

JUST, Janina; SILLER, Hans-Stefan. The Role of Mathematics in STEM Secondary Classrooms: A Systematic Literature Review. **Education Sciences**, v. 12, no. 9: 629, 2022.

KAMP, A. **Engineering Education in the Rapidly Changing World: Rethinking the Vision for Higher Engineering Education**. 2 ed. Delft University of Technology, Faculty of Aerospace Engineering, 2016.

KARATAS, F.O.; MICKLOS, A.; BODNER, G.M. Sixth-Grade Students' Views of the Nature of Engineering and Images of Engineers. **Journal of Science Education and Technology**, v. 20, n. 2, p. 123-135, 2011.

KARTINI, F. S.; WIDODO, A.; WINARNO, N. STEM project-based learning on student's STEM literacy: the case of teaching earth layer and disaster. **International Conference on Mathematics and Science Education**, 012221, 2021.

KATARIA, D; SANCHEZ, G; GOVINDASAMY, S. Fundamentals of Automation Engineering: A hybrid project-based learning approach. **International Journal of Electrical Engineering & Education**, v. 61, n. 3, p. 1-15, 2020.

KELLEY, Todd R.; KNOWLES, J. Geoff. A conceptual framework for integrated STEM education. **International Journal of STEM Education**, v. 3, nº 11, 2016.

KENNEDY, T. J.; ODELL, M. R. L. Engaging Students in STEM Education. **Science Education International**, v. 25, n. 3, p. 246-258, 2014.

KIM, Y.; LEE, S.; AHN, C. Project-based learning in a graduate course on home appliance engineering. **International Journal of Electrical Engineering & Education**, 2021.

KNOLL, M. The Project Method: Its Vocational Education Origin and International Development. **Journal of Industrial Teacher Education**, v. 34, n. 3, p. 59–80, 1997.

KOKOTSAKI, D.; MENZIES, V.; WIGGINS, A. Project-based learning: A review of the literature. **Improving Schools**, v. 19, n. 3, p. 267–277, 2016.

KRAUSS, Jane; BOSS, Suzie. **Thinking Through Project-Based Learning: Guiding Deeper Inquiry**. Corwin Press, 2013.

KURUP, P.M.; YANG, Y.; LI, X.; DONG, Y. Interdisciplinary and Integrated STEM. **Encyclopedia**, v. 1, p. 1192–1199, 2021.

LAMER, John; MERGENDOLLER, John; BOSS, Suzie. **Setting the Standard for Project Based Learning**. ASCD, 2015.

LINH, Nguyen Quang; HUONG, Le Thi Thu. Engineering design process in STEM education: an illustration with the topic “wind energy engineers”. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1835, 2021.

LOPERA, H. A. C.; GUTIÉRREZ-VELÁSQUEZ, E.; BALLESTEROS, N. Bridging the Gap Between Theory and Active Learning: A Case Study of Project-Based Learning in Introduction to Materials Science and Engineering. **IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje**, v. 17, n. 2, p. 160-169, 2022.

LU, Shih-Yun Lu; LO, Chih-Cheng; SYU, Jia-Yu. Project-based learning oriented STEAM: the case of micro-bit paper-cutting lamp. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 32, p. 2553–2575, 2022.

MAGALHÃES, José Manuel. A aprendizagem de tópicos de cálculo por alunos de engenharia através do trabalho de projeto. **HOLOS**, Ano 35, v.5, nº 7218, 2019.

MAIA, Macilene Maria Monteiro ; DO CARMO, Breno Barros Telles ; PONTES, Renata Lopes Jaguaribe. Aprendizagem Baseada em Projetos: Percepção dos discentes do curso de Engenharia de Produção. **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v.7, nº 151821, 2021.

MARTÍN-PÁEZ, Tobías ; AGUILERA, David; PERALES-PALACIOS, Francisco Javier; VÍLCHEZ-GONZÁLEZ, José Miguel. What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. **Science Education**, v. 103, p. 799–822, 2019.

MCCOMAS, William F.; BURGIN, Stephen R. A critique of “STEM” education. **Science & Education**, v. 29, n. 4, p. 805-829, 2020.

