

Universidade Federal do Pará



José Benício da Cruz Costa

UMA PROPOSTA DE ESTRUTURA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA PARA AS ENGENHARIAS

TESE DE DOUTORADO

Instituto de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Tese orientada pelo Professor Dr. Renato Martins das Neves

Belém – Pará – Brasil

2025



ATA DA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO

ATA da 56ª Sessão de Defesa de Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, sendo candidato o **Engenheiro Civil José Benício da Cruz Costa**. A Banca Examinadora aprovada pela Coordenação do Curso de Mestrado e Doutorado em Engenharia Civil foi composta pelo: **Prof. Dr. Renato Martins das Neves** (orientador), **Prof. Dr. Luis Augusto Conte Mendes Veloso** (membro externo), **Prof. Dr. Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira** (membro externo), **Prof. Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues** (membro externo) e pelo **Prof. Dr. Alcebíades Negrão Macêdo** (membro interno). A tese intitulada **“Uma Proposta de Estrutura Didática de Ensino de Física para as Engenharias”** foi exposta em sessão pública realizada no dia 11/03/2025, às 15 horas, pela Plataforma Google Meet. A sessão foi aberta pelo Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil que, em breves palavras, descreveu o ritual da defesa, apresentou o Candidato e a Banca Examinadora e, em ato contínuo, passou a palavra para o Presidente da Sessão. Este chamou o Candidato para que, em 50 minutos, apresentasse o seu trabalho, findo o qual foi arguido oralmente pelos membros da Banca Examinadora. Finalmente, foi dado oportunidade aos presentes para apresentarem pergunta ao candidato. Ato contínuo, a Banca Examinadora, reunida em caráter sigiloso, deliberou pela **aprovação** da Tese, observada as sugestões de alterações, caso as mesmas existissem, recomendando a concessão do grau de **DOUTOR EM ENGENHARIA CIVIL** na área de concentração: Estruturas e Construção Civil, ao **Engenheiro Civil José Benício da Cruz Costa**. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada, sendo lavrada a presente Ata que, uma vez aprovada, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo candidato.

Belém, 11 de março de 2025.

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
RENATO MARTINS DAS NEVES
Data: 11/03/2025 15:47:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

PRESIDENTE:

Documento assinado digitalmente



ALEXANDRE GUIMARAES RODRIGUES
Data: 12/03/2025 08:12:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MEMBROS:

Documento assinado digitalmente



MAURICIO PIETROCOLA PINTO DE OLIVEIRA
Data: 12/03/2025 12:45:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente



LUIS AUGUSTO CONTE MENDES VELOSO
Data: 12/03/2025 17:42:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente



ALCEBIADES NEGRAO MACEDO
Data: 13/03/2025 11:31:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

CANDIDATO:



Documento assinado digitalmente
JOSE BENICIO DA CRUZ COSTA
Data: 12/03/2025 22:21:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C837p Costa, José Benicio da Cruz.
Uma proposta de estrutura didática para o ensino de física para
as engenharias / José Benicio da Cruz Costa. — 2025.
214 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Renato Martins das Neves
Coorientador(a): Prof. Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de
Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil,
Belém, 2025.

1. ensino de engenharia. 2. ensino de física. 3. DCNs. 4.
atualização metodológica. 5. DSR. I. Título.

CDD 620.0710981

Dedico esta tese à memória dos meus queridos pais e irmão, que partiram antes de verem os frutos dos investimentos que fizeram na minha educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me permitir, sendo um servo tão pequeno, alcançar um degrau tão significativo. A conclusão desta tese representa não apenas a realização de um sonho, mas também o reflexo do apoio, da orientação e da dedicação de muitas pessoas ao longo desta jornada. A todas elas, expresso minha mais profunda gratidão.

Ao Prof. Alexandre Guimarães Rodrigues, registro meu sincero agradecimento pelo incentivo constante, pela dedicação ao ensino e à pesquisa e pelo exemplo de excelência acadêmica, que tanto me inspirou.

Ao meu orientador, Prof. Renato Martins das Neves, sou imensamente grato pela orientação precisa, pela paciência e pelo compromisso inabalável com meu desenvolvimento acadêmico. Seu conhecimento e confiança no meu trabalho foram essenciais para a concretização desta pesquisa.

Minha gratidão também ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) pela formação de excelência, pelo ambiente acadêmico estimulante e pelas oportunidades que impulsionaram meu crescimento como pesquisador.

Aos professores do programa, que compartilharam seu conhecimento e contribuíram significativamente para minha trajetória, e aos técnicos e funcionários, cujo trabalho essencial assegura o bom funcionamento das atividades acadêmicas e administrativas, permitindo que cada etapa desta caminhada se concretizasse, o meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

COSTA, J. B. C. *Uma Proposta de Estrutura Didática para o Ensino de Física para as Engenharias*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará. Belém, 2025.

A evolução da ciência e das demandas da sociedade contemporânea exige engenheiros capacitados para encarar desafios cada vez mais complexos, o que torna a atualização do ensino de engenharia uma prioridade. Em resposta a essa demanda, as novas Diretrizes Curriculares Nacionais da Engenharia (DCNs) foram instituídas em 2019, destacando a física como disciplina essencial na formação dos engenheiros. Diante deste contexto, a metodologia Design Science Research (DSR) foi adotada nesta pesquisa para desenvolver um artefato educacional que atualize as práticas de ensino-aprendizagem em conformidade ao paradigma de formação por competências estabelecido pelas DCNs. Desta forma, este trabalho detalha a heurística global de desenvolvimento do artefato, bem como a implementação e a avaliação de sua atividade de ensino-aprendizagem mais complexa e com maior potencial de desenvolvimento de competências: o Projeto Integrador (PI). O artefato, concebido também como uma estrutura didática e como um produto educacional, materializa-se como o Curso LIDF de Física Básica, voltado à formação de engenheiros. A avaliação do produto seguiu duas abordagens: Analítica, que avaliou o alinhamento do artefato às DCNs; e Experimental, que analisou a adesão e a qualidade da participação discente no PI. Para isso, foram examinados os relatórios produzidos pelos estudantes da turma no qual a proposta foi implementada. A análise documental revelou fortes indícios de atuação competente por parte dos alunos, que apresentaram engajamento cognitivo de alto nível e produção técnica (relatórios e apresentações) de qualidade muito satisfatória. Os resultados indicam que o PI não apenas fortalece competências técnicas, mas também desenvolve habilidades essenciais para a prática profissional da engenharia. Além disso, a avaliação analítica confirmou que o artefato é exequível, tem alto potencial para desenvolver as principais competências listadas nas DCNs e incorpora metodologias inovadoras em relação à abordagem tradicional. Assim, conclui-se que essa estrutura didática constitui-se em um recurso estratégico diferenciado para a atualização do ensino de Física para as engenharias.

Palavras-chave: ensino de engenharia; ensino de física; DCNs; atualização metodológica; DSR.

ABSTRACT

COSTA, J. B. C. *A Proposal for a Didactic Structure for Teaching Physics for Engineering.* Doctoral Thesis. Graduate Program in Civil Engineering. Federal University of Pará. Belém, 2025.

The evolution of science and the demands of contemporary society necessitate highly skilled engineers capable of addressing increasingly complex challenges, thereby prioritizing the updating of engineering education. In response to this need, the new National Curriculum Guidelines for Engineering (DCNs) were established in 2019, highlighting physics as an essential discipline in engineering training. Given this context, the Design Science Research (DSR) methodology was adopted in this study to develop an educational artifact that updates teaching and learning practices in accordance with the competency-based education paradigm outlined by the DCNs. To this end, this work details the global development heuristic of the artifact, as well as the implementation and evaluation of its most complex teaching-learning activity with the highest potential for competency development: the Integrative Project (PI). The artifact, also conceived both as a didactic structure and a educational product, is materialized as the LIDF Basic Physics Course, designed for engineering education. The evaluation of the product followed two approaches: Analytical, which assessed the alignment of the artifact with the DCNs; and Experimental, which examined student engagement and the quality of participation in the PI. To this end, reports produced by students in the class where the proposal was implemented were analyzed. Documentary analysis revealed strong evidence of competent student performance, demonstrating a high level of cognitive engagement and technically solid deliverables (reports and presentations). The results indicate that the PI not only strengthens technical competencies but also develops essential skills for professional engineering practice. Furthermore, the analytical evaluation confirmed that the artifact is feasible, possesses high potential for developing the core competencies outlined in the DCNs, and incorporates innovative methodologies compared to the traditional approach. Consequently, it is concluded that this didactic structure serves as a distinctive strategic resource for updating the teaching of Physics in engineering education.

Keywords: engineering education; physics education; DCNs; methodological update; DSR.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico com o número de ingressantes, concluintes e retidos no brasil desde 2013.....	15
Figura 2 - Localização de Escolas de Engenharia que fizeram adesão ao CDIO.....	16
Figura 3 - Infográfico da estrutura da tese.....	20
Figura 4 - Representação do processo decisório de realização da RSL.....	27
Figura 5 - Estratégia utilizada na pesquisa.....	29
Figura 6 - Diagrama de fluxo PRISMA 2020 para novas revisões sistemáticas que incluíram pesquisas apenas em bases de dados e registros.....	32
Figura 7 - Ferramenta de visualização das ocorrências de propostas consideradas inovadoras.....	44
Figura 08: Infográfico que ilustra as etapas da MB. Retirado de[15].....	57
Figura 09: Fluxograma explicitando a concepção da Tríade Estruturante na heurística de desenvolvimento do artefato (explícita no balão na cor azul).....	63
Figura 10. Conjunto de Pontes de Palito construídas pelas equipes.....	66
Figura 11. Modelo computacional desenvolvido por uma das equipes.....	67
Figura 12. Equipe de alunos realizando ensaio destrutivo.....	68
Figura 13. Ilustração do fluxo de desenvolvimento da pesquisa.....	69
Figura 14 - Fluxo de desenvolvimento do artefato - adaptado de [9, p. 125].....	70
Figura 15: Relação entre RF.5 e outros elementos da tríade estruturante.....	75
Figura 16 - Esquema do fluxo do sinal do DAQ-LIDF.....	89
Figura 17 - Fotografia do DAQ-LIDF completo.....	89
Figura 18 - Layout da placa de circuito impresso desenvolvida e utilizada no DAQ-LIDF.....	90
Figura 19 - Placa de circuito impresso com a representação dos componentes eletrônicos.....	90
Figura 20 - Diagrama de blocos da aplicação de uma célula de carga com HX711.....	91
Figura 21 - Ilustração do HX711 com conexão em um extensômetro.....	91
Figura 22 -Imagem do potenciômetro de régua KTR, utilizado como sensor de deslocamento.....	92
Figura 23 - Imagem da célula de carga utilizada como sensor de força no DAQ-LIDF.....	92
Figura 24 - Imagem do sensor DS18B20.....	93
Figura 25 - Imagem da tela de calibração do DAQ-LIDF.....	95
Figura 26 - Tela de leitura e calibração de sensores.....	96
Figura 27 - Destaque nos campos de configuração de wi-fi.....	96
Figura 28 - Campos para preenchimento no processo de calibração do sensor de peso.....	97
Figura 29 - Tela de confirmação de configurações salvas.....	97
Figura 30 - Imagem da tela de resposta dos resultados.....	98
Figura 31 - Ensaio de comparação do sensor de temperatura do DAQ-LIDF.....	99
Figura 32 - Representação gráfica da diferença entre valores esperados e medidos.....	100
Figura 33 - Atividades do ciclo didático relacionados com cada nível cognitivo de Bloom.....	109
Figura 34 - Representação do esquema de atuação do aluno no Projeto Integrador.....	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Aplicação da estratégia PICOT para elaboração da pergunta de pesquisa.....	28
Quadro 2 - Repositórios, endereços eletrônicos e filtros utilizados.....	31
Quadro 3 - Artigos selecionados com origem no Revista Brasileira de Educação em Engenharia e suas características.....	34
Quadro 4 - Artigos selecionados do Repositório Scielo Brasil e suas características.....	36
Quadro 5 - Análise dos livros publicados pela ABENGE e suas características.....	37
Quadro 6 - Trabalhos com origem nos anais do COBENGE e suas características.....	38
Quadro 7 - Ferramenta de visualização das ocorrências de propostas consideradas inovadoras.....	43
Quadro 08: Quadro de apresentação dos recursos de ensino - aprendizagem.....	63
Quadro 09: Questionamentos estruturantes componente da heurística de desenvolvimento.....	64
Quadro 10: requisitos fundamentais de design do artefato.....	65
Quadro 11: Objetivos formativos de design do artefato.....	65
Quadro 12. Apresentação das ferramentas disponibilizadas aos alunos.....	67
Quadro 13: Argumentação de adequação do Projeto Integrador às competências listadas na DCN.	75
Quadro 14: indicadores de desempenho utilizados na análise das entregas do PI.....	77
Quadro 15: extrato do desempenho das equipes quando analisadas as entregas do PI.....	78
Quadro 16 - Avaliação do Dispositivo de Aquisição de Dados DAQ-LIDF.....	102
Quadro 17 - Desafio Mão na Massa sobre a segunda Lei de Newton.....	111
Quadro 18 - Perguntas instigantes presentes no roteiro da atividade Mão na Massa.....	112
Quadro 19 - Perguntas instigantes presentes no roteiro da atividade.....	112
Quadro 20 - Comportamentos observados durante a aplicação da atividade.....	113
Quadro 21- Porcentagem de alunos apresentando os comportamentos descritos anteriormente durante os ciclos 2, 3 e 4 e média dos dados de cada observação.....	113
Quadro 22 - Disciplinas que se interrelacionam na aplicação do Projeto Integrador.....	120
Quadro 23 - Competências transversais potencializadas pelo Projeto Integrador.....	122
Quadro 24 - Conjunto de marcos de entregas do Projeto Integrador.....	122
Quadro 25 - Critérios de avaliação do Projeto Integrador.....	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Seleção de estudos nos fóruns da ABENGE.....	30
Tabela 2 - Seleção de estudos no banco de dados da Scielo Brasil.....	30
Tabela 3 - Lista com materiais utilizados para construção do DAQ, preço, quantidade de componentes e custo total em fevereiro. 2023.....	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABENGE	Associação Brasileira de Educação em Engenharia
ABPj	Aprendizagem Baseada em projetos
AMM	Atividade Mão na Massa
AMTA	American Modeling Teachers Association
CDIO	CDIO Initiative (Conceive – Design — Implement — Operate)
COBENGE	Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia
DAQ	Data Acquisition System
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia
DSR	Design Science Researches
FEM	Faculdade de Engenharia Mecânica
FTOOL	Two-dimensional Frame Analysis Tool
IM	Instrução por Modelagem
ITEC	Instituto de Tecnologia
LABDID	Laboratório Didático da Faculdade de Eng. Civil da UFPA
LIDF	Laboratório de Inovação Didática em Física
MEC	Ministério da Educação
MB	Modelagem Bifocal
OF	Objetivos Formativos
OSF	Open Science Framework
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PI	Projeto Integrador
PICOT	Acrônimo para Paciente, Intervenção, Comparação e Desfecho
PPCs	Projeto Pedagógico de Curso
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
QE	Questões Estruturantes
QUALIS	Sistema de classificação que avalia qualidade das publicações científicas brasileiras.
RF	Requisitos Fundamentais
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
SAMPE	The Society for the Advancement of Material and Process Engineering
TLTL	Transformative Learning Technologies
UFPA	Universidade Federal do Pará

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA E JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 QUESTÃO DE PESQUISA.....	19
1.3 OBJETIVOS.....	19
Objetivo Geral.....	19
Objetivos Específicos.....	19
1.4 ESTRUTURA DA TESE.....	20
Infográfico.....	21
Texto Integrador.....	22
2 ARTIGOS DA TESE.....	24
2.1 Artigo 1: AÇÕES DE ATUALIZAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA BÁSICA PARA ENGENHARIAS NO BRASIL: Uma Revisão Sistemática.....	25
I. Justificativa da RSL.....	26
II. Objetivos da RSL.....	27
III. Método.....	28
IV. Resultados.....	32
V. Resultados das Sínteses.....	42
VI. Discussões.....	45
VII. Limitações da Pesquisa.....	47
2.2 Artigo 2: UMA PROPOSTA DE UMA ESTRUTURA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA PARA AS ENGENHARIAS: análise do componente Projeto Integrador.....	55
I. Introdução/Justificativa.....	55
II. Referencial teórico do artefato.....	57
III. Apresentação do artefato desenvolvido.....	58
III.1 Apresentação dos componentes do artefato em termos descritivos.....	59
III.2 Apresentação do artefato em termos imperativos.....	63
III.3 - O Projeto Integrador: principal elemento do artefato.....	65
Primeira etapa: engajamento.....	66
Segunda etapa: construção do modelo físico.....	67
Terceira etapa: construção do modelo computacional.....	67
Quarta etapa: ensaio destrutivo.....	68
Quinta etapa: apresentação pública da pesquisa.....	69
IV. Método.....	69
IV.1 DSR: método de desenvolvimento do artefato.....	70
IV.2 Metodologia de avaliação do artefato.....	71
V. Resultados:.....	73
V.1 Avaliação Analítica:.....	73

