

## Ensinando em engenharia: a aprendizagem baseada em projetos dinamizada pela integração entre as áreas STEM

### RESUMO

**Rodrigo de Paiva Cirilo**  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Recife, Pernambuco  
Brasil  
[rodrigo.cirilo@ufrpe.br](mailto:rodrigo.cirilo@ufrpe.br)

**Ivoneide Mendes da Silva**  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Recife, Pernambuco,  
Brasil  
[ivoneide.mendes@ufrpe.br](mailto:ivoneide.mendes@ufrpe.br)

**Marcelo Brito Carneiro Leão**  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Recife, Pernambuco,  
Brasil  
[marcelo.leao@ufrpe.br](mailto:marcelo.leao@ufrpe.br)

A Indústria 4.0 trouxe mudanças sociais e econômicas, impactando a educação em engenharia conforme orientações das atuais Diretrizes Curriculares Nacionais. Uma das estratégias didáticas que centraliza o processo no estudante e permite uma dinâmica voltada a elaboração de soluções para problemas reais é a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj). O objetivo deste estudo foi perceber a mobilização de conhecimentos nas áreas STEM (acrônimo para a integração entre Ciências, Tecnologias, Engenharia e Matemática), como propulsora da ABProj, no percurso de uma intervenção implementada em uma disciplina do curso de Engenharia Eletrônica. A pesquisa, de cunho qualitativo, exploratório e desenvolvida sobre os ditames dos Estudos de Caso, teve como instrumentos de coleta de dados um painel de conceitos, rubricas e entrevista de grupo focal. As conclusões indicaram que houve certa integração entre as áreas, apresentando fragilidades para a imersão em conteúdos da matemática.

**PALAVRAS-CHAVE:** STEM, aprendizagem baseada em projetos, Engineering Design Process, Nvivo.

## INTRODUÇÃO

A estrutura econômica tem um impacto significativo no modo de vida das sociedades. Ela define o acesso a recursos, produtos e serviços, influenciando os hábitos de consumo e o até os costumes das pessoas. Para os dias atuais, as relações de trabalho passam por transformações impulsionadas pelos reflexos da Indústria 4.0, exigindo que as funções laborais se adaptem ao uso de tecnologias que estão em constante evolução. A rapidez com que novos materiais, processos e ferramentas são desenvolvidos tem um impacto significativo na produtividade e nos hábitos cotidianos.

Essas mudanças, que afetam profundamente os aspectos sociais, ambientais e econômicos, reverberam nos processos pedagógicos e didáticos, seja no ensino básico ou superior. Ao direcionar o foco das discussões pra a educação em engenharia, Kamp (2016) advoga que a formação nesses cursos deve fazer a aproximação entre os profissionais da área e os indivíduos que serão beneficiados pelos produtos e/ou serviços desenvolvidos, vinculando a prática em engenharia às necessidades da sociedade. Para Cardoso (2020), essas contribuições podem acontecer por variadas frente, seja pelo atendimento às demandas atuais do mercado, como de estar alinhado com os objetivos estratégicos de desenvolvimento de um país.

Como forma de averiguar quais as características estruturais e pedagógicas que se fazem presentes nas universidades de referência no ensino de engenharia em todo o mundo, um estudo foi realizado pelo *Massachusetts Institute of Technology* - MIT, através de um programa iniciado em 2016 denominado *New Engineering Education Transformation* (NEET), tendo como resultado o documento *The global state of the art in engineering education*, publicado no ano de 2018.

Uma parcela das investigações dedicou-se a apontar quais seriam as universidades caracterizadas como referência em ensino de engenharia, como também indicar instituições com potencial para atingir tal nível de excelência. As análises foram subsidiadas por três pilares fundamentais, sendo (i) ter na síntese e na inovação do design o apoio necessário para uma abordagem educacional, (ii) utilizar estratégias pedagógicas modernas e (iii) estar estruturada com base nos desafios da engenharia no Século XXI.

As características pedagógicas presentes nessas instituições possibilitam que os estudantes participem de atividades de pesquisa e extracurriculares de forma mais sistemática e utilizem o trabalho online para as interações entre o estudante e o conhecimento. A aplicação do design centrado no usuário é fomentada em espaços de aprendizagem dedicados aos experimentos e práticas durante todo o curso. Em relação aos currículos e as linhas de pesquisa, há a celebração de parcerias com o setor produtivo para que as demandas sejam ouvidas e as temáticas venham a se debruçar sobre problemas reais e locais (Graham, 2018).

No que tange às dinâmicas em sala de aula, a propostas pedagógicas adotada deve coadunar com proposições que centralizem no estudante a aprendizagem e reforcem a autonomia discente para lidar com desafios práticos e do seu contexto, traço latente encontrado nas Metodologias Ativas. A usabilidade dessa forma de ensino pressupõe um rearranjo pedagógico no que se refere à escola, ao professor e ao aluno.

Oliveira (2020) argumenta que cabe aos docentes, enquanto pesquisador experiente, pôr-se a orientar o estudante em suas descobertas, o que torna o estudante um sujeito ativo na construção de um conhecimento que “gira em torno da vida, do contexto, das necessidades, dos problemas locais e globais” (p. 13). O papel da escola é também remodelado, passando a ser um ambiente que privilegie o lúdico e estimule a criação e a colaboração entre os alunos. Espera-se ainda que as possibilidades virtuais extravasem o ambiente escolar, impulsionando o trabalho em rede, mediado por diversas tecnologias de informação e comunicação cujos aplicativos estão disponíveis a qualquer hora e em qualquer lugar.

Tornar as metodologias ativas opções de repertório didático para docentes em cursos de engenharia é o desafio das atuais Diretrizes Curriculares Nacionais. Daciolo (2022) elaborou um estudo visando conhecer quais as metodologias ativas foram discutidas em trabalhos publicados no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), entre os anos de 2016 e 2022, com foco na Engenharia Civil. O levantamento apontou que aproximadamente 57% das publicações descrevem experiências para a Aprendizagem Baseada em Problemas (15%) e Aprendizagem por Projetos (42%).

As estratégias didáticas supracitadas possuem a mesma matriz epistemológica, sendo a Aprendizagem Baseada em Projetos – ABProj “um tipo específico de aprendizagem baseada em problemas que é centrado em um projeto específico e autêntico, aberto e baseado no cliente” (Beier et al., 2018, p. 4, tradução nossa). A motivação inicial para a concepção dessas abordagens buscou reproduzir o ambiente profissional nos estudos em sala de aula, sendo a ABProj a mais indicada para a aplicação na engenharia, haja vista ser do cotidiano deste profissional elaborar projetos.