- MCDONALD, Christine V. STEM Education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. **Science Education International**, v. 27, n. 4, p. 530-569, 2016.
- MENEZES, Luís César de M. **Gestão de Projetos, 4ª edição**. São Paulo: Atlas, 2018.
- MORAN, José. **Metodologias ativas de bolso**: como os alunos podem aprender de forma ativa, simplificada e profunda. São Paulo: Editora do Brasil, 2019.
- MOREIRA, J. F. P. et al. **Project-Based Learning: implementação no primeiro ano de um curso de Engenharia**. Minho: UMinho Editora, 2021.
- MORGAN, James R.; MOON, April M.; BARROSO, Luciana R. Engineering better projects. In: **STEM project-based learning**. Brill Sense, 2013. p. 29-39.
- MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKI, D.; TEIXEIRA, A. N. . Análises qualitativas nos estudos organizacionais: As vantagens no uso do software nvivo®. **Revista Alcance**, v. 23, nº 4, Out-Dez, p. 578-587, 2017.
- Neri de SOUZA, F.; NERI DE SOUZA, D.; COSTA, A. P. Importância do questionamento no processo de investigação qualitativa. In COSTA, A. P.; NERI DE SOUZA, F.; NERI DE SOUZA, D. **Investigação Qualitativa: inovação, dilemas e desafios**. Aveiro: Ludomedia, 2014.
- NGO, H.Q.T.; PHAN, Mai-Ha. Design of an Open Platform for Multi-Disciplinary Approach in Project-Based Learning of an EPICS Class. **Electronics**, v. 8, n. 200, 2019.
- Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey. **Educación Basada en Competencias**. Re-porte EduTrends, 2015. (E-book).
- OLLAIK, L. G., & ZILLER, H. M. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, v. 38, n. 1, p. 229-242, 2012.
- OLIVEIRA, Cacilda Lages. **Significado e contribuições da afetividade, no contexto da Metodologia de Projetos, na Educação Básica**. Dissertação de mestrado – CEFET-MG, Belo Horizonte-MG, 2006.
- OLIVEIRA, Vanderli Fava de. **A Engenharia e as Novas DCNs - Oportunidades para Formar Mais e Melhores Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- ORTIZ-REVILLA, Jairo; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín; GRECA, Ileana M. A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education. **Science & Education**, v. 29, p. 857–880, 2020.
- ORTIZ-REVILLA, Jairo; GRECA, Ileana M.; ARRIASSECQ, Irene . A Theoretical Framework for Integrated STEM Education. **Science & Education**, v. 31, p. 383–404, 2022.

OZKIZILCIK, Merve; CEBESoy, Umran Betul. The influence of an engineering design-based STEM course on pre-service science teachers' understanding of STEM disciplines and engineering design process. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 34, p. 727–758, 2024.

PAPAGIANNPOULOU, T.; VAIPOULOU, J.; STAMOVLASIS, D. Teachers' Readiness to Implement STEMEducation: Psychometric Properties of TRi-STEM Scale and Measurement Invariance across Individual Characteristics of Greek In-Service Teachers. **Education Sciences**, v. 13, n° 299, 2023.

PASQUALETTO, T. I.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Aprendizagem baseada em projetos no Ensino de Física: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Minas Gerais, v. 17, n. 2, p. 551-577, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4546>. Acesso em: 22 abr. 2024.

PAULA, Vinícius Renó de. **Aprendizagem baseada em projetos: estudo de caso em um curso de Engenharia de Produção**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017.

PERALES-PALACIOS, Francisco; AGUILERA, David. Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción?. **Ápice. Revista de Educación Científica**. v. 4. p. 1-15, 2020.

PERRENET, J.; BOUHUIJS, P.A.; & SMITS, J. (2000). The Suitability of Problem-based Learning for Engineering Education: Theory and practice. **Teaching in Higher Education**, v. 5, p. 345 - 358. 2000.

PRADO, J. L.; SILVA, R. R. STEM: uma inovação no Ensino Superior. **Research, Society and Development**, v. 9, n° 11, 2020.

PUGLIESE, G. Um panorama do STEAM education como tendência global. In: BACICH, L., HOLANDA, L. (org.). **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, p. 13-28, 2020.

PUPIN, Carlos Eduardo ; PIECZKOWSKI, Tania Mara Zancanaro. Relato de aplicação de PjBL na área de sistemas elétricos de potência à acadêmicos de graduação. **Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia**, v.10, n.2, 2021.

RADCLIFFE, David. Multiple Perspectives On Engineering Design. In: **Integrating Information into the engineering Design Process**. Purdue University, 2014.

REIS, Sara S.; COELHO, Fátima G; COELHO, Luis Pinto. Success Factors in Students' Motivation with Project Based Learning: From Theory to Reality. **International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)**, v. 16, p. 4-17, 2020.

RICAURTE, Marvin; VILORIA, Alfredo. Project-based learning as a strategy for multi-level training applied to undergraduate engineering students. **Education for Chemical Engineers**, v. 33, p. 102-111, 2020.