V.2 Avaliação Experimental com foco no Projeto Integrador.....	76
V.2.1 Grau de adesão às etapas do PI.....	76
V.2.2 Qualidade da participação dos alunos na realização do PI.....	77
VI. Conclusões.....	79
VII. Considerações finais.....	81
Referências bibliográficas.....	82
3 AMPLIAÇÃO DOS RECURSOS DO ARTEFATO.....	84
3.1 Artigo 3 - Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados de medidas físicas de baixo custo para uso didático voltado para a engenharia civil.....	85
I. Introdução.....	86
II. Materiais e Métodos.....	88
III. Resultados.....	98
IV. Resultados e Discussão.....	102
3.2 Artigo 4 - Atividades mão na massa: um método de sala de aula invertida para o ensino de física na Universidade Federal do Pará.....	106
I Introdução.....	106
II Referencial Teórico.....	107
III Metodologia.....	109
IV Resultados.....	112
V Considerações Finais.....	113
3.3 Guia do Projeto Integrador.....	114
I. INTRODUÇÃO.....	114
II. OBJETIVOS.....	115
III. METODOLOGIA.....	116
IV. PARTICIPANTES.....	117
V. COMPETÊNCIAS.....	119
VI. CRONOGRAMA.....	121
VII. AVALIAÇÃO.....	122
VIII. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES.....	123
4 CONCLUSÕES GERAIS.....	124
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
6. REFERÊNCIAS.....	131
ANEXO A - PROTOCOLO DE REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.....	133
ANEXO B - ARTIGO 4º DAS DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS.....	136
APÊNDICE A- RECURSOS DO ARTEFATO.....	139
A.1 RECURSOS REFERENTES AO PROJETO INTEGRADOR.....	139
A.1.1 GUIA SINTÉTICO DO PROJETO INTEGRADOR.....	140
A.1.2 MODELO DE RELATÓRIO DO PI.....	142
A.1.3 ORIENTAÇÕES PARA A CONSTRUÇÃO DO DIÁRIO DE BORDO.....	152
A.1.4 - FICHA DE ORIENTAÇÃO PARA APRESENTAÇÃO DO PI.....	155

A.1.5 RUBRICA AVALIATIVA DA APRESENTAÇÃO.....	156
A.1.6 TUTORIAL MATHCAD.....	160
A.2 RECURSOS REFERENTES À ATIVIDADE MÃO NA MASSA.....	184
A.2.1 EXEMPLO 1: MÁQUINA DE ATWOOD.....	185
A.2.3 INSTRUÇÕES PARA RELATÓRIO DE AMM.....	187
A.2.4 MODELO DE RELATÓRIO DA AMM.....	189
A.3 O QUE ESTÁ EM JOGO.....	196
A.4 OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM.....	198
A.5 LISTA CONCEITUAL.....	201
A.6 TESTE DE LEITURA.....	202
A.7 RECURSO DE RESOLUÇÃO DIALOGADA DE LISTA.....	203
A.8 AVALIAÇÃO ESCRITA INDIVIDUAL.....	205
A.9 ORIENTAÇÕES PARA EXECUÇÃO DO PORTFÓLIO.....	206

1. INTRODUÇÃO

Esta seção apresenta os argumentos que justificam a realização deste estudo, evidenciando a importância do ensino de Física na formação do engenheiro e as lacunas existentes nessa área que motivaram o desenvolvimento de uma solução inovadora por meio da metodologia Design Science Research (DSR). Além disso, formaliza a pergunta de pesquisa e os objetivos a serem alcançados com esta tese.

1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA E JUSTIFICATIVA

Em um mundo cada vez mais complexo e interconectado, a engenharia desempenha um papel fundamental na busca por soluções inovadoras para os desafios da sociedade. Uma reflexão sobre o caráter auto evidente desta afirmação traz à tona um questionamento: a forma como a engenharia é ensinada e aprendida tem acompanhado a velocidade das transformações sociais e tecnológicas do século XXI? A necessidade de atualização constante dos cursos de engenharia torna-se cada vez mais evidente, sendo esta impulsionada por diversos fatores. Devido ao papel central da Física na formação dos engenheiros é fundamental atualizar as metodologias de ensino dessa disciplina a fim de garantir a formação de profissionais mais qualificados e adaptados às demandas contemporâneas da sociedade.

Sendo pilar fundamental para a formação do engenheiro, a física básica deveria ser um fator motivador para a permanência dos graduandos dos cursos de engenharia. No entanto, estudos como os de Souza (2016); Garcia, Gomes (2022); Sousa; Junior; Reis (2024) indicam que, frequentemente, o ensino dessa disciplina contribui para a evasão. A concentração das reprovações nos semestres iniciais, ainda no ciclo básico dos cursos de graduação, e a consequente desmotivação dos estudantes sugerem que os métodos de ensino empregados não estão sendo eficazes em demonstrar a relevância da Física para a prática da engenharia. A falta de conexão entre a teoria e a aplicação prática, aliada a uma abordagem pouco atrativa, pode levar os estudantes a questionar a importância da disciplina para sua formação profissional e, consequentemente, a abandonar o curso.

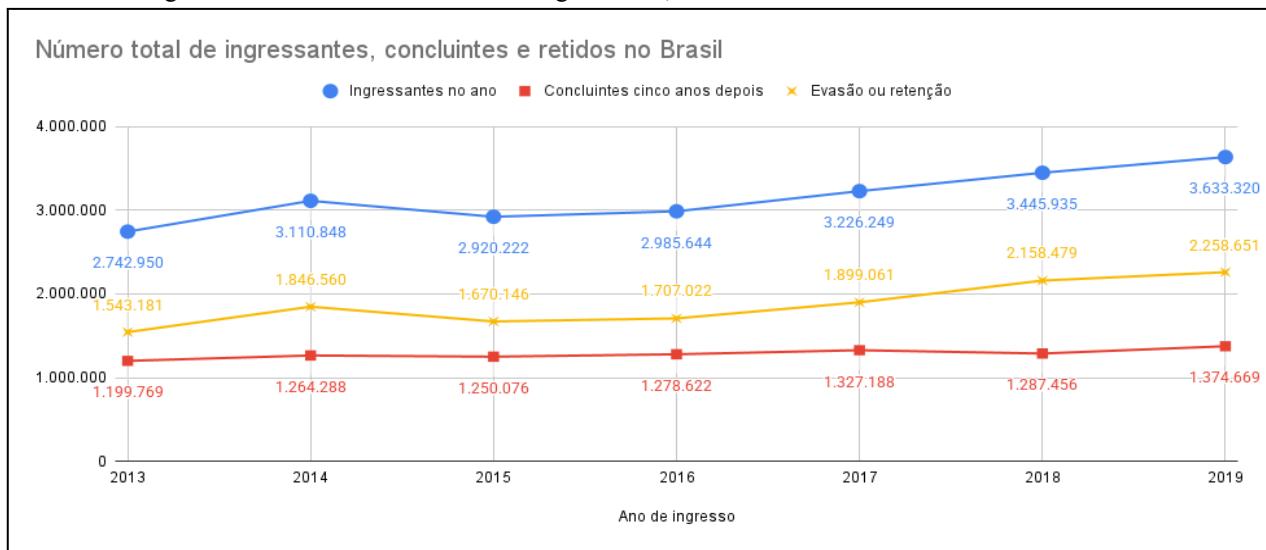
Uma pesquisa baseada em dados fornecidos pela Pró-Reitoria de Graduação da Universidade Federal do Pará (PROEG-UFPA) indicou que o desempenho dos estudantes nas disciplinas de Física Básica no Instituto de Tecnologia (ITEC-UFPA) apresenta um cenário preocupante.

A análise de 5.210 matrículas, registradas entre os anos de 2021 e 2024, apontou uma taxa de insucesso acadêmico próxima a 50%. Esse índice elevado de retenção evidencia limitações no atual no processo de ensino-aprendizagem da física que podem impactar a formação profissional dos engenheiros graduados pela instituição.

A situação identificada não é particular da UFPA. No país como um todo, a retenção em disciplinas como Física Básica e a evasão nos cursos de engenharia representam um desafio significativo para profissionais e para as instituições envolvidas com a formação do engenheiro. Dados do Censo da Educação Superior evidenciam a necessidade de ações urgentes para reverter esse cenário.

O gráfico na Figura 1 apresenta, em azul, o número de ingressantes nos cursos de engenharia no Brasil, e, em vermelho, o número de concluintes cinco anos depois. A diferença entre os dois dados é destacada em amarelo (INEP, 2025). Em particular, a discrepância entre o número de ingressantes em 2019 e o de concluintes em 2023, que resultou em uma taxa de conclusão de apenas 37,84%, torna possível inferir falhas nos processos formativos que dificultam a conclusão dos cursos por uma parcela significativa dos estudantes. Desta forma, torna-se pertinente investigar as causas deste problema e buscar formas para implementar medidas com finalidade de melhorar a qualidade da graduação via atualização das propostas e das práticas de ensino-aprendizagem nas salas de aula dos cursos de engenharia.

Figura 1 - Gráfico com o número de ingressantes, concluintes e retidos no brasil desde 2013



Fonte: (INEP 2025)

Internacionalmente, numerosas iniciativas têm se empenhado em promover essa atualização.

Uma delas é o *Washington Accord*, constituído em 1989, o qual estabelece critérios para a acreditação de programas de engenharia em nível de graduação que visam garantir a qualidade da formação dos engenheiros em vários países¹.

Outra proposta nessa linha é a *CDIO INITIATIVE*, a qual é definida como "...uma estrutura educacional inovadora para produzir a próxima geração de engenheiros." (CDIO, 2025). Essa iniciativa conta no mundo com a adesão de mais de 190 escolas de engenharia (ver figura 2), das quais 10 são brasileiras. Entre essas, sobressai o trabalho realizado na Universidade de São Paulo, Campus de Lorena, que tem se dedicado à transformação metodológica e à reestruturação de seus espaços físicos, promovendo ambientes de aprendizagem mais dinâmicos e colaborativos (Pereira, 2018).

Além da atualização dos espaços físicos, muitas instituições têm se dedicado à revisão dos projetos pedagógicos dos cursos de engenharia, incorporando novas metodologias de ensino e aprendizado, tais como a utilização de ferramentas digitais e o uso da aprendizagem baseada em projetos de forma mais sistemática.

¹ Vale ressaltar que uma instituição paraense, o CESUPA, é credenciada ao programa CDIO.

Figura 2 - Localização de Escolas de Engenharia que fizeram adesão ao CDIO



Fonte: CDIO (2025)

No Brasil, a principal iniciativa para atualizar os cursos de engenharia foi a criação das novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs). Estabelecidas em 2019 pelo Ministério da Educação (MEC), essas diretrizes definem princípios, objetivos e competências gerais que devem ser incorporados aos Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPCs) de Engenharia.

Apesar da reconhecida importância de promover uma formação sólida em física, os desafios decorrentes da falta de atualização metodológica e das necessidades relacionadas à implementação das novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) ainda carecem de atenção na literatura brasileira. Não se identificam publicações que ofereçam caminhos concretos para apoiar os professores da área de física na execução de seu trabalho docente com vistas a incorporar as atualizações pedagógicas e metodológicas apontadas por essa normativa federal (Costa *et al.*, 2024).

Dessa forma, identificou-se a necessidade de realizar uma pesquisa voltada para o desenvolvimento e para a avaliação de uma estrutura didática que, ao ser aplicada em turmas de engenharia, seja capaz de promover a atualização de natureza didática, pedagógica e metodológica, alinhada às DCNs, sobretudo no que tange ao paradigma de formação por competências.

A aprendizagem por competência, que subjaz as orientações metodológicas contidas nas DCNs, é colocada explicitamente em documentos oficiais como o Relatório Síntese da Implementação das DCNs (Oliveira, 2020) e no documento de apoio à implantação das DCNs do curso de graduação em engenharia (CNI, 2020). Autores referenciados nesses documentos definem competência como intervenção eficaz nos diferentes âmbitos da vida, mediante ações nas quais se mobilizam, ao mesmo tempo e de maneira inter-relacionada, componentes atitudinais, procedimentais e conceituais (Zabala; Arnau, 2015). Em outras palavras, uma competência é entendida como um “saber-agir”, ou seja, uma capacidade de mobilizar saberes, sejam esses o “saber-fazer”, o “saber-ser” ou mesmo outros recursos” (Perrenoud, 2010)

Para alcançar esse objetivo, foi adotada nesta pesquisa de doutoramento a metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) conhecida como Design Science Research (DSR) (Dresch; Lacerda; Antunes, 2015). Como resultado desse estudo foi desenvolvido um artefato denominado *Curso LIDF de Física Básica*. Seguindo o protocolo requerido pela metodologia DSR, o artefato foi avaliado com o objetivo de responder à questão de pesquisa apresentada na próxima seção (Costa; Rodrigues; Neves, 2025).

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

O Curso LIDF de Física Básica para as engenharias é uma estrutura didática adequada para promover atualização de práticas de ensino-aprendizagem e avaliativas alinhadas ao desenvolvimento das competências previstas nas DCNs?

1.3 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Desenvolver, aplicar e avaliar o artefato *Curso LIDF de Física Básica* voltado para os cursos de Engenharia, de modo a atender às demandas de atualização didática e de desenvolvimento de competências estabelecidas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs).

Objetivos Específicos

1. Desenvolver uma pesquisa de Revisão Sistemática de Literatura a fim de identificar:

Quais as características gerais das propostas metodológicas inovadoras de ensino de física básica para engenharias que foram publicadas nos principais fóruns brasileiros de pesquisa em ensino de física e de engenharias depois da publicação das novas DCNs?

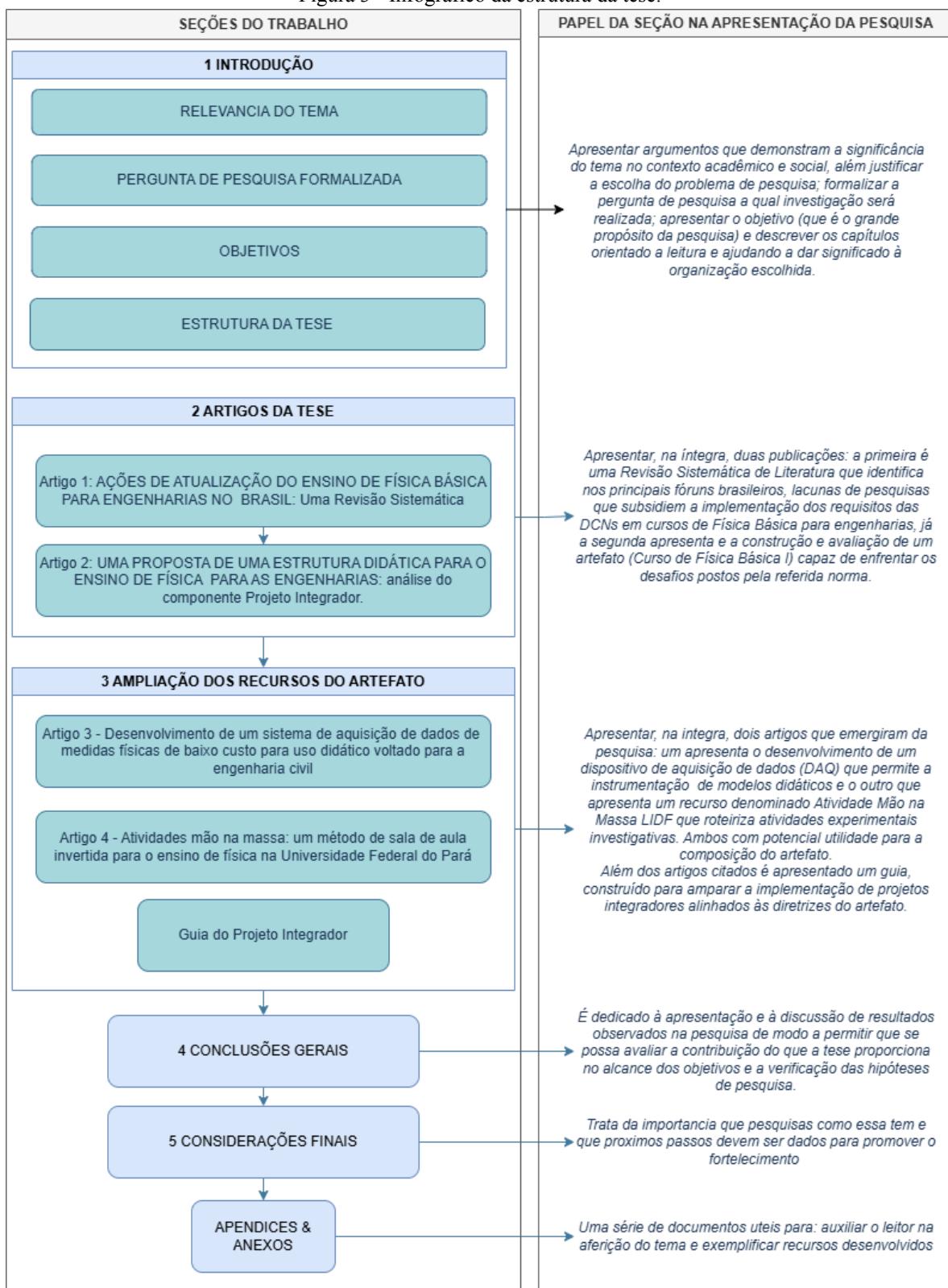
2. Utilizar a metodologia DSR para desenvolver um artefato capaz de atender as demandas postas no objetivo geral.
 - i. apresentar a heurística de desenvolvimento do artefato;
 - ii. apresentar o artefato desenvolvido;
 - iii. avaliar o componente mais complexo e de maior potencialidade de impacto no alcance dos objetivos traçados para o artefato: o Projeto Integrador (PI).
3. Ampliar a pesquisa no desenvolvimento de recursos que subsidiem a aplicação do artefato nas seguintes dimensões:
 - i. medidas físicas (artigo DAQ)
 - ii. roteiros de atividades (artigo Mão na Massa)
 - iii. implementação de Projetos Integradores (guia do PI)

1.4 ESTRUTURA DA TESE

Esta subseção apresenta como os artigos que emergiram da tese estão relacionados entre si para cumprir os objetivos do trabalho e responder a questão de pesquisa. A estrutura da tese é composta por dois recursos que se complementam: o Infográfico que descreve de forma visual via organograma e textos autoexplicativos sobre quais são os componentes (capítulos e seções) da tese (ver figura 3); o Texto Integrador que apresenta a integração entre tais componentes e os esclarecimentos cabíveis para o completo entendimento do trabalho da tese.