O estudo de tese do primeiro autor deste artigo buscou, dentre outros objetivos, analisar como os conceitos científicos e tecnológicos eram mobilizados pelos estudantes, no percurso do projeto desenvolvido em uma disciplina do curso de Engenharia Eletrônica. Para que fossem evidenciadas as articulações entre os conteúdos entre áreas afins, a aprendizagem por projetos foi dinamizada por meio da Perspectiva STEM, acrônimo para a integração entre Ciências, Tecnologias, Engenharia e Matemática. Para que a pesquisa seja melhor compreendida, os tópicos a seguir versam sobre os entendimentos em STEM e Aprendizagem Baseada em Projetos, as etapas investigativas delimitadas e as inferências realizadas por meio do software Nvivo.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **A Perspectiva STEM**

Estabelecer uma definição para o STEM significa explorar o conceito a partir de suas ramificações. Inicialmente, pode-se resgatar uma motivação econômica em relação a competitividade tecnológica global dos Estados Unidos, ainda na década de 1990, para a inserção de temáticas ligadas a inovação ainda na educação básica, visando incentivar os jovens a escolherem carreiras profissionais nas áreas STEM. O incremento seria realizado por meio da resolução de situações reais nas disciplinas de ciências e matemática, modeladas conforme os problemas em engenharia e auxiliados pela tecnologia disponível.

Como consequência, a iniciativa requereu que uma série de contribuições surgissem ao longo do tempo, na tentativa de fundamentar as ações em STEM de acordo com a roupagem que viesse a ser atribuída. Assim, pode-se falar em STEM como um conjunto de profissões nas áreas de ciências e tecnologias ou como um aporte educacional que permite dinamizar conhecimentos em tecnologias no ensino básico. Para esta segunda ocasião, Pugliese (2020) aponta quatro dimensões pedagógicas possíveis, que se voltam a formulação de políticas públicas, na orientação dos currículos, na promoção da interdisciplinaridade e enquanto metodologia de ensino.

Há uma miscelânea de interpretações para o STEM. Marrero, Gunning e Germain-Williams (2014) indicam certa necessidade de interação entre as áreas que compõem a perspectiva para que o STEM de fato aconteça, posição também defendida por Martín-Páez et al. (2019) e Li et al. (2020), ao argumentarem que uma identidade em STEM, compreendida nas formas de Educação e Alfabetização STEM, é consolidada no momento em que se enfatiza a integração de conhecimentos, mesmo que haja uma preponderância de alguma das disciplinas.

Acerca das noções sobre o processo de interlocução entre as áreas STEM, Hasanah (2020) desenvolveu uma revisão de literatura sobre as principais definições para a Educação em STEM, chegando à conclusão de que há uma convergência entre os pesquisadores na utilização da perspectiva em apenas uma ou várias disciplinas. Nesta, a compreensão é de que a implementação deve abarcar dois ou mais assuntos entre os campos do acrônimo, sendo uma das proposições admissível aquela onde a ênfase da intervenção esteja sobre uma ou duas disciplinas.

Apesar dos desencontros sobre uma definição possível para o STEM, existe certa convergência em relação aos propósitos oferecidos pela abordagem. No intuito de sintetizar o rol de atribuições, Widya, Rifandi e Rahmi (2019) apontam que em STEM os estudantes trabalham aptidões na resolução de problemas reais e do seu cotidiano, potencializando a autonomia e a capacidade inovativa das soluções propostas, dotando-os de habilidades sociais e individuais para trabalhar em cooperação com os outros.

Papagiannopoulou, Vaiopoulou e Stamovlasis (2023) situam o STEM em relação aos desafios ambientais e econômicos dos tempos atuais, listando as quatro habilidades necessárias ao enfrentamento dessas questões, que são o pensamento crítico, a comunicação, a criatividade e a colaboração, formando a sigla 4C – *communication, critical thinking, collaboration e creativity*.

Cada uma das áreas que compõem o STEM contribui de acordo com suas peculiaridades para a formação da perspectiva, compondo uma estrutura de trabalho capaz de descrever e relacionar os objetivos pensados para os campos de conhecimento em constante articulação. Essas proposições são embasadas em aportes filosóficos que apontam uma Natureza para o STEM, ao tentar integrar as Naturezas da Ciências, da Tecnologia e da Matemática com o processo de design em engenharia, tradução da Engineering Design Process (EDP).

Para uma contextualização filosófica sobre a estruturação STEM, Hallström e Ankiewicz explicam que há um fluxo de mão dupla, onde o conhecimento humano em STEM associado a volição tecnológica<sup>1</sup> dão origem a atividades de design no intuito de criação de objetos, o que pode acontecer em sentido contrário: o resultado dos projetos, oriundos das atividades em design, desenvolve

nos alunos os conhecimentos em STEM e influenciam seu emprego em inovação e tecnologia.

Outra estruturação filosófica para o STEM foi elaborada por Ortiz-Revilla, Adúriz-Bravo e Greca (2020), ao entender que aspectos mais humanistas deviam ser incorporados para atender questões éticas e de respaldo social. Com isso, entenderam os conhecimentos em STEM como uma rede contínua, amparada por dois pilares: enquanto sistema cognitivo e epistemológico onde se fazem presentes práticas, objetivos, valores, métodos e produção; e mediante um sistema socioinstitucional, alavancando questões sobre a disseminação e certificação do conhecimento, o ethos científico e os valores sociais em interação com organizações sociais.

As concepções filosóficas apresentadas fundamentam os papéis assumidos por cada área do STEM. Em So et al. (2018) há uma estruturação que atribui à ciência seu caráter investigativo, onde se espera que os estudantes adquiram capacidade de iniciar, conduzir e apresentar uma investigação científica. Para as tecnologias, a preocupação consistiu na aptidão em selecionar e usar as ferramentas para a inovação, estando a matemática dedicada a um processo parecido com o das ciências, onde se espera a coleta, análise e apresentação dos dados por meio da linguagem matemática.

Outras proposições para as atribuições de função aos campos do STEM podem ser encontradas em Wan, So e Zhan (2022), Falloon et al. (2020), Kelley e Knowless (2016), entre outros autores, sob a alcunha de *framework* (ou estrutura de trabalho, em português). De maneira geral, as áreas em STEM receberam um indicativo a partir do seu papel didático na condução das disciplinas, consolidadas enquanto investigação científica, aplicação tecnológica, pensamento matemático e design de engenharia, sendo este último o responsável por propiciar a articulação entre as demais áreas.