ROEHRIG, Gillian H.; DARE, Emily A.; ELLIS, Joshua A.; and RING-WHALEN, Elizabeth. Beyond the basics: a detailed conceptual framework of integrated STEM. **Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research**. v.3, n. 11, 2021.

ROLOFF, Mário Lucio; PUHL, Eduardo Bidese; ROLOFF, Micheli Cristina Starosky. O ensino baseado em projetos nos cursos da área de engenharia do Instituto Federal Catarinense. In: COSTA JUNIOR, Ademar Gonçalves da; D'ANDREA, Alexandre Fonseca; DALLABONA, Carlos Alberto ; DUARTE, Elis Regina (org). **Educação em Engenharia: panorama, DCN, EaD, extensão, evasão e práticas pedagógicas**. João Pessoa: Editora IFPB, 2021. (E-book).

RUSLAN, Muhammad Syafiq Hazwan; BILAD, Muhammad Roil; NOH, Mohd Hilmi; SUFIAN, Suriati. Integrated project-based learning (IPBL) implementation for first year chemical engineering student: DIY hydraulic jack project. **Education for Chemical Engineers**, v. 35, p. 54-62, 2021.

RUSSELL, J.; HELMS, C.; EVERHART, R.; MILLER, D. Applying project based learning in an undergraduate design and construction program at appalachian state university. **Journal of Green Building**, v. 13, p. 147-165, 2018.

SALANKAR, Nilima; KOUNDAL, Deepika; HU, Yu-Chen. Impact on the personality of engineering students based on project-based learning. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 29, p. 1602–1616, 2021.

SAMAGAIA, Rafaela; DELIZOICOV, Demétrio. Educação científica informal no movimento “Maker”. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - X ENPEC, 2015, Águas de Lindóia. Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015.

SANCHEZ-ROMERO, J. L.; JIMENO-MORENILLA, A.; PERTEGAL-FELICES, M. L.; MORA-MORA, H. Design and Application of Project-Based Learning Methodologies for Small Groups Within Computer Fundamentals Subjects. **IEEE Access**, v. 7, p. 12456-12466, 2019.

SANDERS, M. STEM, STEM Education, STEMmania. In: **The Technology Teacher**, v. 68, n. 4, p. 20–26, 2009.

SANDERS, M. Integrative STEM education as best practice. In H. Middleton. **Explorations of Best Practice in Technology, Design, & Engineering Education**, v. 2, p. 103-117, 2012.

SANTOS, Ana Vitória Vaz; LIMA, Gyzely Suely. Dandara Tech: desvendando desafios de mulheres negras no STEM. **Revista Foco**, v.16, n.4, p.01-16, 2023.

SCHIEFLER FILHO, Marcos Flávio de Oliveira; SCHNEIDER, Guilherme Alceu; NORONHA, Robinson Vida; VALENGA; Maria Lúcia. Desafios da gestão na

educação em engenharia: Uma análise sobre retenção e evasão no Campus Curitiba da UTFPR. In: COSTA JUNIOR, Ademar Gonçalves da; D'ANDREA, Alexandre Fonseca; DALLABONA, Carlos Alberto ; DUARTE, Elis Regina (org). **Educação em Engenharia: panorama, DCN, EaD, extensão, evasão e práticas pedagógicas**. João Pessoa: Editora IFPB, 2021. (E-book).

SEEBUT, Supot; WONGSASON, Patcharee; JEERUPHAN, Thanawit; KIM, Dojin. Using packaging material problems to promote student awareness about the role of mathematics in STEM. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 19, nº 5, 2023.

SHEKARIAN, M.; PARAST, M. Do Entrepreneurship Skills Improve Project Performance? A Project-Based Learning Perspective. **The Journal of Entrepreneurship**, v. 30, n. 2, p. 267-305, 2021.

SILVA, A. **A natureza da matemática no contexto de redimensão de práticas pedagógicas para o ensino de matemática na educação básica**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2020.

SILVA, Ivoneide Mendes da. **Aprendizagem baseada em problemas: uma análise da implementação na disciplina de Tecnologia da Informação e Comunicação no Ensino de Química**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

SILVA, Jéssica Laisa Dias da; STATI, Cesar. **Prototipagem e Testes de Usabilidade**. Editora Intersaberes. Edição: 1ª. 2022.

SILVA, Pablo Dutra da. Projeto Integrador na primeira fase de um curso de Engenharia Elétrica: Uma Vivência da Prática da Profissão com Autonomia e Criatividade. In: COSTA JUNIOR, Ademar Gonçalves da; D'ANDREA, Alexandre Fonseca; DALLABONA, Carlos Alberto ; DUARTE, Elis Regina (org). **Educação em Engenharia: panorama, DCN, EaD, extensão, evasão e práticas pedagógicas**. João Pessoa: Editora IFPB, 2021. (E-book).