Infográfico

Figura 3 - Infográfico da estrutura da tese.



Fonte: Autor.

Texto Integrador

Nesta tese optou-se pelo formato de coletânea de artigos publicados. Desta forma, os artigos são apresentados na íntegra como seções do corpo principal da tese. A pesquisa de doutoramento resultou em um total de quatro artigos para publicação em periódicos indexados na área de interesse do programa de pós-graduação da Engenharia Civil da UFPA. Na tese, as seções dos artigos são numeradas em algarismos romanos. Já a numeração de figuras, quadros e tabelas, originalmente presentes nesses artigos, é substituída por uma sequência única e em ordem crescente, de acordo com a posição em que cada componente aparece no próprio documento da tese.

Optou-se por manter o estilo de citação das referências bibliográficas adotado em cada periódico em que os artigos foram publicados². A fim de manter uma unidade visual no trabalho da tese como um todo, os textos que descrevem tabelas, quadros e gráficos seguem a formatação em acordo das respectivas normas técnicas produzidas pela ABNT.

Os artigos oriundos da pesquisa de doutoramento apresentados nesta tese passaram por poucos ajustes com objetivo de diminuir incorreções de escrita. Foram também realizadas raras modificações em algumas sentenças, exclusivamente para aprimorar a clareza do texto. Essas alterações não comprometem a integridade e fidelidade às publicações originais, e têm como único propósito aperfeiçoar a qualidade final deste documento.

Uma vez que os artigos estão dispostos de forma completa em cada subseção, resta em capítulo à parte na tese apenas as referências bibliográficas que sejam citadas fora do contexto das quatro publicações oriundas da pesquisa de doutoramento³.

O primeiro capítulo desta tese justifica a realização da pesquisa defendendo a importância do ensino de física para a formação de engenheiros. Para isso, cita pesquisas que evidenciam deficiências nessa área de ensino (ensino de física para engenharias), e infere sobre os impactos que a não atualização metodológica acarreta sobre os indicadores nacionais para o ensino de graduação das engenharias. Em vista dessa linha de argumentos, propõe a realização de pesquisas para

² Por conta dessa escolha, desenvolve-se no corpo da tese tanto artigos que adotam o critério alfabético, como também o que adota critério de ordem de aparição no texto (numérico) para organizar as referências bibliográficas.

³ Especificamente, estas referências aparecem no capítulo 6 da tese.

enfrentar esse problema. Ainda neste capítulo é formalizada a pergunta de pesquisa, apresentando os objetivos e a estrutura da tese.

No segundo capítulo são apresentados, em duas seções, os principais resultados de pesquisa da tese. A primeira subseção apresenta artigo de Revisão Sistemática de Literatura (RSL) que investigou, com rigor metodológico, publicações nos principais fóruns nacionais a respeito de propostas que pudessem enfrentar a problemática apresentada na introdução. A segunda subseção apresenta o artigo que expõe o processo de desenvolvimento e avaliação do artefato proposto para atender a demanda identificada e confirmada pela RSL.

O terceiro capítulo apresenta três recursos que apoiam a aplicação do artefato. Cada um desses recursos é apresentado separadamente em uma subseção⁴. A primeira subseção refere-se ao artigo sobre desenvolvimento e avaliação de um Dispositivo de Aquisição de Dados (DAQ)⁵. O referido equipamento permite a coleta de dados e análise em tempo real de fenômenos físicos em vez de depender apenas de dados disponibilizados pelos livros ou de experimentos com resultados predefinidos, os estudantes podem interagir diretamente com o mundo físico, utilizando sensores conectados ao DAQ para tomada de medidas físicas. A segunda subseção apresenta de forma completa a publicação do artigo referente ao recurso de aprendizado do artefato nomeado como Atividade Mão na Massa. O estudo apresenta dados empíricos sobre o engajamento dos alunos, o desenvolvimento de habilidades práticas e a melhoria na compreensão dos conceitos físicos. Dessa forma, tal artigo também fornece subsídios importantes para fortalecer a credibilidade da tese. Essa subseção inclui ainda um banco com alguns dos roteiros avaliados em um dos ciclos de design do artefato. A terceira subseção apresenta um documento guia para a implementação de projeto integrador que faz parte do artefato Curso LIDF de Física Básica voltado para as engenharias.

O quarto capítulo, *Conclusões Gerais*, sintetiza os principais resultados da pesquisa, com ênfase às descobertas apresentadas no artigo 2.

O quinto capítulo, *Considerações Finais*, apresenta os benefícios que a pesquisa proporciona e indica trabalhos futuros.

⁴ Dois desses três recursos foram publicados em formato de artigo em periódicos indexados na área pertinente ao PPGEC.

⁵ Tal dispositivo demonstrou grande potencial em apoiar a instrumentação didática dos recursos de ensino-aprendizagem de mais alta complexidade do artefato, a saber: o Projeto Integrador e as Atividades Mão na Massa.

A seção de Anexos apresenta um documento que atesta o rigor seguido na condução da pesquisa de revisão sistemática, via o protocolo *PRISMA 2020 Main Checklist*. Traz também o artigo 4^a das DCNs, que reúne as competências gerais a serem desenvolvidas pelos estudantes de engenharia.

A seção de Apêndices apresenta ao leitor exemplos de recursos que compõem o artefato e que foram utilizados nos ciclos de design da pesquisa.

2 ARTIGOS DA TESE

Nesta seção, são apresentadas duas publicações na íntegra. A primeira é uma Revisão Sistemática da Literatura, que analisou os principais fóruns brasileiros e identificou a ausência de estruturas didáticas completas e de pesquisas aplicadas que auxiliem na implementação dos requisitos das DCNs em cursos de Física Básica para engenharias. A segunda publicação aborda a construção e avaliação de um artefato – o Curso LIDF de Física Básica – desenvolvido com vistas à formação de engenheiros alinhada ao desenvolvimento das competências gerais previstas na referida normativa federal.

2.1 ARTIGO 1: AÇÕES DE ATUALIZAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA BÁSICA PARA ENGENHARIAS NO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA⁶

Resumo: Este trabalho delimita três conceitos fundamentais para pesquisa: Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo - DCN; inovação/modernização/atualização educacional e ensino de física para as engenharias. Objetivando a realização de uma Revisão Sistemática de Literatura - RSL que investigou as ações de inovação, modernização ou atualização do ensino de Física Básica para as engenharias nos últimos cinco anos, a partir da publicação no Brasil das novas - DCNs, em 2019. A RSL foi conduzida de acordo com o protocolo PRISMA^G sob registro Digital Object Identifier DOI 10.17605/OSF.IO/7KYSB, no banco de revisões da Center for Open Science no endereço <https://osf.io/7kysb/>. Foram selecionados os estudos que apresentam para o ensino de física nas engenharias abordagens metodológicas diferentes das consideradas usuais e publicados nos repositórios eletrônicos da Scielo Brasil, Revista Brasileira de Educação em Engenharia, Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Livros e Documentos Técnicos publicados pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia, compreendendo um banco com 2297 trabalhos selecionados por meio das palavras-chave relacionadas ao tema. Inicialmente, foram identificados 62 estudos potencialmente relevantes, dos quais 42 foram incluídos na análise final. Da análise emergiram sete categorias de inovações, com evidências de um amplo espectro de possibilidades inovadoras. Também evidenciou-se que, mesmo a física sendo reconhecida como uma das bases da formação do engenheiro, não existem trabalhos publicados que apresentem estruturas didáticas completas com foco nesta modalidade de ensino, evidenciando-se assim uma lacuna a ser explorada em outras pesquisas.

Palavras-chave: modernização. ensino de Física, ensino de engenharia no Brasil.

⁶ Trabalho publicado em periódico QUALIS A2 para as grandes áreas Engenharias I e Ensino.

Costa, J. B. da C., Rodrigues, A. G., Neves, R. M. das, & Lynch, G. M. (2024). Ações de atualização do ensino de física básica para engenharias no Brasil: uma revisão sistemática. *Caderno Pedagógico*, 21(7), e5822. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n7-164>

I. Justificativa da RSL

Este trabalho fundamenta-se em três conceitos: (a) Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia, (b) Ensino de Física Básica para Engenharias e (c) Ações de modernização, inovação ou atualização das práticas de ensino. Inicialmente, cada conceito é delimitado e, em seguida, aplicado como ferramenta de análise para responder às perguntas de pesquisa.

As Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de graduação em engenharia foram instituídas em abril de 2019. Trata-se de um conjunto de normas estabelecidas pelo Ministério da Educação do Brasil com o propósito de orientar e padronizar os currículos dos cursos de engenharia oferecidos no país. A importância dessas diretrizes reside no fato de que elas definem os princípios, objetivos, competências e habilidades que devem ser adquiridos pelos estudantes ao longo do curso, visando formar profissionais qualificados e aptos a atender às demandas do mercado de trabalho e contribuir para o desenvolvimento sustentável do país. Além disso, as diretrizes também estabelecem critérios para a avaliação e acreditação dos cursos de engenharia, o que garante a qualidade do ensino superior nessa área (CNE, 2019).

O processo de implementação das DCNs enfrenta resistência por parte de algumas instituições e segmentos da sociedade. As mudanças metodológicas e curriculares necessárias podem ser vistas com desconfiança, tanto por profissionais já inseridos no mercado de trabalho quanto por estudantes e seus familiares (Telles, 2023). A implementação dessas diretrizes demanda um amplo processo de conscientização e engajamento de todos os envolvidos.

Um desafio importante na implementação é a necessidade de se promover mudanças estruturais nas práticas de ensino das disciplinas básicas para a formação do engenheiro, em particular a Física, que é reconhecida de forma quase unânime como um dos pilares da formação do profissional da engenharia. As formas de ensinar tal disciplina têm sido alvo de críticas de pesquisadores, professores e alunos por terem suas práticas muito focadas na aprendizagem mecânica e na preparação para as provas, enquanto deveriam se ocupar da aprendizagem significativa (Moreira, 2021).

O que diferencia o ensino de física básica para estudantes de engenharia é a necessidade de ser mais direcionado e aplicado, focado em conceitos e princípios físicos relevantes para a prática de cada engenharia. Em tal contexto de ensino, deve-se dar ênfase em exemplos e aplicações

específicas que os estudantes enfrentarão em sua carreira de forma mais aprofundada e contextualizada para atender às necessidades específicas dos futuros engenheiros. Além disso, o ensino de física para engenheiros deveria incluir, frequentemente, laboratórios práticos e projetos que permitam aos estudantes aplicar os conceitos aprendidos na sala de aula em situações reais ou análogas às que são encontradas nas práticas da engenharia.

Em um trabalho de revisão, Zalenski e colaboradores (2019) evidenciam através de um levantamento histórico a relevância do ensino de física para a formação dos engenheiros, bem como, destacam alguns desafios como a dificuldade de conectar os conceitos abstratos da física teórica com as aplicações práticas da engenharia. Inferem também que muitos estudantes têm dificuldade em visualizar como os princípios físicos se aplicam em situações reais de engenharia e em entender a relevância desses conceitos para sua formação profissional (Zalewski; Novak; Carlson, 2019).

As ações de inovação que, neste contexto podem ser consideradas sinônimos de modernização e/ou atualização das práticas de ensino, foram investigadas por (Tavares, 2019) em um trabalho de revisão que fez emergir quatro definições, das quais, considera-se para neste trabalho a seguinte: Inovação em educação é “a alteração de práticas educacionais costumeiras em um grupo social”. Dessa forma, observa-se uma incompatibilidade entre o perfil de competências esperadas dos egressos dos cursos de engenharia, conforme estabelecido nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), e o modelo tradicional de ensino de física para essas graduações.

Esta revisão é parte do trabalho de doutoramento do primeiro autor, cuja a tese foi desenvolvida sob o paradigma do Design Science Research (DSR), uma metodologia utilizada para o design, desenvolvimento e avaliação de artefatos, com o objetivo de resolver problemas e promover o avanço do conhecimento em um campo específico (Dresch, 2021).

Essa abordagem de pesquisa envolve diversas etapas que iniciam pelo completo entendimento do problema em questão e das soluções que já foram desenvolvidas por outros pesquisadores. Assim, este é o papel desta RSL, pela qual os pesquisadores buscaram identificar o “estado da arte” no enfrentamento do problema em questão.

II. Objetivos da RSL

Realizou-se a revisão sistemática para responder a seguinte pergunta de pesquisa: *Considerando o conceito de inovação em educação definido neste artigo; quais as características*

gerais das propostas metodológicas inovadoras de ensino de física básica para engenharias que foram publicadas nos principais fóruns brasileiros de pesquisa em ensino de física e de engenharias depois da publicação das novas DCNs?

Para elaboração da pergunta de pesquisa, utilizou-se a estratégia proposta pelo Instituto Nacional de Saúde e Excelência Clínica, que tem a palavra PICOT como acrônimo (Santos; Pimenta; Nobre, 2007) conforme se observa no Quadro 1.

Quadro 1 - Aplicação da estratégia PICOT para elaboração da pergunta de pesquisa.