Um dos precursores na formulação de *frameworks* para o STEM foram os estudos de Kelley e Knowless (ibidem). A proposição consiste em um arranjo de polias interconectadas, onde os quatro papéis acima descritos são alinhados por um peso nomeado Aprendizagem STEM Situada, e sendo demandados por comunidades de prática. Sendo uma das polias o design em engenharia, os autores destacam que “a própria natureza do design de engenharia fornece aos alunos uma abordagem sistemática para resolver problemas que geralmente ocorrem naturalmente em todos os campos STEM” (p. 5), sendo o catalisador mais indicado para a integração entre os campos de conhecimento.

English (2018) reitera a centralidade do processo STEM na engenharia, ao aprofundar que o hábito mental - ou forma de pensar - em engenharia fornece contribuições em relação ao pensamento sistêmico, a visualização futura dos produtos, a descoberta e resolução inovadora de problemas, a colaboração e a maneira como os engenheiros comunicam suas obras. Ao indicar que os processos de design em engenharia são motivados por problemas sinalizados por humanos, Çetin e Demircan (2018) assinam que os engenheiros são atores beneficiados por terem a disposição o EDP enquanto estratégia para a construção de soluções.

## Engineering Design Process - EDP

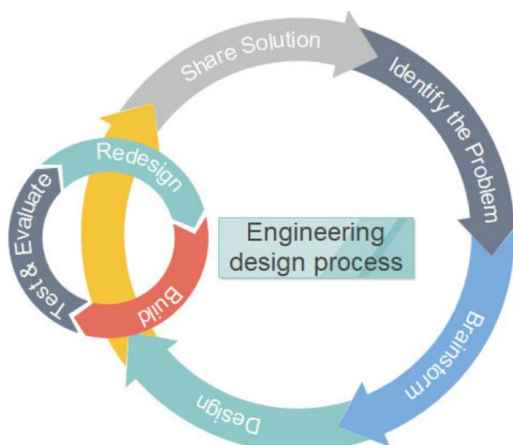
Enquanto método investigativo, o processo de design em engenharia apresenta semelhanças como Método Científico, haja vista compartilharem de concepções filosóficas próximas e um fluxo de atividades que contemplam a formulação de explicações ou a revelação de novos conhecimentos. Stroud e Baines (2019) entendem que a EDP e as pesquisas científicas são variações do método investigativo, pois “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).

Embora haja certa discrepância entre os autores ao definirem as etapas do EDP, as diferenças existentes contrastam apenas na ênfase que é dada em alguma das fases, sem que isso venha a descaracterizar o processo. Em Ozkizilcik e Cebesoy (2023) são encontrados nove momentos: identificação do problema, pesquisas sobre a temática, desenvolvimento de possíveis soluções, seleção da melhor solução, construção do protótipo, testes e avaliação, comunicação da solução, redesenho e produto final.

Quanto ao faseamento supracitado, as quatro primeiras etapas se debruçam sobre o problema e a construção da solução conceitual do projeto, enquanto que o redesenho é encarado como uma fase, situação que pode ser desprezada caso o ciclo venha a ser percorrido novamente. É importante ressaltar que os diversos momentos podem ser revisitados sem que haja prejuízo na elaboração dos produtos ou denotem uma condição de retrabalho.

Para uma melhor visualização do ciclo, Linh e Huong (2019) apresentam o diagrama da Figura 1, onde as fases vão desabrochando em fluxo contínuo de sete etapas, onde a identificação do problema engloba toda a investigação sobre as possibilidades, desembocando na fase de geração de ideias - brainstorm. O processo iterativo é destacado como um novo ciclo, composto pela construção, os testes e o redesenho, para que somente após validados os produtos venham a ser compartilhados, fase relativa à comunicação dos trabalhos.

Figura 1 – Etapas do Engineering Design Process



Fonte: Linh e Huong (2019, p. 4).

No percurso das discussões, a EDP foi enunciada conforme suas peculiaridades em estimular o pensamento e a ação aos moldes do que se pratica no exercício da engenharia. O ordenamento fluído entre os momentos, que

partem de um melhor entendimento sobre a problemática sugerida e finalizam com a culminância por meio da apresentação de um produto, passa pela aplicação de uma estratégia didática compatível com os ditames apresentados, na qual se identifica a aprendizagem baseada em projetos uma opção possível.

### **Aprendizagem baseada em Projetos - ABProj**

Em linhas anteriores, definiu-se a ABProj como uma face da aprendizagem baseada em problemas, onde um contexto profissional seria simulado para que a experiência oportunizasse a assimilação de conhecimentos conceituais e práticos. Essa aquisição aconteceria durante as etapas de desenvolvimento de um projeto. Krauss e Boss (2013) indicam como ingredientes essenciais do ABProj a aquisição de conhecimentos e habilidades e a disposição para investigar questões abertas que façam sentido tanto na vida profissional como na sociedade.

Segundo Stanley (2021), a ABProj tem como finalidade aguçar a capacidade dos estudantes quanto a preparação técnica, científica e social para lidar com os desafios propostos; a atribuição de responsabilidades em relação ao gerenciamento do tempo, ao autoconhecimento, a tomada de decisões e capacidade de cooperação; e a relevância com a qual os alunos enxergam a atividade. O autor menciona que o significado do projeto não está no produto em si, mas na vivência de sua construção proporcionada pela aplicação da metodologia de projetos.

A mobilização de conhecimentos durante a ABProj é discutida por Steenhuis e Rowland (2018) a partir da combinação entre os objetivos do projeto e o papel dos conhecimentos no seio de sua aplicação. Para a orientação dos projetos, admite-se que estes venham a contribuir com a prática ou com a teoria, assim como a intervenção pode dar conta da utilização de conhecimentos adquiridos ou de promover a descoberta desses ensinamentos. Como ilustração, pode-se planejar um projeto que exercite a manipulação de ferramentas para a aplicação de conteúdos, ou implementar uma situação em que a teoria seja trabalhada assim que os assuntos venham a emergir.

Kokotsaki, Menzies e Wiggins (2016) sintetizaram as diretrizes para o sucesso na implementação da abordagem após uma revisão da literatura sobre a aplicação do ABProj em diferentes níveis educacionais. Ao concluir, os autores destacaram a necessidade de:

- i. fornecer suporte eficaz aos alunos e oferecer apoio teórico e estrutural aos professores para a realização das atividades;
- ii. valorizar a autonomia dos estudantes durante as atividades, equilibrando a instrução didática com o método investigativo;
- iii. garantir níveis iguais de envolvimento entre os estudantes para um trabalho em equipe eficiente;
- iv. monitorar e avaliar tanto o processo quanto os produtos, além de incentivar a reflexão por meio da autoavaliação e da avaliação entre pares.