SILVA, Rogéria Maria Rodrigues da. **Aprendizagem baseada em projetos: um olhar sobre a experiência da implementação da ABP em um curso de engenharia**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da vida e saúde, 2019.

SIMARRO, Cristina; COUSO, Digna. Engineering practices as a framework for STEM education: a proposal based on epistemic nuances. **International Journal of STEM Education**. v. 8, nº 53, 2021.

SO, Winnie Wing Mui; ZHAN, Ying; CHOW, Stephen Cheuk Fai; LEUNG, Chi Fai. Analysis of STEM Activities in Primary Students' Science Projects in an Informal Learning Environment. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 16, p. 1003–1023, 2018.

STÅHL, D.; SANDAHL, K.; BUFFONI, L. An Eco-System Approach to Project-Based Learning in Software Engineering Education. **IEEE Transactions on Education**, v. 65, n. 4, p. 514-523, 2022.

STAKE, Robert Edward. **Pesquisa Qualitativa: estudando como as coisas funcionam**. Porto Alegre: Penso, 2011.

STANLEY, Todd. **Project-Based Learning for Gifted Students: A Step-by-Step Guide to PBL and Inquiry in the Classroom**. 2 ed. Routledge, 2021.

STEENHUIS, H.J.; ROWLAND, L. **Project Based-Learning - How to Approach, Report, Present, and Learn from Course-Long Project**. New York: Business Expert Press, 2018.

STOHLMANN, Micah S., ROEHRIG, Gillian H., MOORE, Tamara J. The Need for STEM Teacher Education Development. In: GREEN, S. L. . **STEM education: How to train 21st-century teachers**. Nova Science Publishers, 2014.

STOLK, Jonathan D., MARTELLO, Robert. Reimagining and Empowering the Design of Projects: A Project-Based Learning Goals Framework. **2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)**, San Jose, CA, USA, pp. 1-9, 2018.

STROUD, Adam; BAINES, Lawrence. Inquiry, Investigative Processes, Art, and Writing in STEAM. In: **STEAM Education -Theory and Practice**. Springer Nature Switzerland, 2019.

SYAHRIL, Syahril; NABAWI, Rahmat Azis; SAFITRI, Dian. Students' perceptions of the project based on the potential of their region: A Project-based learning implementation. **Journal of Technology and Science Education**, v. 11, n. 2, p. 295-314, 2021.

TAKEUCHI, M; SENGUPTA, P.; SHANAHAN; M.; ADAMS, J.; HACHEM, M. Transdisciplinarity in STEM education: a critical review. **Studies in Science Education**, v. 56, n. 2, p. 213-253, 2020.

TEEPLE, J. E. Toward a state-critical STEM education. **Critical Education**, v. 9, n. 16, p. 67-83, 2018.

TEIXEIRA, Francimar Martins . Uma análise das implicações sociais do ensino de ciências no Brasil dos anos 1950-1960. REEC. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, p. 269-286, 2013.

THIBAUT, Lieve et al. Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. **European Journal of STEM Education**, v. 3(1), nº 02, 2018.

THOMAS, John W. **A review of research on Project-Based Learning**. California: The Autodesk Foundation, 2000.

TOLOSA, Laura et al . An overview of today's project-based learning and how it has been implemented in the Chemical Engineering School at Universidad de Los Andes. **Educación Química**, v. 29, n. 4, p. 36-48, 2018

TOMÉ KLOCK, A. C. Mapeamentos e Revisões Sistemáticos da Literatura: um Guia Teórico e Prático. **Cadernos De Informática**, v. 10, nº 1, p. 01–09. 2018.

VILAS BOAS, A.; SILVA, M. R.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. D. M. História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 287–322, 2013.

VOGLER, Jane S. et al. The hard work of soft skills: augmenting the project-based learning experience with interdisciplinary teamwork. *Instructional Science*, v. 46, p. 457–488, 2018.

VOSS, Sarah; KLINKER, Hannah; KRUSE, Jerrid. Making Cents of the Nature of Engineering. **Technology and Engineering Teacher**, v. 79, n. 7, p. 20-25, 2020.

WRIGHT, N.; ABD-EL-KHALICK, F. Nature of Technology: Implications for design, development, and enactment of technological tools in school science classrooms. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 18, p. 2875-2905. 2012.