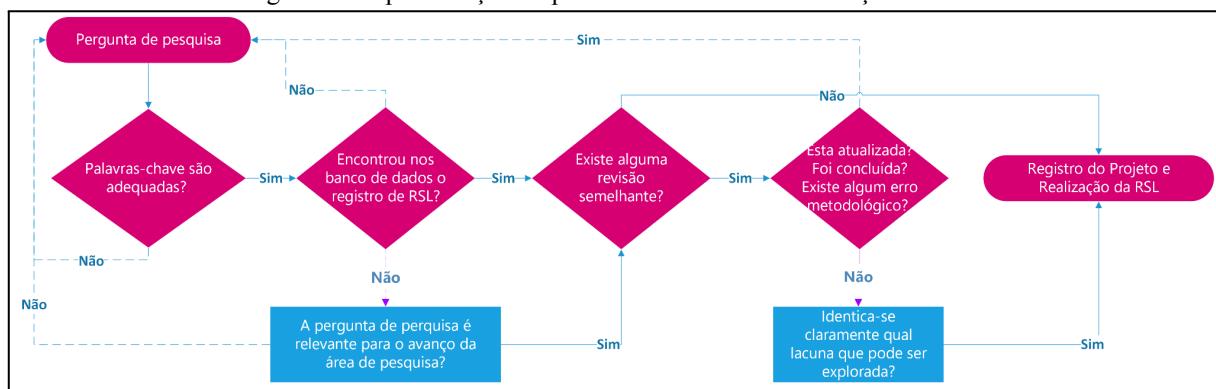
Acrônimo	Definição	Nossa escrita
P	Paciente ou população estudada	Pesquisadores que publicaram nos principais fóruns de ensino de física e de engenharia do brasil.
I	Intervenção	Propuseram práticas consideradas inovadoras para o ensino.
C	Comparação/Controle	Procedimentos usuais para o ensino de física para engenharias
O	Outcome/Desfecho	Apresentam práticas consideradas inovadoras
T	Tempo ou Tipo de estudo	Publicadas desde 2019 (ano de publicação das DCNs) nos principais fóruns brasileiros

Fonte: Autor

III. Método

A decisão por se realizar a pesquisa ocorreu depois de uma vasta busca nos repositórios acadêmicos seguindo o protocolo explicitado no figura 4, o qual apresenta um resumo da heurística de busca realizada em revisões sistemáticas semelhantes, bem como as tomadas de decisão ao se realizar a pesquisa

Figura 4 - Representação do processo decisório de realização da RSL



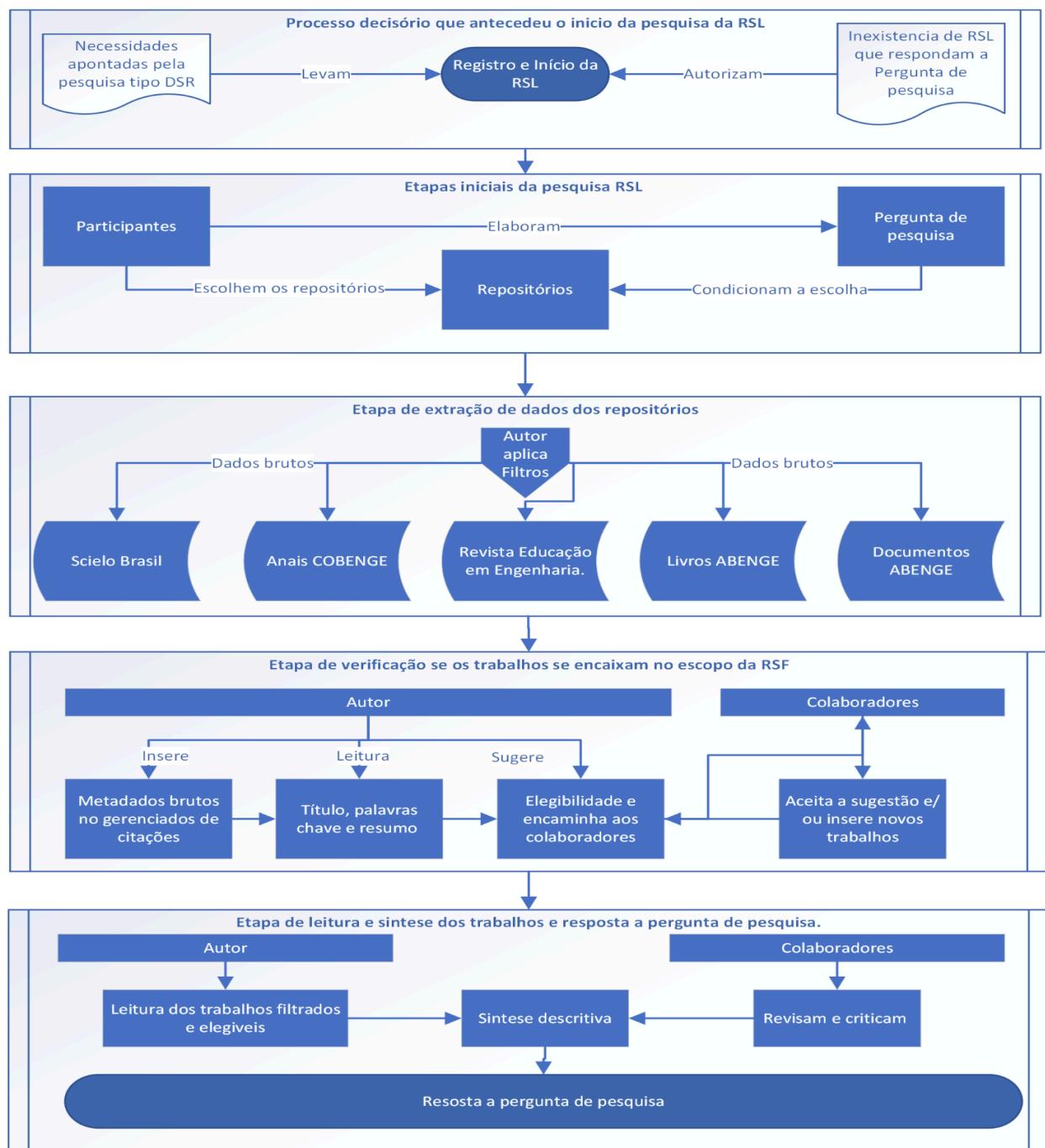
Fonte: Autor.

Partindo da pergunta de pesquisa foram elaboradas as palavras-chave do trabalho: ensino de física; ensino de engenharia; DCNs, bem como termos semelhantes e sinônimos em português. De posse destas palavras, buscou-se nos bancos de dados do Portal Periódicos CAPES; nos bancos de registros de RSL; PRÓSPERO e OSF. Não foram encontradas nenhuma revisão semelhante, permitindo assim, de acordo com o protocolo, realizar o registro e avançar na pesquisa.

Para selecionar os artigos fez-se uma busca nas bases de dados dos repositórios eletrônicos da Scielo Brasil, Revista Brasileira de Educação em Engenharia, Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Livros e Documentos Técnicos publicados pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia, a partir do termo de busca “ensino de física e/ou ensino de engenharia”. As pesquisas realizadas na base de dados foram desenvolvidas com base nos direcionamentos do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Page et al., 2021). Esta pesquisa foi cadastrada no banco internacional de revisões Center for Open Science no endereço <https://osf.io/7kysb/>. com o registro Digital Object Identifier DOI 10.17605/OSF.IO/7KB,

A estratégia utilizada na pesquisa é ilustrada nas etapas que avançaram após o processo decisório, conforme pode ser observado na figura 5.

Figura 5 - Estratégia utilizada na pesquisa



Fonte: Autor.

Atendem os critérios de seleção os trabalhos publicados nos principais fóruns do Ensino de Física e de Engenharia que simultaneamente:

- 1) Tenham sido publicados e estejam armazenados nos repositórios e passaram pelo filtro indicado no quadro 2.
- 2) Tratem de ações de ensino de física para cursos de engenharia.

- 3) Tenham sido publicados depois da instituição das DCNs.
- 4) Estejam alinhados ao conceito de inovação delimitado por (Tavares, 2019) e que, portanto, interpretem a inovação em educação como sendo modificações de propostas curriculares e/ou de práticas educacionais costumeiras em um grupo social.

O quadro 2, abaixo, apresenta a base de dados desta RSL discriminando o repositório, o endereço eletrônico e a estratégia de filtro.

Quadro 2 - Repositórios, endereços eletrônicos e filtros utilizados

Repositório	Endereço eletrônico	Filtro
Scielo Brasil	https://www.scielo.br/	(ensino de física) e (engenharia) AND year_cluster: ("2020" OR "2021" OR "2019" OR "2022" OR "2023")
Revista Brasileira de Educação em Engenharia	https://www.abenge.org.br/todasedicoesrevista.php	Ensino de física e termos semelhantes presente nos resumos, títulos e palavras chave dos trabalhos publicados depois de 2019
Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia	https://www.abenge.org.br/sis_artigos.php	
Documentos Técnicos emitidos pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia	https://www.abenge.org.br/publicacoes.php	Todos os Livros e relatórios técnicos que abordam a temática do ensino de física para as engenharias Publicados depois de 2019

Fonte: Autor

Fazem parte da revisão os trabalhos pesquisados até as 23 horas e 59 minutos do dia 31 de janeiro de 2024, e que se mostraram elegíveis de acordo com os critérios estabelecidos acima. Os metadados da busca foram extraídos em um formato característico de documentos bibliográficos (.bib) e assim enviados a um gerenciador de referências, que neste trabalho, optou-se pelo software Zotero. Com todos os arquivos extraídos das bases e repositórios já carregados nas bibliotecas do gerenciador, realizou-se a exclusão de duplicatas, a organização das citações, a formatação das referências, a inserção de anotações e a exportação dos dados para análise dos revisores colaboradores.

O processo de seleção dos trabalhos se deu de acordo com o fluxo previsto no protocolo ilustrado na figura 3. Três colaboradores identificados como co-autores deste trabalho, receberam acesso total aos textos e dados depositados de maneira síncrona em um serviço de nuvem compartilhada. Desta forma esses colaboradores puderam atuar de forma independente, tendo total

liberdade para inquirir e questionar processos, escolhas e decisões em todas as etapas da pesquisa. As escolhas de exclusão tiveram como norte os seguintes critérios:

- 1) Trabalhos que tenham como foco de ensino de física para cursos de engenharia.
- 2) Trabalhos que estejam alinhados ao conceito de inovação delimitado por (Tavares, 2019) que interpretam a Inovação em educação como modificações de propostas curriculares com alterações de práticas educacionais costumeiras em um grupo social.

Os artigos selecionados foram sujeitos aos especialistas, coautores deste trabalho, que analisaram o texto desta revisão amparados em checklist que além do risco de viés buscaram avaliar a estabilidade dos resultados. A síntese se deu após a leitura integral dos 62 artigos. Destes, 20 foram excluídos, permanecendo 42 que compõem o extrato final do trabalho.

IV. Resultados

O resultado quantitativo oriundo do processo de identificação, triagem e seleção de trabalhos incluídos na RSL está exposto em tabelas (1 e 2) e em um fluxograma (figura 3), que traz o número de trabalhos dos últimos cinco anos, presentes nos repositórios escolhidos, bem como o extrato de trabalhos elegíveis.

Tabela 1 - Seleção de estudos nos fóruns da ABENGE

Identificação dos trabalhos publicados nos fóruns da Abenge			
Ano de Publicação	Número de artigos publicados		
	Revista Brasileira de Educação em Engenharia	Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia	Livros com a Síntese de SDs. do COBENGE
2023	45	395	0
2022	49	258	1
2021	46	314	1
2020	45	402	1
2019	57	661	1
Total	242	2030	4
Elegíveis	14	25	4

Fonte: Autor.

Tabela 2 - Seleção de estudos no banco de dados da Scielo Brasil

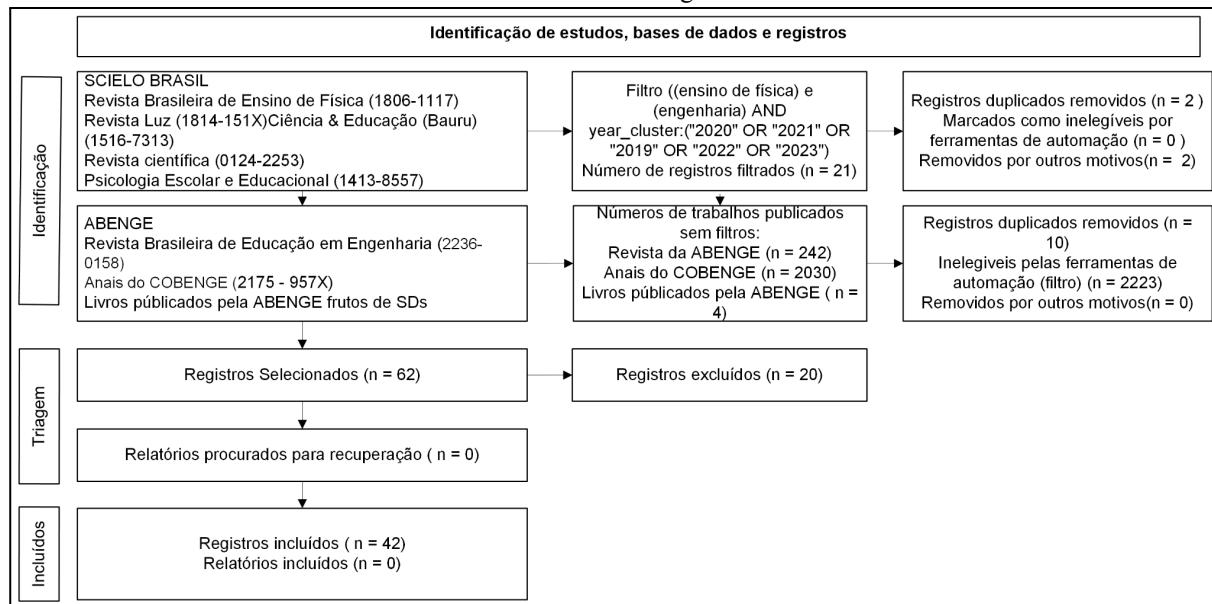
Identificação dos trabalhos que passaram pela triagem no banco da Scielo Brasil		
Periódicos (ISSN) filtrados	Filtrados	Elegíveis
Revista Brasileira de Ensino de Física (1806-1117)	17	11
Revista Luz (1814-151X)	1	1

Ciência & Educação (Bauru) (1516-7313)	1	1
Revista científica (0124-2253)	1	0
Psicologia Escolar e Educacional (1413-8557)	1	0
Total	21	13

Fonte: Autor.

O diagrama de fluxo da figura 6 ilustra o processo de seleção dos trabalhos de acordo como preconiza o protocolo PRISMA.

Figura 6 - Diagrama de fluxo PRISMA 2020 para novas revisões sistemáticas que incluíram pesquisas apenas em bases de dados e registros



Fonte: Autor adaptado de (Page *et al.*, 2021).

Os estudos selecionados foram expostos em quadros que apresentam o rótulo de identificação do trabalho ID, a citação dos autores, título, objetivo declarado e as propostas de inovação identificadas durante a leitura pelos pesquisadores. Quadro 3 - Artigos com origem no Revista Brasileira de Educação em Engenharia; Quadro 4 - Artigos selecionados do Repositório Scielo Brasil; Quadro 5 - Análise dos livros publicados pela ABENGE e o Quadro 6 - com trabalhos com origem nos anais do COBENGE.

Quadro 3 - Artigos selecionados com origem no Revista Brasileira de Educação em Engenharia e suas características.

ID	Citação	Título	Objetivo do artigo	Proposta de inovação
01	(Kraemer; Rasia, 2023)	UEPS e mapas conceituais no ensino e aprendizagem de refrigeração na engenharia	Apresentar a aplicação de uma unidade de ensino potencialmente significativa UEPS.	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizagem ativa • Mapas conceituais
02	(Valença, 2023)	Aulas experimentais como facilitador no processo de ensino-aprendizagem da termodinâmica: relato de caso na engenharia	Apresentar o relato de uma experiência realizada por alunos da disciplina de Termodinâmica Aplicada do curso de graduação em Engenharia de Produção	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • Tomada de medidas físicas
03	(Souza et al., 2022)	Construção de cansat como projeto multidisciplinar na formação superior em engenharias	Apresentou o trabalho, o minissatélite de lata, o CanSat, como ferramenta pedagógica para estudo dos fundamentos da física e tecnologias.	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • Team-based learning • Aprendizagem Baseada em Projetos
04	(Rodrigues; Junior, 2022)	Ensino de estruturas treliçadas via competição de protótipo de ponte	Uma revisão bibliográfica narrativa com o objetivo de identificar um marco teórico para as competições de Protótipo de Ponte de Palito	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • Gamificação • Aprendizagem Baseada em Projetos
05	(Lima et al., 2021)	Aplicação da ferramenta de programação gnu octave em disciplina de estática para engenharia	Desenvolver programas didáticos que ajudem no processo de aprendizagem a partir da utilização da ferramenta gratuita GNU Octave.	<ul style="list-style-type: none"> • Modelagem computacional
06	(Chinaglia; Masunaga; Trippe, 2021)	Desenvolvendo competências no laboratório de física em cursos de engenharia	Apresenta um procedimento experimental e uma análise de dados como base para o desenvolvimento de competências.	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • Tomada de medidas físicas e comparação com modelo teórico.