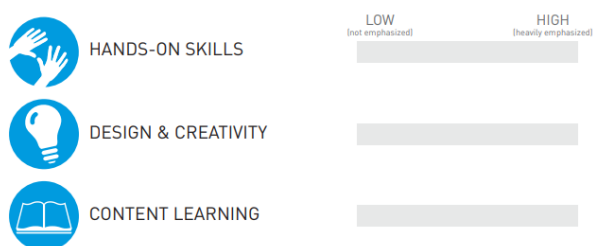
Visando auxiliar na montagem da estrutura de metas e definições de projeto, Stolk e Martello (2018) propuseram um *framework* com base em alguns dos princípios do design, centrando o processo no ser humano e com uma

especificação de acordo com a situação. Os autores recomendam que a estratégia precisa ser ampla para que reflita modelos holísticos de aprendizagem, de utilização simples e transparente, permitir flexibilidade e ser inspiradora enquanto orientação para o futuro e honesta em relação as escolhas possíveis.

Desta maneira, os atributos do framework foram elencados e conceituados segundo uma lista de definições, onde há uma barra com extremidades indicando a baixa ou alta ênfase para cada uma das características, com verificação realizada pelo proponente do projeto. A ênfase sobre quais os atributos que devem receber destaque na intervenção deve ser mediada pela situação e pelos objetivos do projeto, haja vista ser bastante complicado estimar foco elevado em todos os aspectos. Essas marcas podem ser expressadas pelos docentes para uma visualização macro da intervenção, como propiciar que os estudantes expressem suas impressões sobre a experiência.

Algumas das metas estipuladas estão visíveis na Figura 2, sendo em dez o total de atributos delineados. Além de habilidades de mão na massa, design e criatividade, e a aprendizagem do conteúdo, compõem a lista o pensamento crítico, o contexto real, a integração entre disciplinas, habilidades de comunicação, trabalho em equipe, a motivação intrínseca e o aprendizado autodirigido. Os autores comentam, ainda, que outros atributos podem ser acrescidos, de acordo com a necessidade de cada situação.

Figura 2 – Metas de projeto



Fonte: Stolk e Martello (2018, p.4).

Ao serem colocadas em contraste as características do STEM, do EDP e da ABProj, percebe-se a afinidade com que esses aportes teóricos possuem, havendo uma sinergia entre elas. Para este trabalho, o STEM deve ser compreendido como o propósito escolhido para que a dinâmica seja empreendida, no sentido de indicar as finalidades da experiência, ou seja, o objetivo formativo para cada um dos alunos participantes. Quanto a aprendizagem por projetos, essa é a abordagem didática empregada, necessária para o planejamento docente, suporte aos discentes, definição das entregas e avaliação. Por fim, o EDP é a estratégia empregada, definindo a sequência de momentos para a construção efetiva dos produtos.

## METODOLOGIA

As pesquisas na área de educação, e em específico para os processos de ensino e aprendizagem, requerem a compreensão profunda dos fenômenos observados, capturando as nuances e complexidades das relações em seu devido contexto social. Tais peculiaridades exigem que as análises se deem a partir de

interpretações que identifiquem padrões e significados a partir das informações coletadas, aspectos que aproximam o estudo em tela da abordagem qualitativa e exploratória.

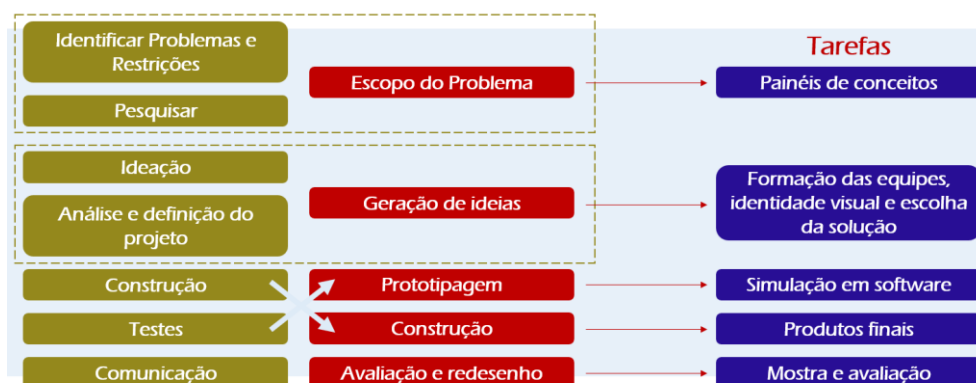
No que refere aos procedimentos técnicos da investigação, optou-se pelos construtos observados para o método dos Estudos de Caso. Para Cohen, Manion e Morrison (2018) essa tipologia se debruça sobre um exemplo singular de indivíduos em contextos reais, possibilitando aos leitores entender nitidamente as ideias, em detrimento a simples apresentação de teorias ou princípios abstratos. Assim, os passos admitidos para o processo de investigação seguem a estruturação de Yin (2015), começando pelo planejamento e design da pesquisa, seguido das definições sobre os instrumentos e momentos para a coleta de dados, a realização das inferências e a comunicação dos resultados.

Mattar e Ramos (2021) elencaram os traços mais comuns atribuídos a esse tipo de pesquisa, ao defini-la como “uma metodologia de pesquisa de campo que investiga um caso delimitado em profundidade, por meio da coleta de dados em múltiplas fontes, e que utiliza a triangulação na análise e interpretação dos dados” (p. 151). Cabe aos casos o papel de unidades de análise de uma investigação, podendo esses serem uma pessoa ou grupo delas, instituições, ou até um projeto, um curso, entre outras possibilidades.

Para a análise dos dados, foi utilizado o software NVivo, criado pela QSR International, que pertence à categoria de softwares de Análise Qualitativa de Dados (QDA). Ames (2013) argumenta que a plataforma fornece um melhor gerenciamento dos dados, seja por sua extensa capacidade de armazenamento, pela possibilidade de manipular massas de registros em menor tempo em relação as inferências manuais, como também por uma organização mais cuidadosa do material. 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.

Baseado no arcabouço teórico discutido anteriormente, a intervenção seguiu as etapas da EDP conforme ilustrado na Figura 3, havendo alguns ajustes para sua utilização em sala de aula. As entregas, aqui entendidas como o produto elaborado pelos alunos, foram pensadas para cada momento. Com a determinação do conjunto de tarefas e instruções, a Ficha de Projeto foi redigida e entregue aos estudantes por meio do sistema de gerenciamento acadêmico da universidade.

Figura 3 – Fases do EDP para a intervenção



Fonte: Autor (2024).