WALTER, Silvana Anita; BACH, Tatiana Marceda. Adeus papel, marca textos, tesoura e cola: inovando o processo de análise de conteúdo por meio do ATLAS.TI. **Administração: Ensino e Pesquisa**, v. 16, n. 2, pp. 275-308, 2015.

WANG, Shiang-Kwei; HSU, Hui-Yin. Preparing Teachers in Science through Technology for STEM Education. In: **STEM education: How to train 21st-century teachers**. Nova Science Publishers, 2014.

WANKAT, P.C., BULLARD, L.G., 2016. The future of engineering education – revisited. **Chemical Engineering Education**, v. 50, nº 1, p. 19-28, 2016.

WATSON, Andrew D.; WATSON, Gregory H. Transitioning STEM to STEAM: Reformation of engineering education. **Journal for Quality and Participation**, v. 36, n.3, p. 1-5, 2013.

WIDYA, Ronal Rifandi, RAHMI, Yosi Laila. STEM education to fulfil the 21st century demand: a literature review. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1317, 2019.

WILLIUDWIG, A. C. Métodos de pesquisa em educação. **Revista Temas em Educação**, v. 23, n. 2, p. 204–233, 2014.

YAKMAN, G; LEE, H. Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea. **Journal of The Korean Association For Science Education**, v. 32, n. 6, p. 1072-1086, 2012.

YAKMAN, Georgette. **What is the point of STEAM? A Brief Overview**. 2010.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZHU, Jiabin; LIU, Rongrong; LIU, Qunqun; ZHENG, Tianyi; ZHANG, Zhinan. Engineering Students' Epistemological Thinking in the Context of Project-Based Learning. **IEEE Transactions on Education**, v. 62, n. 3, p. 188-198, 2019.

APÊNDICE A

Planilha RSL - Definição dos atributos

ITEM	TÍTULO	AUTORES	ANO	Aperfeiçoamento	Análise da experiência	Atividades de laboratório	Conceitos Específicos	Criação de produtos	Desenvolvimento de Competências
PUBL_01	Enhancing a Comprehensive View of the Infrastructure Life Cycle through Project-Based Learning	García-Segura, Tatiana ; Montalbán-Domingo, Laura ; Sanz-Benloch, Amalia ; Domingo, Alberto ; Catalá, Joaquín ; Pellicer, Eugenio	2023				X		
PUBL_02	An Eco-System Approach to Project-Based Learning in Software Engineering Education	Stahl, Daniel ; Sandahl, Kristian ; Buffoni, Lena	2022	X					
PUBL_03	Design and assessment of a project-based learning in a laboratory for integrating knowledge and improving engineering design skills	Gomez-del Rio, T. ; Rodriguez, J	2022		X				
PUBL_04	Effect of project-based learning on development of students' creative thinking	Chen, Shih-Yeh ; Lai, Chin-Feng ; Lai, Ying-Hsun ; Su, Yu-Sheng	2022						X
PUBL_05	Bridging the Gap Between Theory and Active Learning: A Case Study of Project-Based Learning in Introduction to Materials Science and Engineering	Lopera, Henry A. Colorado ; Gutierrez-Velasquez, Elkin ; Ballesteros, Nancy	2022		X				
PUBL_06	Project-Based Learning Methodology in a Multidisciplinary Environment	Guajardo-Cuellar, Alejandro ; Vázquez, Carlos Renato ; Navarro Gutiérrez, Manuel	2022						X
PUBL_07	An example of project-based learning with the support of a process simulator applied to the chemical engineering final course project	: Vasconcelos, Mateus K. ; Guedes, Mathheus N. ; Melo, Pedro G. F. ; Amore, Clara R. ; Linares, José J.	2022					X	
PUBL_08	Using project-based learning to teach electromagnetic and wave concepts	Cutri, Rodrigo ; Roberto Marim, Luiz ; Roberto Cardoso, José	2022				X		
PUBL_09	Interdisciplinary Project-Based Learning: Experiences and Reflections From Teaching Electronic Engineering in China	Fan, Hua ; Xie, Huijiang ; Feng, Quanyuan ; Bonizzoni, Edoardo ; Heidari, Hadi ; McEwan, Michael P. ; Ghanam, Rami	2022		X				
PUBL_10	From Lab Scale to Mass Production: A Project-Based Learning on the Preparation of (S)-Epiclorohydrin for Enhancing College Student Engineering Practical Abilities	Yang, Yisi ; Zhang, Yan ; Xiong, Xujie ; Zhang, Wanjie ; Chen, Wen ; Ge, Shiping	2021			X			
PUBL_11	Impact on the personality of engineering students based on project-based learning	Salankar, Nilima ; Koundal, Deepika ; Hu, Yu-Chen	2021						X
PUBL_12	An Approach of Project-Based Learning: Bridging the Gap Between Academia and Industry Needs in Teaching Integrated Circuit Design Course	Yang, Xiaokun	2021	X					
PUBL_13	Do Entrepreneurship Skills Improve Project Performance? A Project-Based Learning Perspective	Shekarian, Mansoor ; Parast, Mahour	2021						X
PUBL_14	Addressing Collaboration Challenges in Project-Based Learning: The Student's Perspective	Husein, Bassam	2021						X
PUBL_15	Sustainability of Project-Based Learning by Incorporating Transdisciplinary Design in Fabrication of Hydraulic Robot Arm	López Pimentel, Juan Carlos ; Medina-Santiago, Alejandro ; Alcaraz-Rivera, Miguel ; Del-Valle-Soto, Carolina	2021					X	
PUBL_16	Project-based learning in a graduate course on home appliance engineering	Kim, Yeon ; Lee, Suk ; Ahn, Changsun	2021						X