ID	Citação	Título	Objetivo do artigo	Proposta de inovação
06	(Manrique; Póvoa, 2020)	O papel das ferramentas computacionais avançadas no ensino de engenharia	Ilustra ideias de modelagem computacional por meio da análise de sistemas dinâmicos caóticos.	<ul style="list-style-type: none"> • Aulas práticas de modelos computacionais
08	(Oliveira; Saron, 2021)	Proposta de nivelamento em atendimento às novas diretrizes curriculares nacionais para cursos de engenharia: construção de um espectrofômetro como aprendizagem por projeto	Apresenta uma atividade teoria e prática, que visa ao acolhimento e nivelamento de alunos ingressantes com conteúdos básicos de Engenharia,	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizagem baseada em projetos
09	(Praxedes, 2020)	Sobrecarga cognitiva: uma reflexão sobre aplicação de metodologias ativas em disciplinas do eixo básico das engenharias	Apresenta uma reflexão sobre aplicação de metodologias ativas, enfatizando a sobrecarga cognitiva ocorrida na implementação da nova Matriz Curricular	<ul style="list-style-type: none"> • Metodologias ativas de forma ampla
10	(Mascarenhas; Oliveira; Bonaldo, 2019)	Aspectos relevantes do “concurso iii - torre de palitos de madeira” na formação do discente de graduação em engenharia civil	Apresenta a aplicação de um Torneio de Construção de Torre de Palitos de Madeira	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • Gamificação • Aprendizagem baseada em equipes e em projetos • Modelo físico e computacional
11	(Junior; Alencastro, 2020)	Um estudo acerca das novas abordagens metodológicas para o ensino de engenharia	O objetivo deste artigo é, a partir de experiências desenvolvidas em algumas instituições de ensino brasileiras e estrangeiras, identificar, apresentar e discutir práticas inovadoras para o ensino de engenharia.	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizagem baseada em problemas • Ensino de engenharia baseado em projetos • European Project Semester (EPS)

Fonte: Autor

Quadro 4 - Artigos selecionados do Repositório Scielo Brasil e suas características.

ID	Autor/Ano	Título	Objetivo declarado do artigo	Proposta de inovação
12	(Bello; Gómez; Movilla, 2022)	Actividades y Recursos de Moodle para enseñar Física en la formación de ingenieros civiles	O objetivo do trabalho é propor atividades e recursos virtuais de Física para Engenharia Civil.	<ul style="list-style-type: none"> • Ambientes Virtuais de Aprendizagem
13	(Freitas-Lemes, 2019)	Análise do movimento de um ponto de luz sobre um plano inclinado	Apresenta os resultados de uma proposta de desenvolvimento de um experimento didático	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • Aprendizagem por investigação e em Projetos • Modelagem computacional
14	(Sousa, 2020)	Aplicações do cálculo numérico para resolução de equações transcendentais na mecânica quântica	Apresenta o processo usado na criação de animações de conceitos da teoria de erros com o Manim.	<ul style="list-style-type: none"> • Animações • Modelos computacionais em Python
15	(Machado, 2020)	Mapeando com robôs	Objetiva apresentar uma proposta de atualização utilizando simulações computacionais.	<ul style="list-style-type: none"> • Simulação computacional
16	(Rihs, 2022)	Uma abordagem contextualizada da física no curso de engenharia ambiental e sanitária	Apresenta uma unidade de ensino, teóricas sobre termodinâmica e mecânica dos fluidos, direcionadas à Engenharia Ambiental e Sanitária.	<ul style="list-style-type: none"> • vídeos, experimentos, • exercícios, provas e seminários abordando questões e temas de situações práticas,
17	(Fernandes, 2019)	Uma interface de controle para a Fluidodinâmica Computacional	Apresenta a dinâmica de fluidos computacional com alvo as disciplinas de mecânica dos fluidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Simulação computacional
18	(Cid, 2019)	Venturino: análise da variação de pressão em um tubo de Venturi utilizando Arduino e sensor de pressão	É proposto nesse artigo a construção de um tubo de Venturi fabricado com materiais de baixo custo e equipado com uma placa	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • Aprendizagem ativa

ID	Autor/Ano	Título	Objetivo declarado do artigo	Proposta de inovação
			microcontroladora Arduino e sensores de pressão.	<ul style="list-style-type: none"> • Método Predizer - Observar - Explicar (POE).

Fonte: Autor.

Quadro 5 - Análise dos livros publicados pela ABENGE e suas características.

	(Organizador, ano)	Título	Capítulos relacionados aos objetivos da SD	Proposta de inovação
19	(Tonini; Pereira, 2022)	A Arte da Formação em Engenharia para os Desafios Do Desenvolvimento Sustentável	Nenhum capítulo trata exclusivamente do ensino de física	Os capítulos do livro, trazem propostas de inovação em todas as sete categorias elencadas para análise.
20	(Tonini; Pereira, 2022)	Formação Em Engenharia: Tecnologia, Inovação E Sustentabilidade	o novo normal no ensino de ciências básicas e matemática na engenharia: os caminhos abertos – e pedras neles reveladas - pelas experiências vivenciadas durante a pandemia de covid-19	Apresenta abordagens inovadoras, porém apenas uma tem foco no ensino de ciências básicas.
21	(Santi; Braatz, 2020)	Os Desafios Para Formar Hoje Os Engenheiros Do Amanhã:	novas DCNS e a iniciativa cdio: o novo frameowrk para os cursos de engenharia no brasil	Dar subsídios teóricos para a formação por competências. Peer Instruction (Instrução pelos Colegas)
22	(Tonini et al., 2019)	A Utilização De Novas Estratégias No Ensino De Ciências Básicas: Uma Forma De Combate À Evasão Nos Cursos De Engenharia	A utilização de novas estratégias no ensino de ciências básicas: uma forma de combate à evasão nos cursos de engenharia O desenvolvimento do pensamento computacional e robótica na educação em engenharia	O foco em ciências básicas traz como inovação em física a Robótica Educacional e as atividades de nivelamento.

Fonte: Autor.

Quadro 6 - Trabalhos com origem nos anais do COBENGE e suas características.

ID	(Autor, ano)	Título	Objetivo declarado do artigo	Proposta metodológica
23	(Barbosa Souza et al., 2023)	Chat GPT no ensino de física experimental	O objetivo é explorar como essa tecnologia pode ser utilizada como uma ferramenta complementar para melhorar a compreensão dos conceitos teóricos.	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de Inteligência artificial
24	(Ataide Dos Santos Neto et al., 2023)	Construção de um protótipo de baixo custo com arduino para gerar ondas estacionárias em uma corda tensionada: uma abordagem prática do ensino de física.	Objetivou aumentar a participação dos discentes utilizando a experimentação como estratégia de ensino, permitindo que o mesmo identifique e solucione problemas do cotidiano.	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipação • Atividades Práticas e Experimentais: • Contextualização
25	(Francisco Dos Santos Souza et al., 2023)	Desenvolvimento de atividades experimentais de baixo custo para o ensino de física no curso de engenharia elétrica.	Objetiva apresentar práticas laboratoriais desenvolvidas nas disciplinas de física do curso de graduação em engenharia elétrica.	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • Mão na massa
26	(Forcelli et al., 2023)	Desenvolvimento de um protótipo didático para medição de capacitors.	Propõe o desenvolvimento de um protótipo didático para medição da capacitors com o uso do microcontrolador Arduino®.	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • instrumentação didática
27	(Rangel Bispo et al., 2023)	Metodologia disruptiva e transversal para ensino superior em engenharia: foguete sustentável	Apresentado a construção de um foguete, pelos discentes, englobando conteúdos de Física, Química e Cálculo do curso de Engenharia	<ul style="list-style-type: none"> • trabalho em grupo • Atividades Práticas e Experimentais: • Interdisciplinar
28	(Nogueira, Rocha, 2022)	Estudo sobre a importância dos experimentos práticos para o aprendizado dos conceitos em física	Dispõe sobre metodologias ativas de forma a determinar, a influência do experimento prático de laboratório no processo de aprendizagem das aulas de física	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • Metodologias ativas

ID	(Autor, ano)	Título	Objetivo declarado do artigo	Proposta metodológica
			modelo experimental a ser aplicado em turmas de engenharia, a partir de um roteiro de experimento de laboratório de Física, bem como a construção de seu respectivo aparato experimental	
29	(Gonzatti et al., 2022)	Potencialidades e desafios dos estudos independentes em cursos de engenharia como estratégia de ensino híbrido	Estudos Independentes, assíncronos, fazem parte da matriz curricular de todos os componentes curriculares dos cursos de graduação visam estimular a autonomia dos estudantes e o aprofundamento de temas abordados nas aulas síncronas	<ul style="list-style-type: none"> • Reforço com a monitoria • Práticas integrativas.
30	(F Chinaglia et al., 2022)	Python como ferramenta didática em disciplinas de física para graduação em engenharia	O objetivo é mostrar como programas em Python desenvolvidos pelos alunos de iniciação didática e como foram aplicados em disciplinas introdutórias de Física para despertar o interesse pela programação no contexto interdisciplinar.	<ul style="list-style-type: none"> • Modelagem computacional • Interdisciplinar
31	(Stem; Mattasoglio; Cutri, 2021)	Micro atividades avaliativas como estratégia de engajar alunos ingressantes na disciplina física 1 em engenharia	O objetivo deste trabalho é apresentar o resultado de uma pesquisa sobre o uso de micro atividades avaliativas nas aulas de Física 1 de um curso de Engenharia.	<ul style="list-style-type: none"> • ensino por pares • AVA • vídeos, softwares simuladores e exercícios
32	(Neves, 2021)	Uma abordagem educacional acerca do processo de modelagem física-matemática na engenharia	Um estudo teórico, acerca do processo de modelagem física-matemática de problemas engenharia	<ul style="list-style-type: none"> • modelos teóricos

ID	(Autor, ano)	Título	Objetivo declarado do artigo	Proposta metodológica
33	(Braga; Lessa; Leta, 2021)	Uma proposta de atividade do tipo "hands-on" realizada na disciplina introdução à engenharia mecânica de forma remota	"hands on" estudantes de 1º período, em grupos, a estudar a física aplicada no cotidiano e realizar um experimento caseiro.	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • contextualização
34	(Souza; Nascimento; Vescovi, 2020)	Estudo de caso: minimizando lacunas de conhecimentos básicos dos discentes ingressantes do curso de engenharia química da unifesspa	Objetivo averiguar quais as principais lacunas de conhecimento apresentadas pelos discentes do curso de engenharia química, para propor minicurso de nivelamento.	<ul style="list-style-type: none"> • nivelamento • mapeamento de conhecimentos prévios
35	(Maman et al., 2020)	Metacognição e simulações virtuais: possibilidades para o ensino de física	Objetivou perceber indícios de metacognição durante a realização de atividades que envolvem simulações virtuais e avaliar se estas têm potencial para contribuir na aprendizagem.	<ul style="list-style-type: none"> • simulação virtual • metacognição
36	(Santos et al., 2020)	O impacto do projeto "círculo científico" no desenvolvimento de seus colaboradores	Um projeto de extensão que contribuiu efetivamente para a formação profissional de seus membros colaboradores, de acordo os principais objetivos das DCNs	<ul style="list-style-type: none"> • Importância da participação como monitor de projeto de ensino
37	(Goncalves; fogos; Motta, 2019)	Água, oelixir da vida	Apresenta um dispositivo de baixo custo que realiza a medição de parâmetros físico-químicos de amostras d'água.	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • Tomada de medidas físicas
38	(Costa et al., 2019)	Atividades mão na massa: um método de sala de aula invertida para o ensino de física na universidade federal do pará	Desenvolveu uma sequência didática envolvendo ciclos de ensino cujas atividades se baseiam na Taxonomia de Bloom.	<ul style="list-style-type: none"> • Sequência didática • Atividades Práticas e Experimentais:

ID	(Autor, ano)	Título	Objetivo declarado do artigo	Proposta metodológica
39	(Rocha; Santos, 2029)	Avaliação de um coletor solar como metodologia ctsa no ensino de física para alunos de engenharia	Demonstrar a aplicabilidade do ensino de Física para a engenharia, como radiação solar e trocas de calor, sob a perspectiva de Ciência.	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • Contextualização
40	(Freitas; Andrade; Carvalho, 2019)	Curso de prototipagem de robôs com arduino para alunos dos cursos de engenharia elétrica e da computação com o objetivo de reduzir a evasão e aumentar o contato com a robótica	Utilizar a prototipagem de robôs com Arduino como técnica de ensino-aprendizagem e relacionar conceitos teóricos adquiridos nas disciplinas de física.	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • robótica educacional • contextualização
41	(Cabral et al., 2019)	Fabricação de placas de circuito impresso como auxílio no ensino da engenharia elétrica	Tem como objetivo oferecer aos alunos, a oportunidade de aprender a confeccionar placas de circuito impresso (PCIs),	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades Práticas e Experimentais: • contextualização
42	(Silva, 2019)	Utilização De Um Laboratório Virtual De Física Através De Physlets Para Cursos De Engenharia	Este artigo apresenta a simulação de um laboratório real de Física em um mundo virtual através de Physlets.	<ul style="list-style-type: none"> • Experimentos computacionais

Fonte: Autor

V. Resultados das Sínteses

Após a leitura e extração das informações sobre as inovações metodológicas, observou-se a possibilidade das inovações apresentadas serem categorizadas em sete grupos, apresentadas nos itens a seguir:

Grupo 1 - Atividades Práticas e Experimentais: Essas propostas enfatizam a realização de atividades práticas e experimentos como parte integrante do processo de aprendizagem. Os estudantes são incentivados a explorar conceitos físicos por meio de experimentos concretos, às vezes tomando medidas físicas e aplicando teoria na prática.

Grupo 2 - Contextualização e Interdisciplinaridade: As metodologias buscam contextualizar os conteúdos de física dentro do contexto das engenharias. Elas promovem a interdisciplinaridade, relacionando conceitos físicos com outras áreas do conhecimento.

Grupo 3 - Uso de Tecnologias Educacionais: A integração de tecnologias no ensino de física é característica marcante. Isso inclui o uso de simulações computacionais, softwares educacionais, realidade virtual e laboratórios virtuais.

Grupo 4 - Aprendizagem Ativa e Participativa: As propostas inovadoras valorizam a participação ativa dos estudantes, que incentivam debates, resolução de problemas, trabalhos em grupo e projetos colaborativos.

Grupo 5 - Avaliação Formativa e Contínua: Ao invés de avaliações pontuais, essas metodologias priorizam a avaliação formativa e contínua. Isso significa que os estudantes recebem feedback constante sobre seu desempenho, permitindo ajustes e melhorias ao longo do processo.

Grupo 6 - Aspectos metacognitivos: Atividades que oportunizem aos estudantes refletirem sobre seus próprios processos cognitivos, monitorando e regulando sua aprendizagem. Essa metacognição envolve consciência sobre estratégias de aprendizagem, conhecimento sobre o próprio conhecimento e habilidades para planejar, avaliar e ajustar o processo de aprendizagem.

Grupo 7 - Atividades extracurriculares de preparação e/ou apoio ao processo de aprendizagem: São aquelas que ocorrem fora do currículo regular da disciplina e têm geralmente os objetivos de sanar possíveis lacunas de repertório didático e/ou ampliar o horizonte educacional dos alunos.

O quadro 7 apresenta uma ferramenta de visualização da síntese da análise apontando com um (X) as ocorrências observadas nos trabalhos que estão identificados numericamente (id), bem

como as propostas metodológicas identificadas pelos números de 1-7. Neste mesmo quadro são apresentados todos os trabalhos selecionados para a etapa final da análise tendo sua síntese ilustrada pelo gráfico presente na figura 7, que relaciona o número de ocorrência de propostas inovadoras pelas categorias identificadas e definidas pelos autores nesta seção.