Os painéis conceituais são quadros explicativos aos moldes de um infográfico. Por meio destes, o objetivo foi coletar descrições sobre os conceitos trabalhados no projeto para as quatro áreas do STEM. A simulação em software online foi realizada por meio da plataforma Tinkercad<sup>2</sup>. Outras tarefas voltaram-se a definição de uma identidade visual para o grupo, por meio da escolha de um nome e da paleta de cores utilizada pela equipe. Houveram momentos para vistoria nos artefatos antes e depois da alocação do aparato tecnológico.

O desenvolvimento do projeto se deu em uma disciplina do segundo período do curso de Engenharia Eletrônica, entre os meses de novembro de 2022 e abril de 2023, contando com a participação de aproximadamente 30 estudantes. Os encontros duravam quatro horas-aula, e as tarefas foram realizadas ora de forma individual, ora em grupo, sendo necessário dez encontros ao total. A turma foi dividida em equipes de até seis integrantes, sendo a problemática de projeto enunciada conforme a Figura 4.

Figura 4 – Delimitação do projeto

| A. Descrição da situação:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | B. Delimitações                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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! | <ul style="list-style-type: none"> <li>O palco deverá ser retangular e menor que 2500 cm<sup>2</sup>;</li> <li>Todo o material utilizado para a estrutura de palco e suporte das lâmpadas deverá ser oriundo de reutilização;</li> <li>A música deverá ter, no mínimo, dois minutos de duração;</li> <li>Use, ao menos, três cores de luzes;</li> <li>Uma dessas lâmpadas deverá simular o refletor central de palco.</li> </ul> |

Fonte: Autor (2024).

Para que houvesse diferenciação temática entre os artefatos, cada grupo ficou responsável em elaborar os palcos de acordo com um ritmo musical diferente, onde coube aos próprios alunos escolherem os estilos, que variaram entre o brega, o forró, a música eletrônica, o frevo, o rock e o mpb. Ao todo, sete grupos iniciaram os trabalhos de projeto, sendo que um deles, alusivo a canções presentes em desenhos animados do tipo animes, não completou as atividades.

Como instrumentos de coleta de dados, usou-se o painel conceitual, elaborado em uma das primeiras aulas da intervenção; as rubricas, demarcadas pelo professor da disciplina – e primeiro autor deste artigo - para o diagnóstico da mobilização dos conceitos no percurso da intervenção, conforme pode ser visto no Quadro 1; e a entrevista de grupo focal, realizada ao final de trabalhos, com um representante de cada grupo, onde infelizmente, apenas quatro grupos se fizeram presentes.

Quadro 1 – Rubrica de avaliação dos projetos segundo as áreas STEM

| Área STEM | Rubrica                                                                 |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|
| Ciências  | A teoria foi ignorada em todo processo                                  |
|           | Conceitos trabalhados apenas na tarefa específica                       |
|           | Equipe identificou os fenômenos em determinados momentos da intervenção |

| Área STEM                                                                                                              | Rubrica                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Apreender conceitos e reconhecê-los durante a execução das tarefas                                                     | A teoria guiou e foi mobilizada durante todo o percurso do projeto                             |
| <b>Matemática</b><br><br>Dimensionamento dos componentes de circuito a partir dos conceitos científicos e tecnológicos | 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                      |
| <b>Engenharia</b><br><br>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 e entrega das tarefas no prazo |
|                                                                                                                        | Houve incremento para além dos requisitos com pontualidade na entrega dos produtos parciais    |
| <b>Tecnologias</b><br><br>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                                         |
|                                                                                                                        | Elaborou solução própria com atendimento aos requisitos mínimos do projeto                     |
|                                                                                                                        | Construiu solução própria com incrementos em relação aos requisitos                            |

Fonte: Autor (2024).

Para uma melhor visualização das marcas obtidas pelos grupos em relação as rubricas, cada um dos estratos foi numerado de 1 a 4, sendo o mais baixo atribuído para mobilizações insatisfatórias, e o valor máximo para os casos de utilizações ao nível do desejado. As avaliações com as rubricas foram ilustradas por um gráfico de radar para cada grupos, e as marcas obtidas pelas equipes foram somadas para dar vida a marca geral dos trabalhos realizados.

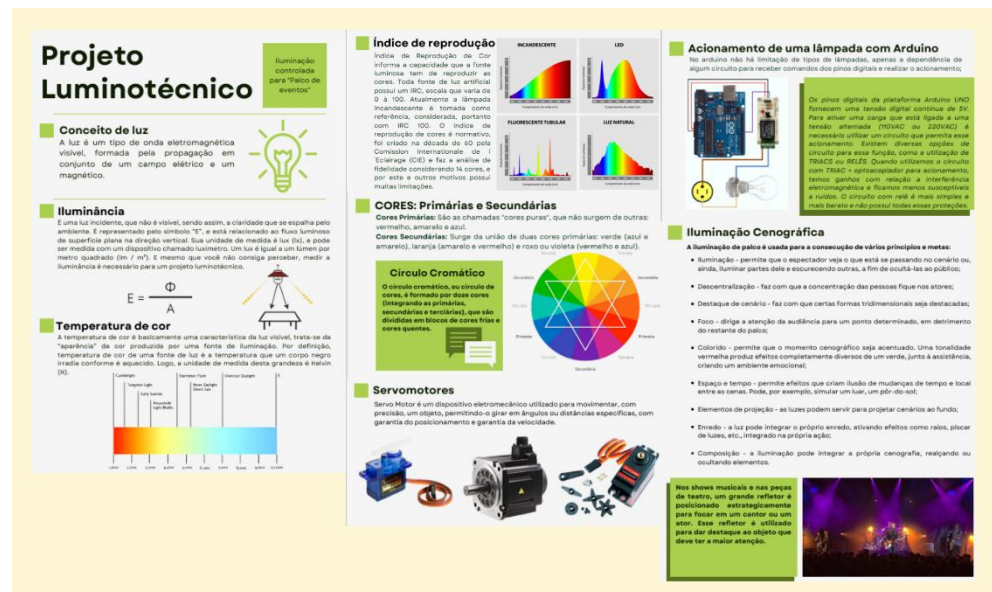
### COMPREENDENDO O FLORESCEM DA INTEGRAÇÃO STEM

A análise dos dados foi realizada em três etapas. Na primeira delas, foram discutidos os conceitos levantados nos painéis conceituais com a ajuda do NVivo. Em seguida, as rubricas foram elaboradas para que um panorama geral da turma viesse a indicar a forma como os conceitos foram mobilizados durante o percurso da intervenção. Por fim, a entrevista de grupo focal averiguou como os estudantes relataram suas impressões sobre a aplicação dos conceitos em STEM.