APÊNDICE A (Continuação)

Planilha RSL - Definição dos atributos

ITEM	TÍTULO	AUTORES	ANO	Aperfeiçoamento	Análise da experiência	Atividades de laboratório	Conceitos Específicos	Criação de produtos	Desenvolvimento de Competências
PUBL 17	Integrated project-based learning (IPBL) implementation for first year chemical engineering student: DIY hydraulic jack project	Ruslan, Muhammad Syafiq Hazwan ; Bidad, Muhammad Roil ; Noh, Mohd Hilmi ; Sufian, Suriati	2021		X				
PUBL 18	Contextualized project-based learning for training chemical engineers in graphic expression	Hernaiz-Pérez, María ; Álvarez-Hornos, Javier ; Badia, José David ; Giménez, Juan Bautista ; Robles, Angel ; Ruano, Victoria ; San-Valero, Pau	2021	X					X
PUBL 19	Students' perceptions of the project based on the potential of their region: A Project-based learning implementation	Syahri, Syahril ; Nabawi, Rahmat Aziz ; Safitri, Dian	2021						X
PUBL 20	Active, experiential and reflective training in civil engineering: evaluation of a project-based learning proposal	Miranda, Marina ; Saiz-Linares, Ángela ; da Costa, Almudena ; Castro, Jorge	2020						X
PUBL 21	Teaching a Standalone Optics and Lasers Course Using Project-based Learning	Clark, Renee M. ; Wang, Mohan ; Splain, Zachary A. ; Chen, Kevin P	2020				X		
PUBL 22	Success Factors in Students' Motivation with Project Based Learning: From Theory to Reality	Reis, Sara ; Coelho, Fátima ; Coelho, Lui	2020		X				
PUBL 23	Project-based learning as a strategy for multi-level training applied to undergraduate engineering students	Ricaurte, Marvin ; Vilorio, Alfredo	2020	X					
PUBL 24	Project-based learning of advanced CAD/CAE tools in engineering education	Berselli, Giovanni ; Billancia, Pietro ; Luzi, Luca	2020	X					
PUBL 25	Combining the project-based learning methodology and computer simulation to enhance the engagement in the context of Environmental Engineering courses	Faba, Laura ; Diaz, Eva	2020	X					
PUBL 26	Project-based learning: Design of data acquisition module for greenhouse system	Mohapatra, Debashish ; Padhee, Subhansu ; Saxena, Surabhi ; Patnaik, Bhaskar	2020					X	
PUBL 27	Fundamentals of Automation Engineering: A hybrid project-based learning approach	Kataria, Devika ; Sanchez, Gustavo ; Govindasamy, Siddhartan	2020		X				
PUBL 28	Scaffolding interdisciplinary project-based learning: a case study	MacLeod, Miles ; van der Veen, Jan T.	2020		X				
PUBL 29	An Educational Laboratory Approach for Hybrid Project-Based Learning of Synchronous Machine Stability and Control: A Case Study	Magnus, Douglas de Matos ; Carbonera, Luis Felipe Bianchi ; Pfischer, Luciano Lopes ; Farret, Felix Alberto ; Bernardon, Daniel Pinheiro ; Tavares, Andre Abelardo	2020			X			
PUBL 30	Case Study to Analyze the Impact of Multi-Course Project-Based Learning Approach on Education for Sustainable Development	Khandakar, Amith ; Chowdhury, Muhammad Enamul Hoque ; Gonzales, Antonio Jr. San Pedro ; Touati, Farid ; Emadi, Nasser Al ; Ayari, Mohamed Arselene	2020	X					
PUBL 31	Project-Based Learning Technology: An Example in Programming Microcontrollers	Nurbelova, Zhanat ; Tolganbaily, Talant ; Nurbekov, Bahyt ; Sagimbayeva, Ainur ; kazhiakparova, Zhadira	2020				X		