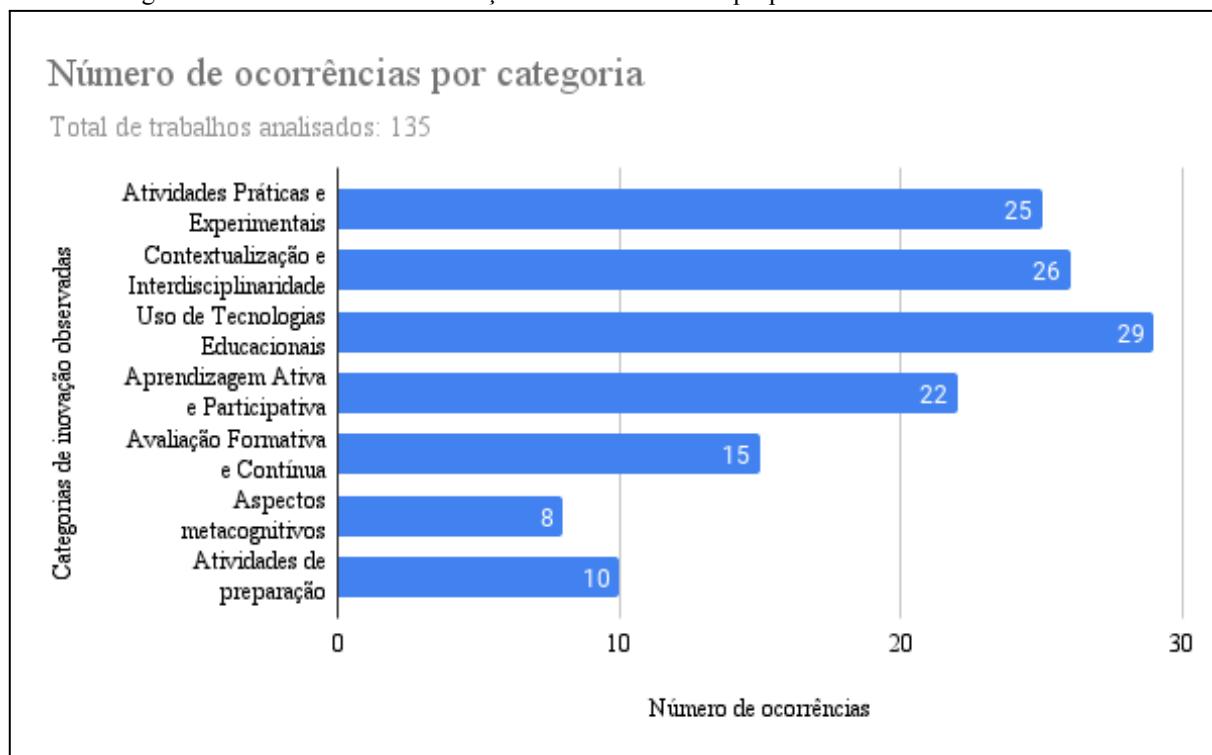
Quadro 7 - Ferramenta de visualização das ocorrências de propostas consideradas inovadoras.

id	Trabalho	Propostas metodológicas identificadas pelos índices de 1 a 7						
		1	2	3	4	5	6	7
01	(Kraemer; Rasia, 2023)				X		X	
02	(Valença, 2023)	X	X					
03	(Souza et al., 2022)	X	X		X	X		
04	(Rodrigues; Junior, 2022)	X	X	X	X	X		
05	(Lima et al., 2021)	X	X	X				
06	(Chinaglia; Masunaga; Trippe, 2021)	X		X	X			
07	(Manrique; Póvoa, 2020)		X	X				
08	(Oliveira; Saron, 2021)	X	X		X	X		X
09	(Praxedes, 2020)		X				X	
10	(Mascarenhas; Oliveira; Bonaldo, 2019)	X	X	X	X	X		
11	(Junior; Alencastro, 2020)	X	X	X	X	X	X	X
12	(Bello; Gómez; Movilla, 2022)			X				
13	(Freitas-Lemes, 2019)	X		X	X	X		
14	(Sousa, 2020)		X	X				
15	(Machado, 2020)	X		X				
16	(Rihs, 2022)	X	X		X			
17	(Fernandes, 2019)	X		X				
18	(Cid, 2019)	X	X		X	X	X	
19	(Tonini; Pereira, 2022)							
20	(Tonini; Pereira, 2022)			X	X	X		
21	(Santi; Braatz, 2020)			X	X			

id	Trabalho	Propostas metodológicas identificadas pelos índices de 1 a 7						
		1	2	3	4	5	6	7
22	(Nascimento et al., 2019)	X	X	X	X	X	X	X
23	(Barbosa Souza et al., 2023)			X				
24	(Ataide Dos Santos Neto et al., 2023)	X	X	X	X	X		
25	(Francisco Dos Santos Souza et al., 2023)	X	X	X	X			
26	(Forcelli Silva et al., 2023)	X	X	X	X			
27	(Rangel Bispo et al., 2023)	X	X	X	X			
28	(Nogueira; Rocha, 2022)	X	X	X	X	X		
29	(Gonzatti et al., 2022)				X	X	X	X
30	(F Chinaglia et al., 2022)		X	X				
31	(Stem; Mattasoglio; Cutri, 2021)		X	X		X		
32	(Neves, 2021)		X	X				
33	(Braga; Lessa; Leta, 2021)	X	X	X	X	X		
34	(Souza; Nascimento; Vescovi, 2020)							X
35	(Maman et al., 2020)			X			X	
36	(Santos et al., 2020)							X
37	(Goncalves; fogos; Motta, 2019)	X						
38	(Costa et al., 2019)	X	X	X	X	X	X	X
39	(Rocha; Santos, 2029)	X	X					
40	(Freitas; Andrade; Carvalho, 2019)	X	X	X				X
41	(Cabral et al., 2019)	X	X	X	X			X
42	(Silva, 2019)			X				

Fonte: Autor

Figura 7 - Ferramenta de visualização das ocorrências de propostas consideradas inovadoras.



Fonte: Autor.

Para atestar a confiança dos dados, consideramos que a qualidade metodológica de cada estudo incluído na revisão, tenha sido verificada e filtrada pela própria equipe de revisores dos periódicos e repositórios selecionados. Assim considerou-se que os estudos foram bem conduzidos e com baixo risco de viés, podendo assim, contribuir para uma síntese de dados confiável.

VI. Discussões

A análise dos resultados encontrados neste trabalho mostrou que a resposta à pergunta de pesquisa tem diversas dimensões. Nesta seção o objetivo é apresentar cada descoberta com a análise dos resultados a partir do foco de investigação: Quais as características gerais das propostas metodológicas inovadoras de ensino de física básica para engenharias que foram publicadas nos principais fóruns brasileiros de pesquisa em ensino de física e de engenharias depois da publicação das novas DCNs?

1. Quando descrito nos dispositivos de busca dos bancos de dados os termos (DCNs e Ensino de Física), não retorna nenhum registro.
 - a) Embora reconhecidas como áreas indissociáveis (ensino de física e de engenharia) é possível que as comunidades de pesquisadores assumam as pesquisas como em áreas

distintas, não as identificando de modo a não permitir a identificação destes trabalhos pelos algoritmos de busca.

- b) Os diversos trabalhos filtrados quando se utilizou apenas uma palavra-chave (DCN ou Ensino de Física) podem estar mais direcionadas a aspectos específicos do ensino de Física ou das DCNs, o que pode resultar em uma menor sobreposição entre esses tópicos.
- c) Os pesquisadores que estudam DCNs e Ensino de Física podem ter diferentes interesses, prioridades e abordagens de pesquisa. Isso pode levar a uma menor interseção entre os dois campos.
- d) A disponibilidade de dados e estudos específicos que abordem ambos os tópicos podem ser limitados pela nota QUALIS alcançada pela Revista da Abenge e pela pouca valorização que o meio acadêmico brasileiro confere a trabalhos publicados em congressos.

2. Muitos trabalhos sobre a adaptação às DCNs sem o foco no ensino de física.

- a) Os trabalhos sobre a DCN apresentam caráter mais amplo, não enfocando particularmente o ensino de física.

3. Apenas um trabalho apresentou proposta de inovação dentro de uma sequência didática (Costa et al., 2019).

- a) A ausência de trabalhos mais estruturados, que localizem a proposta de inovação dentro de um processo mais amplo, o curso de física básica, por exemplo, aparece como uma lacuna importante. Haja vista que a atividade deve ter um alinhamento com as outras práticas desenvolvidas localmente.

4. Poucos trabalhos com foco no ensino de física, sendo o percentual de publicações do COBENGE uma evidência.

- a) Embora o COBENGE seja o mais importante evento para o Ensino de Engenharia, o baixo percentual de publicações sobre ensino de Física pode ser atribuído a uma combinação de fatores, incluindo o escopo amplo do evento, interesses variados dos participantes e barreiras institucionais como a pouca valorização que a comunidade científica dedica a trabalhos publicados em Eventos.

5. É possível colecionar um arsenal de abordagens metodológicas em sete categorias, descritas na seção anterior e resgatadas aqui.

- Atividades Práticas e Experimentais;

- Contextualização e Interdisciplinaridade;
- Uso de Tecnologias Educacionais;
- Aprendizagem Ativa e Participativa;
- Avaliação Formativa e Contínua;
- Aspectos metacognitivos;
- Atividades extracurriculares de preparação e/ou apoio ao processo de aprendizagem;

É importante destacar a categorização encontrada, pois esta pode servir a outros trabalhos como um mapeamento do arsenal metodológico comumente utilizado nas propostas de inovação didática do ensino de física para as engenharias no Brasil, apresentando-se também como uma valiosa ferramenta de síntese, ao permitir a pesquisadores qualificar suas propostas em uma ou mais categorias.

Nos últimos cinco anos, foram publicados 2297 trabalhos nos anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), na Revista Brasileira de Educação em Engenharia e nos trabalhos filtrados pelo algoritmo de busca da Scielo Brasil. No entanto, apenas 42 desses trabalhos se mostraram úteis para a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Essa revisão aponta a necessidade premente de desenvolver, avaliar e publicar estruturas didáticas completas que possam servir de amparo aos professores de Física nas Engenharias, permitindo que atendam aos requisitos de modernização previstos pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs). A baixa quantidade de trabalhos úteis sugere que há espaço para mais pesquisas e inovações no ensino de Física nesse contexto.

VII. Limitações da Pesquisa

A educação em engenharia, mesmo sendo um importante campo, já consolidado na pesquisa em ensino, tem como principal periódico nacional dedicado exclusivamente ao tema a Revista de Ensino em Engenharia. Esta revista apresenta baixa atratividade para publicações devido à classificação alcançada no Qualis Capes.

A insuficiência de programas de pós-graduação dedicados a formação de mão de obra docente para as engenharias em acordo com uma perspectiva de inovação também torna rarefeita a produção de trabalhos mais robustos que incluam propostas completas de atualização curricular para o ensino de física nas engenharias.

A linha de formação de engenheiros-professores por uma perspectiva de pesquisa de interface educação/questões de engenharia é algo incipiente no Brasil. A área de inovação no ensino de engenharia deveria ser pensada como algo que necessita de maior destaque em nosso país.

Parte do processo de revisão foi prejudicado, pois uma considerável parcela dos trabalhos publicados nos Anais do COBENGE estão disponíveis sem que seus metadados tenham sido gravados no sistema DOI. Isso obrigou aos pesquisadores digitarem os metadados de centenas de trabalhos a fim de inseri-los no gerenciador de referências utilizado.

OUTRAS INFORMAÇÕES

- A pesquisa foi cadastrada e alimentada durante o processo de desenvolvimento no banco internacional de revisões Center for Open Science no endereço <https://osf.io/7kysb/>, com o registro Digital Object Identifier DOI 10.17605/OSF.IO/7KB,
- O grupo de trabalho não contou com patrocínio ou apoio financeiro para realização desta RSL;
- Não foi possível, por parte dos autores, observar nenhum indício de conflito de interesses.

Estão disponíveis em anexo no link:

https://drive.google.com/drive/folders/1CLUtP5hHiftLb4kOjm_Tb4epGuCkj7Mw?usp=sharing,

três quadros de síntese dos trabalhos bem como os metadados utilizados na construção do relatório.

BIBLIOGRAFIA

ATAIDE DOS SANTOS NETO, A. et al. CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO COM ARDUINO PARA GERAR ONDAS ESTACIONÁRIAS EM UMA CORDA TENSIONADA: UMA ABORDAGEM PRÁTICA DO ENSINO DE FÍSICA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2023. **Proceedings of the 51 Brasilian Congress of Engineering Education**. [S. 1.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2023. Disponível em:
http://abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE23&codigo=COBENGE23_00313_00004572.pdf. Acesso em: 25 jan. 2024.

BARBOSA SOUZA, L. et al. Chat GPT no ensino de física experimental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2023. **Proceedings of the 51 Brasilian Congress of Engineering Education**. [S. 1.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2023. Disponível em:
http://abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE23&codigo=COBENGE23_00322_00004656.pdf. Acesso em: 25 jan. 2024.

BELLO, S. L.; GÓMEZ, C. G.; MOVILLA, S. Actividades y Recursos de Moodle para enseñar Física en la formación de ingenieros civiles. **Luz**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 93–106, 2022.

BRAGA, V.; LESSA, R.; LETA, F. UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE DO TIPO “HANDS-ON” REALIZADA NA DISCIPLINA INTRODUÇÃO À ENGENHARIA MECÂNICA DE FORMA REMOTA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2021. **ANais do XLIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2021. Disponível em:
http://abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=21&c=3733. Acesso em: 25 jan. 2024.

CABRAL, A. P. C. et al. FABRICAÇÃO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO COMO AUXÍLIO NO ENSINO DA ENGENHARIA ELÉTRICA. In: BRASILIAN CONGRESS OF ENGINEERING EDUCATION, 2019. **Procedings of the 47 Brasilian Congress of Engineering Education**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em:
https://www.abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE19&codigo=COBENGE19_00092_00002743.pdf. Acesso em: 26 jan. 2024.

CHINAGLIA, E. F.; MASUNAGA, S. H.; TRIPPE, S. C. DESENVOLVENDO COMPETÊNCIAS NO LABORATÓRIO DE FÍSICA EM CURSOS DE ENGENHARIA. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 40, n. 0, 2021. Disponível em:
<http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1848>. Acesso em: 18 jan. 2024.

CID, T., A. S. ,. Correa. Venturino: análise da variação de pressão em um tubo de Venturi utilizando Arduino e sensor de pressão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 41, 2019. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172019000300606&lang=pt.

CNE. Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo. 2019. Disponível em:
http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=109871-pces001-19-1&category_slug=marco-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 1 maio 2023.

COSTA, J. B. da C. et al. ATIVIDADES MÃO NA MASSA: UM MÉTODO DE SALA DE AULA INVERTIDA PARA O ENSINO DE FÍSICA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. In: CONGRESS OF ENGINEERING EDUCATION, 2019. **Procedings of the 47 Brasilian Congress of Engineering Education**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em:
https://www.abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE19&codigo=COBENGE19_00090_00002750.pdf. Acesso em: 25 jan. 2024.

DRESCH, A. Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre, RS: Bookman, 2021.

F CHINAGLIA, E. et al. PYTHON COMO FERRAMENTA DIDÁTICA EM DISCIPLINAS DE FÍSICA PARA GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2022. **Proceedings of the L Brasilian Congress of Engineering Education**. [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2022. Disponível em: http://abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=22&c=3862. Acesso em: 25 jan. 2024.

FERNANDES, N. L., Thiago F. D. Dias, Moreira. Uma interface de controle para a Fluidodinâmica Computacional. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 41, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172019000400411&lang=pt.

FORCELLI SILVA, I. et al. DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO PARA MEDAÇÃO DE CAPACITÂNCIA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2023. **Proceedings of the 51 Brazilian Congress of Engineering Education**. [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2023. Disponível em: http://abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE23&codigo=COBENGE23_00313_00004235.pdf. Acesso em: 25 jan. 2024.

FRANCISCO DOS SANTOS SOUZA, A. et al. DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE FÍSICA NO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2023. **Proceedings of the 51 Brazilian Congress of Engineering Education**. [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2023. Disponível em: http://abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE23&codigo=COBENGE23_00313_00004586.pdf. Acesso em: 25 jan. 2024.

FREITAS, A. de O.; ANDRADE, M. M. X.; CARVALHO, R. N. de. CURSO DE PROTOTIPEGEM DE ROBÔS COM ARDUINO PARA ALUNOS DOS CURSOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DA COMPUTAÇÃO COM O OBJETIVO DE REDUZIR A EVASÃO E AUMENTAR O CONTATO COM A ROBÓTICA. In: BRASILIAN CONGRESS OF ENGINEERING EDUCATION, 2019. **Proceedings of the 47 Brazilian Congress of Engineering Education**. [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2019. Disponível em: https://www.abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE19&codigo=COBENGE19_00126_00002042.pdf. Acesso em: 26 jan. 2024.

FREITAS-LEMES, J. S. E., Priscila, Vilela, Douglas Carlos, Guarnieri, Murilo Gelly, Prado, Rafael de Oliveira, Medeiros, Thiago Filipe de, Germano. Análise do movimento de um ponto de luz sobre um plano inclinado. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 41, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172019000100501&lang=pt.

GONCALVES, E. O.; FOGOS, Wagner fernandes; MOTTA, M. V. L. ÁGUA, O ELIXIR DA VIDA. In: CONGRESS OF ENGINEERING EDUCATION, 2019. **Proceedings of the 47 Brazilian Congress of Engineering Education**. [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2019. Disponível em: https://www.abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE19&codigo=COBENGE19_00122_00002675.pdf. Acesso em: 25 jan. 2024.

GONZATTI, S. et al. POTENCIALIDADES E DESAFIOS DOS ESTUDOS INDEPENDENTES EM CURSOS DE ENGENHARIA COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO HÍBRIDO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2022. **Proceedings of the 51 Brazilian Congress of Engineering Education**. [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2022. Disponível em: http://abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=22&c=3787. Acesso em: 25 jan. 2024.