## Lançando olhares sobre os conceitos oriundos dos painéis

A construção dos painéis foi realizada ainda entre as primeiras atividades de projeto, com o intuito de fornecer base conceitual para a mediação e escolha das soluções. Apesar do foco mais alargado para questões científicas, os quadros abrangeram as outras áreas do STEM, estando um desses disponível na Figura 5. A tarefa consistiu em pesquisar conceitos luminotécnicos, grandezas luminosas e classificação das cores, compondo a parte relativa às ciências, enquanto que temas ligados a iluminação cênica e o microcontrolador Arduino escolhidos para a parcela tecnológica

Figura 5 – Exemplo de painel conceitual elaborado pelos alunos.



Fonte: Autor (2024).

Referente a matemática, houve a busca por indicações de equações, relações entre grandezas e unidades de medidas, ficando a cargo da engenharia apenas as noções sobre os servomotores, haja vista essa área compor o STEM como a integradora, ou seja, estar mais relacionada com a dinâmica das ações. Ao todo, 111 referências foram apontadas, sendo o código Ciências o mais indicado com 47 marcações, enquanto que a Tecnologia retornou 23 menções, a Engenharia 11 referências e a Matemática com apenas 8 indicações.

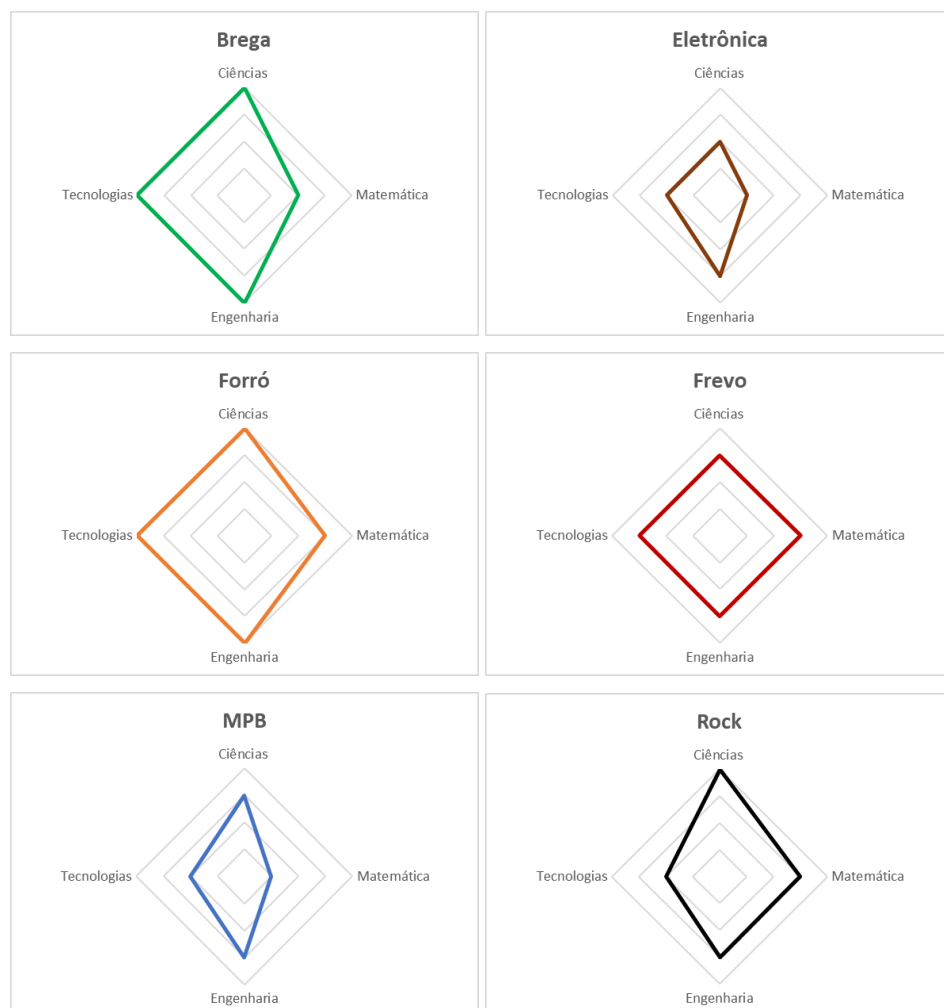
Nos estudos de Ozkizilcik e Cebesoy (2023), professores de ciências em formação relataram melhora na compreensão dos conteúdos científicos, ao vivenciarem um curso sobre o STEM implementado por meio do EDP, o que corrobora com as aspirações da investigação em tela. Ainda sobre os painéis conceituais, verificou-se baixa mobilização de conteúdos ligados a matemática, fato que exigiu melhor comprovação em outros instrumentos de coleta de dados.

## Visão sistemática do processo por meio das rubricas

As marcas obtidas pelos grupos podem ser vistas nos gráficos abaixo. Os grupos Brega e Forró obtiveram gradações parecidas, com pequena diferenciação para a matemática. As equipes que desenvolveram os palcos para a música eletrônica e a MPB obtiveram as piores marcas, enquanto que a equipe Frevo

manteve mobilização regular entre as áreas, sendo o grupo Rock aquele que enfrentou mais dificuldades para a escolha da tecnologia adotada.

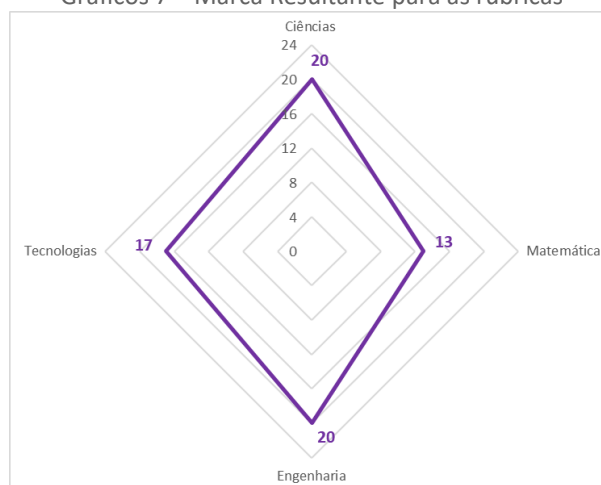
Gráficos 1 a 6 – Resultado das rubricas para cada um dos grupos.



Fonte: Autor (2024).

Nos gráficos apresentados é possível constatar que, para a intervenção em estudo, a parte mais sensível da integração entre as áreas STEM é relativa a verificação dos conteúdos em matemática enquanto conhecimento significativo para a elaboração dos produtos. O Gráfico 7 ilustra as marcas gerais para cada um dos campos, reiterando a percepção descrita, onde as ciências e a engenharia aparecem com marcas mais alargadas, sem que haja distanciamento considerável para a tecnologia.