APÊNDICE A (Continuação)

Planilha RSL - Definição dos atributos

ITEM	TÍTULO	AUTORES	ANO	Aperfeiçoamento	Análise da experiência	Atividades de laboratório	Conceitos Específicos	Criação de produtos	Desenvolvimento de Competências
PUBL 32	Project-Based Learning Applied to Unmanned Aerial Systems and Remote Sensing	Mesas-Carrascosa, Francisco Javier ; Pérez Porras, Fernando ; Triviño-Tarradas, Paula ; Merodio de Larriva, Jose Emilio ; García-Ferrer, Alfonso	2019	X					
PUBL 33	The effect of using a project-based learning (PBL) approach to improve engineering students' understanding of statistics	Farrell, Fiomuala ; Carr, Michael	2019				X		
PUBL 34	Engineering Students' Epistemological Thinking in the Context of Project-Based Learning	Zhu, Jiabin ; Liu, Rongrong ; Liu, Qunqun ; Zheng, Tianyi ; Zhang, Zhihan	2019						X
PUBL 35	A distributed case-and project-based learning to design 3D lab on electronic engineering education	Yang, Weni ; Yuan, Nanqi ; Chinthamit, Winyu ; Kang, Byeong	2019			X			
PUBL 36	Design of an Open Platform for Multi-Disciplinary Approach in Project-Based Learning of an EPICS Class	Ngo, Ha Quang Thinh ; Phan, Mai-Ha	2019		X				
PUBL 37	AProject Based Learning (PBL) Approach Involving PETRecycling in Chemical Engineering Education	Rajan, Krishna ; Gopanna, Aravinthan ; Thomas, Selvin	2019		X				
PUBL 38	Project-based learning in capstone design courses for engineering students: Factors affecting learning outcomes	Young Ju Joo ; Um, Kyu Yon ; So Young Lee	2019		X				
PUBL 39	Design and Application of Project-Based Learning Methodologies for Small Groups Within Computer Fundamentals Subjects	: Sanchez-Romero, J. L. ; Jimeno-Morenila, A. ; Pertegal-Felices, M. L. ; Mora-Mora, H.	2019		X				
PUBL 40	An overview of today's project-based learning and how it has been implemented in the Chemical Engineering School at Universidad de Los Andes	Tolosa, Laura ; Marquez, Ronald ; Rennola, Leonardo ; Sandia, Beatriz ; Bullon, Johnny	2018						X
PUBL 41	Development of project based learning tool using PLC trainer to improve creativity and self-reliance	Elsanda Merita Indrawati ; Kuni Nadliroh	2018						X
PUBL 42	Project-based learning and information and communication technology's integration: Impacts on motivation	Belagra, Mammarr ; Draoui, Belkacem	2018		X				
PUBL 43	Applying Project-based learning in an undergraduate design and construction program at app Alachian State University	Russell, James A ; Helms, Chelsea R ; Everhart, R Chadwick ; Miller, D Jason	2018		X				
PUBL 44	Aprendizaje Basado en Proyectos Reales Aplicado a la Formacion del Ingeniero de Software	Villalobos-Abarca, Marco A ; Herrera-Acuna, Raul A ; Ramirez, Ibar G ; Cruz, Ximena C	2018		X				
PUBL 45	The Impact of Project-Based Learning on Improving Student Learning Outcomes of Sustainability Concepts in Transportation Engineering Courses	Fini, Elham H ; Awadallah, Faisal ; Parast, Mahour M ; Abu-Lebdeh, Taher	2018		X				
PUBL 46	On the students' perceptions of the knowledge formation when submitted to a Project-Based Learning environment using web applications	Seman, Laito Oriol ; Hausmann, Romeu ; Bezerra, Eduardo Augusto	2018		X				
PUBL 47	Biomedical Engineering Project Based Learning: Euro-African Design School Focused on Medical Devices	Ahluwalia, Arti ; De Maria, Carmelo ; Diaz Lantada, Andres ; Madete, June ; Makobore, Philippa Ngaju ; Ravizza, Alice ; Di Pietro, Licia ; Miridha, Mannan ; Munoz-Guijosa, Juan Manuel ; Tanarro, Enrique Chacon ; Torop, Janno	2018	X					
PUBL 48	Evolution of project-based learning in small groups in environmental engineering courses	Requies, Jesus M. ; Agirre, Ion ; Barrio, V. Laura ; Graells, Moisés	2018		X				
				9	16	4	5	3	11