- JUNIOR, E. L. R.; ALENCASTRO, M. S. C. UM ESTUDO ACERCA DAS NOVAS ABORDAGENS METODOLÓGICAS PARA O ENSINO DE ENGENHARIA. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 38, n. 3, 2020. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1553>. Acesso em: 19 jan. 2024.
- KRAEMER, F. A.; RASIA, L. A. UEPS E MAPAS CONCEITUAIS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE REFRIGERAÇÃO NA ENGENHARIA. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 42, n. 0, 2023. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/2227>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- LIMA, V. H. L. C. et al. APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE PROGRAMAÇÃO GNU OCTAVE EM DISCIPLINA DE ESTÁTICA PARA ENGENHARIA. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 40, n. 0, 2021. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1822>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- MACHADO, A. M., Gabriel Alves, Calvão. Mapeando com robôs. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 42, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172020000100421&lang=pt.
- MAMAN, A. et al. METACOGNIÇÃO E SIMULAÇÕES VIRTUAIS: POSSIBILIDADES PARA O ENSINO DE FÍSICA. In: BRASILIAN CONGRESS OF ENGINEERING EDUCATION, 2020. **Proceedings of the XLVIII Brasilian Congress of Engineering Education**. [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2020. Disponível em: http://abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=20&c=2871. Acesso em: 25 jan. 2024.
- MANRIQUE, M. A. A. A.; PÓVOA, J. M. O PAPEL DAS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS AVANÇADAS NO ENSINO DE ENGENHARIA. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 39, n. 0, 2020. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1412>. Acesso em: 19 jan. 2024.
- MASCARENHAS, F. J. R.; OLIVEIRA, A. de; BONALDO, E. ASPECTOS RELEVANTES DO “CONCURSO III - TORRE DE PALITOS DE MADEIRA” NA FORMAÇÃO DO DISCENTE DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 38, n. 2, 2019. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1501>. Acesso em: 19 jan. 2024.
- MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 43, p. e20200451, 2021.
- NEVES, N. UMA ABORDAGEM EDUCACIONAL ACERCA DO PROCESSO DE MODELAGEM FÍSICA-MATEMÁTICA NA ENGENHARIA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2021. **ANAIIS do XLIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2021. Disponível em: http://abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=21&c=3555. Acesso em: 25 jan. 2024.
- NOGUEIRA, M.; ROCHA, C. ESTUDO SOBRE A IMPORTÂNCIA DOS EXPERIMENTOS PRÁTICOS PARA O APRENDIZADO DOS CONCEITOS EM FÍSICA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2022. **Proceedings of the L Brasilian**

Congress of Engineering Education. [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2022. Disponível em: http://abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=22&c=4107. Acesso em: 25 jan. 2024.

OLIVEIRA, J. L. M. de; SARON, A. PROPOSTA DE NIVELAMENTO EM ATENDIMENTO ÀS NOVAS DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA CURSOS DE ENGENHARIA: CONSTRUÇÃO DE UM ESPECTROFOTÔMETRO COMO APRENDIZAGEM POR PROJETO.

Revista de Ensino de Engenharia, [s. l.], v. 39, n. 0, 2021. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1798>. Acesso em: 19 jan. 2024.

PAGE, M. J. et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.bmjjournals.org/lookup/doi/10.1136/bmj.n160>. Acesso em: 12 jul. 2023.

PRAXEDES, P. B. SOBRECARGA COGNITIVA: UMA REFLEXÃO SOBRE APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS ATIVAS EM DISCIPLINAS DO EIXO BÁSICO DAS ENGENHARIAS.

Revista de Ensino de Engenharia, [s. l.], v. 39, n. 0, 2020. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1643>. Acesso em: 19 jan. 2024.

RANGEL BISPO, E. et al. METODOLOGIA DISRUPTIVA E TRANSVERSAL PARA ENSINO SUPERIOR EM ENGENHARIA: FOGUETE SUSTENTÁVEL. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2023. **Proceedings of the 51 Brasilian Congress of Engineering Education**. [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2023.

Disponível em:

http://abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE23&codigo=COBENGE23_000313_00004259.pdf. Acesso em: 25 jan. 2024.

RIHS, C., Arnon Roberto, Dickman, Adriana Gomes, Leite. Uma abordagem contextualizada da física no curso de engenharia ambiental e sanitária. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 44, 2022. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172022000100609&lang=pt.

ROCHA, T. G.; SANTOS, J. C. S. dos. AVALIAÇÃO DE UM COLETOR SOLAR COMO METODOLOGIA CTSA NO ENSINO DE FÍSICA PARA ALUNOS DE ENGENHARIA. In: BRASILIAN CONGRESS OF ENGINEERING EDUCATION, 2029. **Proceedings of the 47 Brasilian Congress of Engineering Education**. [S. l.: s. n.], 2029. Disponível em:

https://www.abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE19&codigo=COBENGE19_00092_00002291.pdf. Acesso em: 25 jan. 2024.

RODRIGUES, J.; JUNIOR, N. V. ENSINO DE ESTRUTURAS TRELIÇADAS VIA COMPETIÇÃO DE PROTÓTIPO DE PONTE. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 41, n. 0, 2022. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1992>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SANTI, C. E.; BRAATZ, D. OS DESAFIOS PARA FORMAR HOJE OS ENGENHEIROS DO AMANHÃ. Brasília: Abenge, 2020. Disponível em: <https://abenge.org.br/cobenge/2020/arquivos/EbookDiagramadoSD2020.pdf>.

SANTOS, J. et al. O IMPACTO DO PROJETO “CIRCUITO CIENTÍFICO” NO DESENVOLVIMENTO DE SEUS COLABORADORES. In: BRASILIAN CONGRESS OF ENGINEERING EDUCATION, 2020. **Proceedings of the XLVIII Brasilian Congress of Engineering Education.** [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2020. Disponível em: http://abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=20&c=2997. Acesso em: 25 jan. 2024.

SANTOS, C. M. da C.; PIMENTA, C. A. de M.; NOBRE, M. R. C. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 508–511, 2007.

SILVA, S. R. X. da. Utilização de um Laboratório Virtual de Física através de Physlets para Cursos de Engenharia. In: CONGRESS OF ENGINEERING EDUCATION, 2019. **Proceedings of the 47 Brasilian Congress of Engineering Education.** [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: https://www.abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE19&codigo=COBENGE19_00089_00001893.pdf. Acesso em: 26 jan. 2024.

SOUSA, F. A. do, M. S. Maior de, Nascimento. Aplicações do cálculo numérico para resolução de equações transcendentes na mecânica quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 42, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172020000100492&lang=pt.

SOUZA, A. J. C. de et al. CONSTRUÇÃO DE CANSAT COMO PROJETO MULTIDISCIPLINAR NA FORMAÇÃO SUPERIOR EM ENGENHARIAS. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 41, n. 0, 2022. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1859>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SOUZA, M.; NASCIMENTO, R.; VESCOVI, V. ESTUDO DE CASO: MINIMIZANDO LACUNAS DE CONHECIMENTOS BÁSICOS DOS DISCENTES INGRESSANTES DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIFESSPA. In: BRASILIAN CONGRESS OF ENGINEERING EDUCATION, 2020. **Proceedings of the XLVIII Brasilian Congress of Engineering Education.** [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2020. Disponível em: http://abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=20&c=3318. Acesso em: 25 jan. 2024.

STEM, N.; MATTASOGLIO, O.; CUTRI, R. MICRO ATIVIDADES AVALIATIVAS COMO ESTRATÉGIA DE ENGAJAR ALUNOS INGRESSANTES NA DISCIPLINA FÍSICA 1 EM ENGENHARIA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2021. **ANAIIS do XLIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. [S. l.]: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2021. Disponível em: http://abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=21&c=3471. Acesso em: 25 jan. 2024.

TAVARES, F. G. de O. O conceito de inovação em educação: uma revisão necessária. **Educação**, [s. l.], p. e4/ 1-19, 2019.

TELLES, F. Um olhar sobre as mudanças e os desafios para a implementação das Diretrizes Curriculares Nacionais de 2019 nos cursos de engenharia. **Revista Thema**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 565–583, 2023.

TONINI, A. M. et al. DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: Empreendedorismo, Indústria 4.0, Formação do Engenheiro, Mulheres em STEM. Brasília: Abenge, 2019. Disponível em:
<https://abenge.org.br/cobenge/2019/arquivos/SD-2019-DESAFIOSDAEDUCACAOEMENGHARIA.pdf>.

TONINI, A. M.; PEREIRA, T. R. D. S. A ARTE DA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA PARA OS DESAFIOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Brasília: Abenge, 2022. Disponível em: https://abenge.org.br/cobenge/2022/arquivos/LIVRO01FINALIZADO_%20SD%202022.pdf.

VALENÇA, A. K. A. APLICAÇÃO DAS PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO NA RESTAURAÇÃO DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS: ESTUDO DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO TÉCNICO. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 42, n. 0, 2023. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/2040>. Acesso em: 18 jan. 2024.

ZALEWSKI, J.; NOVAK, G.; CARLSON, R. E. An Overview of Teaching Physics for Undergraduates in Engineering Environments. **Education Sciences**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 278, 2019.

2.2 ARTIGO 2: UMA PROPOSTA DE UMA ESTRUTURA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA PARA AS ENGENHARIAS: ANÁLISE DO COMPONENTE PROJETO INTEGRADOR.⁷

Resumo

O trabalho apresenta um artefato materializado na forma de estrutura didática como um curso de Física Básica voltado para a formação de engenheiros a fim de atender às demandas formativas requeridas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais do ensino de graduação para as engenharias (DCN) e pelo paradigma de formação por competências. Tal artefato possui uma heurística denominada tríade estruturante. Ambos foram desenvolvidos com base na metodologia Design Science Research (DSR). A avaliação do constructo foi realizada sobre a sua componente de maior complexidade, o Projeto Integrador (PI), via duas metodologias; a avaliação analítica que trata do alinhamento interno e da adequação de finalidade do artefato às DCNs; e a avaliação experimental que lidou com a adesão e qualidade da participação discente nessa componente (PI). A consistência interna do artefato se mostrou robusta, de modo que o mesmo atendeu a todos os requisitos de atualização didática exigidos pela pesquisa. Assim sendo, é factível externar a conclusão de que o produto educacional produzido por esta pesquisa se revela particularmente útil para a atualização do ensino de física no contexto das engenharias.

Palavras-chave: *Diretrizes Curriculares Nacionais; Formação por competências; Ensino de física para as engenharias; Design Science Research; Projeto Integrador.*

I. Introdução/Justificativa

A formação do engenheiro enfrenta desafios significativos relacionados ao ensino da física, que é pilar fundante em todas as áreas das engenharias. A problemática surge da alta taxa de reprovação, da percepção negativa dos alunos em relação à relevância das ciências básicas e das características usuais dos cursos, que muitas vezes não conseguem conectar teoria e prática de forma eficaz. A inadequação pedagógica, a falta de contextualização dos conteúdos e a metodologia tradicional expositiva são frequentemente citadas como causas da desmotivação e do baixo desempenho dos alunos [1], [2], [3], [4].

A necessidade de inovação e de atualização didática no ensino de física para cursos de engenharia torna-se também evidente diante da necessidade de implementação das novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs). Essas diretrizes, entre outros requisitos, destacam uma série de competências a serem desenvolvidas pelos futuros engenheiros [5].

O conceito de inovação em educação assume papel importante na compreensão da problemática apresentada no parágrafo anterior. Em um trabalho de revisão sistemática Tavares [6]

⁷ Trabalho publicado em periódico QUALIS A1 para as grandes áreas Engenharias I e Ensino.

Costa, J. B. da C., Rodrigues, A. G., Neves, R. M. das, **Revista Brasileira de Ensino de Física. UMA PROPOSTA DE UMA ESTRUTURA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA PARA AS ENGENHARIAS: análise do componente Projeto Integrador.** (2025).

reúne evidências que permitem superar a quase-sinonímia existente entre *inovação, modernização e atualização* em educação ao extrair da própria literatura como este assunto vem sendo interpretado pelos pesquisadores dessa área. Segundo esse autor, no contexto educacional, o termo *inovação* vem sendo compreendido como: “*algo positivo a priori; sinônimo de mudança e/ou de reforma educacional; modificação de propostas curriculares; alteração de práticas educacionais costumeiras em um grupo social.*”

Para os interesses desta pesquisa, assumiu-se como foco o termo *atualização*, ao qual, no contexto educacional, admite-se carregar dois significados: Mudança ou reforma educacional, considerando a implementação das DCNs, portanto, como sendo algo de um contexto mais amplo; e, alterações de práticas usuais⁸ em um grupo social, que é exatamente o cenário desta pesquisa⁹.

De posse dessa definição Costa e colaboradores [7] conseguiram delimitar melhor o problema expresso nos parágrafos anteriores com outro trabalho de revisão sistemática, no qual investigou propostas de atualização no Ensino de Física em Escolas de Engenharia do Brasil, publicadas nos principais fóruns da área, desde 2019, ano de instituição das DCNs, até 2024. Nessa pesquisa os autores identificaram, entre outras descobertas, a falta de publicações que apresentassem estruturas didáticas completas, testadas e avaliadas que pudessem apoiar processos de atualização em Cursos de Física Básica voltados para as engenharias.

O Laboratório de Inovação Didática em Física (LIDF), grupo que desde 2017 se dedica a enfrentar os desafios no ensino de física para engenharias [8], utilizou a metodologia de Design Science Research (DSR) [9], [10] como ferramenta de Pesquisa e de Desenvolvimento P&D para a criação e avaliação de um artefato com foco na resolução do problema apresentado. O artefato desenvolvido, descrito como uma estrutura didática composta por uma heurística de desenvolvimento e por diversos recursos de planejamento e de ensino-aprendizagem, é denominado **Curso LIDF de Física Básica**.

Por intermédio dos procedimentos de avaliação Analítica e Experimental¹⁰ sobre o artefato, os autores buscaram responder a seguinte pergunta de pesquisa:

O Curso LIDF de Física Básica para as engenharias é uma estrutura didática adequada para fins de promover atualização didática alinhada ao desenvolvimento das competências previstas nas DCNs?

⁸ Considerando usuais as práticas consideradas tradicionais no ensino das físicas básicas para as engenharias, a saber, aquelas voltadas para cursos eminentemente teóricos e quase que inteiramente voltados para a resolução de problemas de “lápis e papel” de livros textos de coleções consagradas das áreas de física básica.

⁹ Por conta disso, acredita-se não haver necessidade de “carregar” os termos *inovação e modernização* no restante do documento, uma vez que estes já ficam compreendidos pela significação atribuída à *atualização* de caráter educacional.

¹⁰ A avaliação analítica diz respeito à coerência interna do artefato, ou seja, avalia se as atividades estão em conformidade com o desenvolvimento das competências destacadas pelas DCNs.

A avaliação experimental analisa o desempenho da participação dos discentes quando confrontado com a atividade proposta, ou seja, avalia-se a exequibilidade da proposta considerando que o grau de participação do discente é proporcional ao desenvolvimento das competências.

Ambos os métodos de avaliação estão descritos na seção IV.2 deste artigo.

Para esse intento serão apresentados os resultados de consistência interna do constructo, bem como a análise sobre a participação discente na componente de maior complexidade do mesmo, o Projeto Integrador PI.

II. Referencial teórico do artefato

As diretrizes curriculares nacionais da engenharia

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) da engenharia, publicadas em 2019, são um conjunto de normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) do Brasil, que definem os princípios, fundamentos, condições e finalidades para a organização, desenvolvimento e avaliação dos cursos de graduação em Engenharia. Essas diretrizes servem como fundamento para a reformulação de todos os Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPCs) e visam garantir que os egressos dos cursos de Engenharia possuam um perfil completo, composto por competências técnicas e humanísticas, a fim de formar engenheiros capazes de atuar de forma ética e responsável na sociedade.

Ao estabelecer comparações entre as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) de 2002 [11] e a versão mais recente, de 2019 [5], é possível identificar tanto semelhanças quanto diferenças significativas entre os dois documentos. Ambas as versões apresentam como foco comum a formação generalista, humanista, crítica e reflexiva dos futuros engenheiros. Também compartilham a preocupação em potencializar nos estudantes a capacidade de absorver e desenvolver novas tecnologias, promovendo, assim, uma formação capaz de acompanhar os avanços científicos e tecnológicos.

Tais semelhanças, no entanto, não se esgotam nesses aspectos. Para fins desta análise, opta-se por aprofundar o exame da principal diferença entre os documentos: o paradigma formativo proposto em cada uma das edições.

Nesse sentido, mesmo já adotando o paradigma da formação por competências, as DCNs de 2002 ainda apresentam um modelo fortemente centrado em conteúdos técnicos e específicos da engenharia, apoiado em uma abordagem tradicional de ensino, baseada na transmissão de conhecimentos de forma fragmentada e sequencial.