Gráficos 7 – Marca Resultante para as rubricas



Fonte: Autor (2024).

Pareando as marcas com a estratificação disponível nas rubricas é possível realizar um panorama geral da turma em relação as quatro áreas do STEM. Para as ciências, a resultante indica que a teoria guiou e foi mobilizada durante todo o percurso do projeto, havendo a elaboração de solução tecnológica autêntica e em atendimento aos requisitos do projeto. Em relação a engenharia, verificaram-se incrementos nas proposições, como também houve pontualidade na entrega dos produtos. Já para a matemática, a marca obtida indica que as grandezas foram estimadas com base em experiências passadas.

No momento de planejamento e elaboração das rubricas, estipulou-se que a matemática poderia vir a ser mobilizada na ocasião do dimensionamento dos componentes de circuitos elétricos, onde as equações emergiriam da teoria. Contudo, a estratificação concebeu como possibilidade os alunos usarem de artifícios para obter essas definições, testando as grandezas no simulador sem que houvesse a admissão do parâmetro formal.

Just e Siller (2022) observaram que, uma vez o STEM implementado no ensino básico, 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. Para a intervenção aplicada, estimou-se justamente a segunda opção, cabendo uma reflexão mais aprofundada para esta situação em oportunidades futuras.

As dificuldades em incutir a matemática no design de uma experiência em STEM foi considerada difícil por Seebut et al. (2023), ao considerar a natureza de parcela abstrata, requerendo uma compreensão aguçada dos problemas e das possibilidades para que esta venha a contribuir com a resolução de questões do mundo real. Estas evidencias foram verificadas para o estudo em questão.

### Codificando a entrevista de grupo focal

Para a coleta de relatos estudantis sobre as particularidades da investigação, foram proferidas oito perguntas, sendo duas delas relativas aos conteúdos STEM, e as outras entremeando aspectos sobre a aprendizagem baseada em projetos e as contribuições da abordagem para o ensino da engenharia. Os alunos estão

identificados pelas siglas A1, A2, A3 e A4. Mesmo com o direcionamento das indagações, os estudantes tocaram nos assuntos referentes aos conteúdos STEM durante toda a entrevista, cujas referências serão admitidas para este estudo.

A primeira pergunta da entrevista tentou capturar impressões sobre os conhecimentos em **ciências e tecnologias**, tendo como transcrição enunciada:

*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, atribuindo aos conhecimentos em ciências um caráter menos funcional e mais estético. Ao enfatizar a componente tecnológica, relataram as contribuições da atividade que simulou a montagem dos circuitos e a programação para a aplicação desejada. Essas impressões estão descritas no relato abaixo:

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 Tinkercad 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)

Houveram relatos que dialogaram 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)

Contribui 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)

Essa apreensão preliminar de conteúdos recebeu indicações positivas, o que corrobora com a estruturação da EDP e suas fases de pesquisa e compreensão do problema de projeto. Segundo a Accreditation Board For Engineering And Technology (ABET), a estratégia adotada “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).

Constatar a mobilização da **matemática** durante a execução das tarefas foi a temática exclusiva para a segunda pergunta da entrevista:

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

As respostas para essa indagação trouxeram os elementos finais para a identificação das fragilidades de integração da matemática na dinâmica proposta. Em nenhum momento houve qualquer evidência que indicasse a realização de cálculos ou relações entre grandezas para a escolha 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, sendo esta última a justificativa apresentada pelo aluno 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 e realmente a parte elétrica eu não lembro. Ele fez num único dia, sozinho. (A4)

O estudante A3 relatou sua experiência para o dimensionamento dos circuitos, mas descrevendo-a em termos conceituais, sem que houvesse equacionamento ou memória de cálculos para tal, conforme trecho transcrito a seguir:

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, consequentemente, a gente se adaptou mais em trazer uma eficiência bem mais rápida, com o Arduino alimentando ficaria bem mais fácil.

A **engenharia**, área central do STEM, foi 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. Como se trata do elemento integrador, dispensou-se uma pergunta alusiva a temática, mas contaram com diversas menções durante os depoimentos.

Para melhor entendimento, as respostas foram agrupadas em temas, que versam sobre a relevância do planejamento das atividades, as etapas que constituem a sequência da intervenção e impressões sobre as contribuições de determinadas atividades realizadas. Ao abordar os benefícios do plano, A3 rememora que “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 ...”.

Sobre o ordenamento das etapas propostas, os argumentos a indicam como promotora de um fluxo de tarefas que se complementam até a entrega final, impressão que pode ser vislumbrada no trecho abaixo:

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 (A4)

A compreensão de como cada uma das atividades contribuiu para a elaboração dos produtos ocorreu por meio de relatos onde se levantaram as

peculiaridades para a realização da tarefa, dotando a experiência de seriedade equivalente ao cotidiano profissional, o que se aproxima dos pilares da ABProj. A explanação pode ser visualizada na comunicação a seguir:

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)

Mesmo com as sensibilidades encontradas para a incorporação da matemática como ente constituinte da intervenção, há indícios de que houve uma integração mínima entre as áreas STEM. Corroborando com apontamentos anteriormente discutidos, Stohlmann, Roehrig e Moore (2014) orientam que a integração STEM ocorre mesmo em ocasiões onde nem todas as quatro áreas estejam contempladas, validando a iniciativa.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

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 da ABProj e que se confirmou durante todo o percurso da sequência de atividades.

Lançar luz sobre cada uma das áreas do STEM permitiu que fossem 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 a ABProj enquanto agente dinamizador das áreas do STEM, confirmando satisfatoriamente a proposição.

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 da ABProj, este trabalho oferece um olhar a partir de perfil mais aplicado, onde as atividades práticas são amparadas pelos conceitos.

# Teaching in Engineering: Project-Based Learning articulated by integration between STEM areas.

## ABSTRACT

Industry 4.0 has brought social and economic changes, impacting engineering education according to the guidelines of the current National Curricular Guidelines. One of the teaching strategies that focuses the process on the student and has as its dynamic the development of solutions to real problems is Project-Based Learning (ABProj). The objective of this study was to understand the mobilization of knowledge in the STEM areas (acronym for educational integration between Science, Technology, Engineering and Mathematics), as a driver of ABProj, in the course of an intervention implemented in a discipline of the Electronic Engineering course. The research, of a qualitative, exploratory nature and developed according to the dictates of Case Studies, used as data collection instruments a concept panel, rubrics and focus group interview. The conclusions indicated that there was some integration between the areas, presenting weaknesses for immersion in mathematics content.