APÊNDICE B

Termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO¹

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa de doutorado: APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS À LUZ DA PERSPECTIVA STEM: INTERVENÇÃO EM UMA TURMA DE ENGENHARIA, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) Rodrigo de Palva Cirilo, residente na Rua Voluntários da Pátria, nº 405, Apto 201, Campo Grande, Recife-PE, CEP: 52.040-150, e-mail: rodrigopcirilo@gmail.com, celular: (81) 99234-8247.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

1. Descrição da pesquisa:

Justificativa

Esta pesquisa visa contribuir para a área do Ensino em Engenharia no Brasil, haja vista que vários são os esforços de professores e pesquisadores no campo que se dedicam a implementar e compreender as dinâmicas de ensino e aprendizagem que coloquem o estudante no centro do processo de construção do conhecimento, tendo como opção as metodologias ativas de aprendizagem e, consequente, a aprendizagem baseada em projetos.

Objetivo

Analisar os efeitos e potencialidades da perspectiva STEM no percurso de uma abordagem de aprendizagem baseada em projetos quando aplicada em uma turma do curso de engenharia.

Processo de coleta de dados

Os sujeitos da pesquisa são estudantes matriculados regularmente em uma disciplina do terceiro semestre do curso de engenharia elétrica na UFRPE-UACSA. Os instrumentos de coleta de dados consistem na técnica de coleta de documentos, onde pretende-se coletar as produções dos estudantes em cada uma das etapas de projeto, como também serão realizadas duas seções do instrumento Grupo Focal, com um representante de cada grupo desenvolvedor do projeto. Por fim, um questionário final de projeto deverá ser aplicado, visando alcançar as impressões de toda a turma.

2. Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa.

A participação do voluntário acontecerá no ambiente escolar, de forma presencial, no horário e durante as aulas da disciplina de Tópicos em Engenharia Elétrica 2. O início das atividades está previsto para iniciar dia 29/07/2022 e terminar no dia 07/10/2022, totalizando 10 encontros de quatro horas-aula cada.

¹ Este documento é uma adaptação do modelo disponibilizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – UFRPE conforme a Resolução 466/12.

APÊNDICE B (Continuação)

Termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

3. RISCOS diretos para o voluntário (prejuízo, desconforto, constrangimento, lesões que podem ser provocados pela pesquisa).

Caso o estudante não queira por quaisquer motivos, participar da pesquisa, poderá se sentir à vontade para desistir sem nenhuma punição de nota ou de outra natureza pedagógica.

4. BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários.

Os estudantes participantes poderão contar com a experiência de participar de uma intervenção em ambiente de sala de aula diferente dos moldes tradicionais, havendo a possibilidade de emitir suas impressões para que a prática seja continuamente melhorada. Além disso, alunos e alunas poderão conhecer na prática um processo de investigação científica de cunho qualitativo, contribuindo assim para a formação do futuro profissional da área das engenharias.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa, na forma de produtos educacionais, participação da seção de grupo focal, como também respostas a um questionário final de projeto sobre a intervenção, ficarão armazenados em pastas de arquivo e no computador pessoal, sob a responsabilidade do proponente da pesquisa em tela, no endereço acima informado, pelo período mínimo 5 anos.

(Assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado pela pessoa por mim designada, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar da pesquisa de doutorado intitulada APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS À LUZ DA PERSPECTIVA STEM: INTERVENÇÃO EM UMA TURMA DE ENGENHARIA, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Recife, ____/____/2022

(Assinatura do participante)

APÊNDICE C

Roteiro para elaboração dos Pitches

Elevador Pitch:

“Meu grupo, (nome do grupo), está desenvolvendo (a seguinte proposta) para ajudar (um segmento de cliente) (a resolver um problema) (com um diferencial).”

Pitch de 5 minutos:

1. Nome e grupo (15 seg)
2. Quem somos (45 seg)
3. O que vamos resolver: o problema, quem sofre com ele, como é resolvido nos dias de hoje (1 minuto)
4. Como vamos resolver: solução idealizada (1 minuto)
5. Qual o estágio atual do projeto e quais resultados pretende alcançar (1 minuto)
6. Fechamento – necessidade, próximos passos, pedido e “presente” (1 minuto)

APÊNDICE D

Mapa de relacionamento entre os códigos gerado pelo NVivo