**KEYWORDS:** STEM, project-based learning, Engineering Design Process, Nvivo.

## NOTAS

<sup>1</sup> Relativo à capacidade e ao desejo dos indivíduos ou organizações de adotar, adaptar e utilizar novas tecnologias de maneira eficaz.

<sup>2</sup> Site gratuito que simula um laboratório de circuitos elétricos em bancada. Endereço: [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com)

## 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](https://www.abet.org/wp-content/uploads/2023/03/23-24-EAC-Criteria_FINAL2.pdf). Acesso em: 04 mar. 2024.

AMES, Valesca Daiana Both. As possibilidades de uso do software de análise qualitativa NVIVO. **Sociologias Plurais**, v. 1, n. 2, 2013. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/scplpr/article/viewFile/64766/37693>. Acesso em: 20 ago. 2024

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. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.21465#>. Acesso em: 20 ago. 2024

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.

CETIN, Mustafa; DEMIRCAN, Hasibe Özlen. Empowering technology and engineering for STEM education through programming robots: a systematic literature review. **Early Child Development and Care**, v. 190, n. 9, p. 1323–1335, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03004430.2018.1534844> . Acesso em: 20 ago. 2024.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 8ª ed. London: Routledge. 2018.

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. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/1781> . Acesso em: 20 ago. 2024.

ENGLISH, L. (2018). Engineering Education in Early Childhood: Reflections and Future Directions. In: English, L., Moore, T. (eds) **Early Engineering Learning**. **Early**

**Mathematics Learning and Development.** Springer, Singapore. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-8621-2\\_13](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-8621-2_13). Acesso em: 20 ago. 2024.

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. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-020-09823-x>. Acesso em: 20 ago. 2024.

GRAHAM, Ruth. **The global state of the art in engineering education.** Massachusetts Institute of Technology (MIT) Report, Massachusetts, USA, 2018. Disponível em: <https://rhgraham.org/resources/Global-state-of-the-art-in-engineering-education---March-2018.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.

HASANAH, U. Key definitions of STEM education: Literature review. **Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education**, v. 16, n. 3, e2217, 2020. Disponível em: <https://www.ijese.com/download/key-definitions-of-stem-education-literature-review-8336.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.

HALLSTRÖM, Jonas; ANKIEWICZ, Piet. Design as the basis for integrated STEM education: A philosophical framework. **Frontiers in Education**, v. 8, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2023.1078313/full>. Acesso em: 20 ago. 2024.

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. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/12/9/629>. Acesso em: 20 ago. 2024.

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.

KELLEY, Todd R.; KNOWLES, J. Geoff. A conceptual framework for integrated STEM education. **International Journal of STEM Education**, v. 3, nº 11, 2016. Disponível em: <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-016-0046-z>. Acesso em: 20 ago. 2024.

KOKOTSAKI, D.; MENZIES, V.; WIGGINS, A. Project-based learning: A review of the literature. **Improving Schools**, v. 19, n. 3, p. 267–277, 2016. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1365480216659733>. Acesso em: 20 ago. 2024.

KRAUSS, Jane; BOSS, Suzie. **Thinking Through Project-Based Learning: Guiding Deeper Inquiry.** Corwin Press, 2013.

LI, Yeping; WANG, Ke; XIAO, Yu; FROYD, Jeffrey. Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. **International Journal of**

**STEM Education**, v. 7, n. 11, 2020. Disponível em:  
<https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-020-00207-6> . Acesso em: 20 ago. 2024.

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. Disponível em:  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1835/1/012051> . Acesso em: 20 ago. 2024 .

MARRERO, Meghan E.; GUNNING, Amanda; GERMAIN-WILLIAMS, Terri. What is STEM education? **Global Education Review**, v. 1, n. 4, p. 1-6, 2014. Disponível em: <https://doaj.org/article/bee9199c147b4ef198dd1d31ff33b259>. Acesso em: 20 ago. 2024.

MARTÍN-PÁEZ, T.; AGUILERA, D.; PERALES-PALACIOS, F. J.; VÍLCHEZ-GONZÁLEZ, J. M. What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. **Science Education**, v. 103, n. 4, p. 799-822, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.21522>. Acesso em: 20 ago. 2024.

MATTAR, João; RAMOS, Daniela K. **Metodologia da pesquisa em educação: Abordagens Qualitativas, Quantitativas e Mistas**. São Paulo: Grupo Almedina, 2021.

OLIVEIRA, Sandra. Modos de ser estudante e as pedagogias ativas: autonomia e aprendizagem na experiência do indivíduo livre. In: DEBALD, Blasius. **Metodologias ativas no ensino superior: o protagonismo do aluno**. (Desafios da educação). Porto Alegre: Penso, 2020.

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. Disponível em: A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education. Acesso em: 20 ago. 2024.

OZKIZILCIK, Merve; CEBESÖY, Umran Betül. 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. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-023-09837-7>. Acesso em: 20 ago. 2024.

PAPAGIANNOPOULOU, T.; VAIIOPOULOU, J.; STAMOVLASIS, D. Teachers’ Readiness to Implement STEM Education: Psychometric Properties of TRi-STEM Scale and Measurement Invariance across Individual Characteristics of Greek In-Service Teachers. **Education Science**, v. 13, n. 299, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/13/3/299>. Acesso em: 20 ago. 2024.

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.

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. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-017-9828-0>. Acesso em: 20 ago. 2024.

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, n. 5, 2023. Disponível em: <https://www.ejmste.com/download/using-packaging-material-problems-to-promote-student-awareness-about-the-role-of-mathematics-in-stem-13156.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.

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. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8658981>. Acesso em: 20 ago. 2024.

STROUD, Adam; BAINES, Lawrence. Inquiry, Investigative Processes, Art, and Writing in STEAM. In: **STEAM Education -Theory and Practice**. Springer Nature Switzerland, 2019. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-04003-1\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-04003-1_1). Acesso em: 20 ago. 2024.

Wan, Z.H., So, W.M.W. & Zhan, Y. Developing and Validating a Scale of STEM Project-Based Learning Experience. **Research in Science Education**, v. 52, p. 599–615, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11165-020-09965-3>. Acesso em: 20 ago. 2024.

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. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742->

6596/1317/1/012208. Acesso em: 20 ago. 2024.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

**Recebido:** 15/04/2025

**Aprovado:** 27/03/2025

**DOI:** 10.3895/rts.v21n63.19004

**Como citar:**

CIRILO, Rodrigo Paiva; SILVA, Ivoneide Mendes; LEÃO, Marcelo Brito Carneiro. Ensinando em engenharia: a aprendizagem baseada em projetos dinamizada pela integração entre as áreas STEM.

**Rev. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 21, n. 63, p. 142 - 164, jan./mar., 2025. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/19004>

Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