Em contraste, as DCNs de 2019 representam uma mudança de perspectiva significativa, ao trazer o foco para o desenvolvimento de competências e habilidades amplas, indo além do domínio técnico. A nova diretriz valoriza uma aprendizagem centrada no estudante, incentivando o uso de metodologias ativas e promovendo uma formação integral que contempla, além dos conhecimentos técnicos, aspectos éticos, sociais e ambientais. Essa atualização alinha a formação dos engenheiros às exigências contemporâneas da sociedade e do mercado de trabalho, incorporando práticas pedagógicas inovadoras que favorecem a autonomia, o pensamento crítico e a capacidade de adaptação a cenários em constante transformação.

O desenvolvimento de competências e as DCNs

O cerne das DCNs atuais para Engenharia reside na centralidade do desenvolvimento de competências como eixo estruturante dos currículos. Esse princípio fundamental reconhece que a

formação do engenheiro não se limita à aquisição de um conjunto de conhecimentos teóricos, mas envolve a capacidade de mobilizar esses conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver problemas concretos e atuar de forma eficaz em diferentes situações profissionais, em geral buscam que não apenas "saibam", mas que também "saibam fazer" e "saibam ser"(CNI, 2020, p. 16).

Para compreender como o ensino de física básica pode contribuir para a formação de engenheiros competentes, é essencial definir o conceito de competência e explorar as diferentes dimensões envolvidas em seu desenvolvimento.

O conceito de competência é multifacetado (Holmes; Polman Tuin; Turner, 2021) e tem sido abordado por diversos autores em diferentes campos do conhecimento, como a pedagogia (Dias, 2010), a psicologia, a gestão de recursos humanos (Spencer; Spencer, 1993) e da engenharia (Neves, 2006). Em linhas gerais, uma competência pode ser definida como a capacidade de mobilizar, integrar e transferir conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver problemas complexos e atuar de forma eficaz em um determinado contexto.

- Philippe Perrenoud: Defende que as competências são a capacidade de mobilizar um conjunto de recursos (saberes, habilidades, informações, etc.) para solucionar um tipo de situação complexa. Ele enfatiza a importância da articulação entre diferentes tipos de conhecimento e da capacidade de agir de forma pertinente diante de desafios (Perrenoud, 2021).
- Guy Le Boterf: Propõe uma visão integradora da competência, que envolve o "saber agir" (mobilização de recursos), o "querer agir" (motivação e engajamento) e o "poder agir" (contexto e recursos disponíveis). Sua abordagem destaca a dimensão prática e contextual da competência(Le Boterf, 2002).
- Cheetham e Chivers: Em sua análise sobre competências profissionais, enfatizam a combinação de conhecimentos, habilidades e comportamentos necessários para um desempenho eficaz no trabalho. Eles distinguem entre competências técnicas (relacionadas ao domínio específico da profissão) e competências genéricas ou transversais (aplicáveis a diferentes contextos)(Cheetham; Chivers, 1996).

No contexto das atuais DCNs para Engenharia, o conceito de competência, expresso em seu artigo 4º, abrange tanto o domínio dos conhecimentos científicos e tecnológicos específicos da física quanto o desenvolvimento de habilidades e atitudes que permitam ao futuro engenheiro aplicar esses conhecimentos de forma criativa, crítica e responsável na solução de problemas de engenharia (CNE, 2019).

As DCNs para Engenharia não prescrevem um método único para o desenvolvimento de competências, mas enfatizam a necessidade de abordagens pedagógicas que promovam a participação ativa dos estudantes, a integração entre teoria e prática, a contextualização do aprendizado e a avaliação formativa.

As diretrizes sugerem no (Capítulo III, artigo 6º, Item 7º) a adoção de metodologias que estimulem:

- A aprendizagem ativa e que coloquem o estudante no centro do processo de aprendizagem, incentivando a investigação, a descoberta e a construção do conhecimento de forma autônoma e colaborativa (inciso 6º).
- A interdisciplinaridade: A articulação entre diferentes disciplinas, mostrando como os conceitos da física se relacionam com outras áreas da engenharia e com o mundo real (Inciso 4º).
- A contextualização: A apresentação dos conteúdos da física em relação a problemas e aplicações da engenharia, tornando o aprendizado mais significativo e motivador (Inciso 2º).

O ensino de física nas DCNs

O ensino de Física recebe um papel de destaque nas DCNs, conforme estabelecido na Resolução CNE/CES nº 1, de 2 de abril de 2019, especialmente no Capítulo III – Da Organização dos Cursos de Engenharia. O Artigo 9º, §1º, determina que todas as habilitações em Engenharia devem contemplar conteúdos básicos obrigatórios, entre eles a Física, ao lado de outras áreas fundamentais como Matemática, Química, Estatística e Ciência dos Materiais. Essa inclusão reforça o reconhecimento da Física como disciplina estruturante, essencial para o desenvolvimento das competências técnicas e científicas requeridas para o exercício profissional da engenharia.

Além disso, o §3º do mesmo Artigo 9º especifica que devem ser previstas atividades práticas e de laboratório tanto para os conteúdos básicos quanto para os específicos e profissionais, sendo indispensáveis nos casos de Física, Química e Informática. Isso mostra que a Física não deve ser tratada apenas como conhecimento teórico, mas também como uma área que exige experimentação e aplicação prática, contribuindo de forma significativa para a formação crítica e investigativa do engenheiro.

As competências nos PPCs influenciados pelas DCNs

Além desses papéis é necessário dar destaque a elaboração do conjunto de competências gerais a serem garantidas na formação do engenheiro [5].

Desta forma, o desenvolvimento de competências, como explicitado a nível “macro” nas DCNs e adaptadas ao nível “meso” nos PPCs, assume papel central na formação dos engenheiros [12], [13]. É importante ressaltar que essas diretrizes nacionais documentam fortemente a necessidade de sólida formação em ciências básicas. De posse dos objetivos formativos mais gerais requeridos para o artefato (ver final da seção II.2), cabe investigar quais abordagens metodológicas subsidiam a construção dos recursos que compõem o mesmo. Apresenta-se, em seguida, as metodologias de maior relevância para o design do componente de maior complexidade do artefato: o Projeto Integrador (PI).

A Instrução por modelagem

A Instrução por Modelagem IM, proposta pelo Físico e americano David Hestenes, é segundo a American Modeling Teachers Association [14], uma estrutura metodológica projetada para envolver os alunos em todas as etapas da modelagem: construção, teste, análise e aplicação de modelos científicos. Complementar ao trabalho de Hestenes, desenvolveu-se no Transformative Learning Technologies Lab TLTL, a Modelagem Bifocal MB, a qual complementa os ciclos de

modelagem de Hestenes com uma nova dimensão, na qual o aluno é desafiado a desenvolver paralelamente um modelo físico e outro computacional. Na Figura 08 expressa-se de maneira sintética os princípios dessa abordagem metodológica [15].

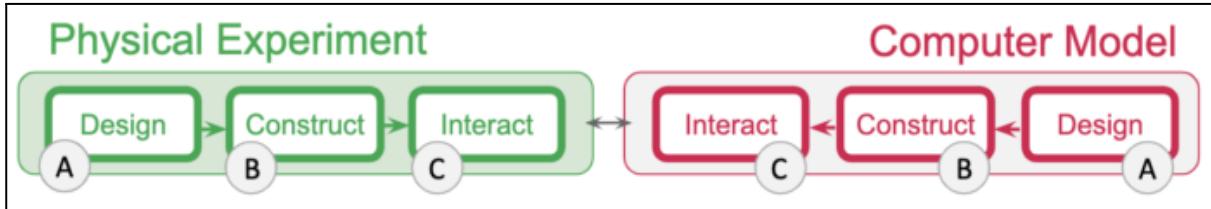


Figura 08: Infográfico que ilustra as etapas da MB. Retirado de[15]

Propostas metodológicas que se utilizam de modelos são consolidadas no ensino de engenharia. A Escola Politécnica da Universidade de São Paulo USP há mais de duas décadas desenvolve modelos de estruturas e experimentos para complementar os ensinamentos em sala de aula [16]. Na Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará UFPA também foi feito uso de modelos didáticos nos trabalhos desenvolvidos no âmbito do então Laboratório Didático (LABDID) por [17]. Atualmente, esta linha metodológica segue em desenvolvimento em diversos trabalhos desenvolvidos pelo LIDF [18], [19], [20].

III. Apresentação do artefato desenvolvido

Em 1969, Herbert Simon lança sua obra seminal “*The Sciences of the Artificial*” [21], na qual propõe um novo paradigma metodológico e científico para trabalhar de forma mais eficaz, aquilo que é desenvolvido por projeto, ou seja, por constructo humano, sendo, portanto, voltado para algo de natureza artificial. Simon argumenta que um artefato pode ser discutido em termos descritivos (referindo-se à comunicação detalhada de seus principais componentes e informações) e imperativos (no sentido de definir questões normativas de seu desenvolvimento, ou seja, os princípios de design que guiaram sua concepção) [9].

O artefato desta pesquisa é uma proposta de atualização didático-metodológica para atender a um curso de Física Básica (Física I – Mecânica) voltado para a formação de engenheiros. Mais especificamente, pode ser definido como uma estrutura didática composta por uma concatenação estratégica de recursos instrucionais específicos que foram desenvolvidos com a finalidade para fazer frente às necessidades de uma atualização didático-metodológica que esteja alinhada aos princípios de desenvolvimento das competências previstas nas DCNs [5].

Tal artefato pode, também, ser qualificado como um Produto Educacional (PE), pois neste contexto Rizzatti e colaboradores [22, p. 4] definem PE como: “[...] o resultado tangível oriundo de um processo gerado a partir de uma atividade de pesquisa, [...] que deve ser elaborado com o intuito de responder a uma pergunta/problema oriunda do campo de prática profissional, podendo ser um artefato real ou virtual, ou ainda, um processo”.

Os elementos que o compõem se dividem em dois grupos: Recursos de Planejamento e Gestão (recursos voltados para uso docente, com os quais os alunos não têm interação direta) e o Recursos de Ensino e Aprendizagem. Para o presente trabalho é apresentado e avaliado apenas os recursos referidos como sendo de ensino-aprendizagem.

III.1 Apresentação dos componentes do artefato em termos **descritivos**.

Neste trabalho os recursos de ensino-aprendizagem são definidos como toda e qualquer composição de uma ou mais ações envolvendo interação do tipo professor-aluno, monitor-aluno ou aluno-aluno voltadas para consecução de objetivos de aprendizagem ou para formação de habilidades/competências.

São apresentados em grupos, tais como:

- a) *que integram teoria e prática*: Tais recursos proporcionam uma vivência mais profunda dos conceitos estudados no curso. São esses: Projeto Integrador e Atividades Mão na Massa. (itens 1 e 2 do Quadro 01);
- b) *com ênfase na metacognição*: Esses recursos possuem como característica o incentivo aos alunos para que reflitam sobre seu próprio processo de aprendizado. São esses: Aprendizagem Crítica de Rodrigues [23]; O Que Está em Jogo; Perguntas Instigantes; Objetivos de Aprendizagem; O Que Está em Jogo; Portfólios. (respectivamente: itens 3, 4, 5, 6 e 11 do Quadro 01);
- c) *de preparação para as atividades*: Recurso que permite ao aluno ter tempo para mobilizar saberes e lacunas educacionais, tornando o momento presencial mais rico e intenso (item 7 do Quadro 01). Recurso: Teste de Leitura;
- d) *voltados para a avaliação/aprendizagem dos estudantes*: Esses recursos incluem modalidades avaliativas como listas e provas. No entanto, diferem significativamente em sua concepção e nas abordagens metodológicas utilizadas em sala de aula, quando comparados a recursos com o mesmo “rótulo” desenvolvidos em cursos de graduação de abordagem mais tradicional. São esses: Listas conceituais e seus processos de resolução; Listas e resoluções dialogadas de exercícios e problemas; Avaliação escrita individual (respectivamente: itens 8, 9 e 10 do Quadro 08).

	Nome	Descrição do recurso
1	Projeto integrador LIDF (PI)	É a atividade de ensino-aprendizagem mais complexa e desafiadora do artefato, a qual é baseada na Instrução por Modelagem [24], [25] e na Aprendizagem Baseada em Projetos ABPj [26], [27], sendo especialmente inspirada nos trabalhos desenvolvidos na Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo USP [28]. O PI LIDF desafia o aluno a projetar, construir e comparar modelos físico e computacional vinculados a situações-problemas propostas ou não pela equipe docente que são análogas à prática profissional do engenheiro. Os alunos trabalham em equipe e produzem um relatório estruturado com base no que é fornecido pela equipe LIDF. Ao final deste percurso, defendem seus projetos de forma oral perante uma banca de

		<p>avaliadores. Os alunos são estimulados a executar o projeto cumprindo marcos na forma de entregas claras com datas previstas em um cronograma, por exemplo: o memorial de cálculo do modelo. Os alunos contam ainda com vários recursos desenvolvidos para apoiar essa atividade. São eles:</p> <p>a) Guia do Projeto Integrador; b) Guia Sintético do PLLIDF; b) Tutorial de ferramenta de modelagem FTOOL; c) Tutorial de Software de Cálculo MathCad; d) Orientação para a confecção do Diário de Bordo da Pesquisa; e) Rubrica de avaliação da apresentação e f) Modelo de Relatório.</p>
2	Atividade Mão na Massa (AMM) LIDF	<p>Buscando promover oportunidade de aprendizagem pela prática [24], [25], [29]. A equipe LIDF desenvolveu atividades experimentais que permitem aos alunos trabalhar em grupos de forma investigativa (diferente de práticas usuais de laboratório baseadas em procedimentos do tipo "receita de bolo") onde a tomada de medidas físicas tem relevância e os alunos devem decidir o que deve ser medido e como será medido. As atividades são planejadas com um grau de complexidade adequado às condições de tempo, público e espaço físico disponíveis. Em alguns casos requerem um espaço físico e recursos apropriado para que os alunos possam se movimentar e interagir com os experimentos típicos da AMM¹¹ [30]. As AMMs se materializam para o aluno na forma de fichas como os exemplos a seguir da Máquina de Atwood e Momento de Inércia.</p>
3	Aprendizagem Crítica de Rodrigues (ACR) [23].	<p>É um protocolo metacognitivo proposto por Rodrigues [13] que propõe ao aluno questionar-se sobre o processo de aprendizado. O exercício compreende um total de quatro auto-questionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) O que eu sei? b) O que eu não sei? c) Porque eu não sei? d) Porque eu deveria saber? Ou de outra forma, isso está relacionado a que? <p>O recurso é aplicado recursivamente ao longo de todo o curso a fim de que o aluno sempre se conscientize sobre suas dificuldades, limitações e dos seus “pontos de partida” em nível conceitual e operacional, a fim de permitir que os elos entre os conhecimentos os seus conhecimentos prévios e os adquiridos se tornem mais duradouros e significativos.</p>
4	O que está em jogo	<p>É uma atividade em que o professor em sala de aula dialoga sobre as intencionalidades didáticas e sobre a relevância das atividades propostas para os alunos, utilizando um inventário previamente construído. Compreendendo ser essencial a busca de uma aprendizagem realmente significativa [23], [31] criou-se essa estratégia que visa dar clareza ao aluno em relação aos aspectos formativos quanto ao que será mobilizado. Este recurso ajuda a contextualizar o conteúdo, seja declarando aos estudantes as habilidades/competências almejadas para a atividade proposta, seja tratando sobre os princípios de aplicação prática do que estão aprendendo ou sobre o que estão mobilizando na resolução do problema/situação trabalhada. Cada atividade LIDF tem seu próprio inventário O que está em jogo, como exemplo observe o recurso Prova LIDF: O que está em jogo na Avaliação.</p>
5	Perguntas instigantes	<p>Envolve a formulação de questões que desafiam os alunos a pensar criticamente e a refletir profundamente sobre o conteúdo estudado, ajudando o aluno a discernir e compreender o conceito central da pergunta de maneira precisa. Essas perguntas são</p>

¹¹ Os aparelhos experimentais utilizados nas AMMs são, por princípio, diferentes dos kits industrializados, que são muitas das vezes construídos para minimizar os erros na tomada de medidas, limitando que os alunos possam tomar decisões (certas ou erradas) sobre o que medir e como medir. Em muitas situações nos cursos do LIDF os kits industrializados são desmontados e recombinados para só assim, serem disponibilizados aos alunos com outras possibilidades e intencionalidades formativas.

		projetadas para ir além da simples memorização de fatos, incentivando os alunos a explorar diferentes perspectivas, fazer conexões e desenvolver habilidades de pensamento crítico. O recurso emerge do professor ou dos alunos sob estímulo do docente e podem ser de qualquer natureza (conceituais, procedimentais, aplicadas, epistemológicas, etc...) ou grau de complexidade. Podem ser consideradas como fontes de perguntas instigantes: Listas conceituais do curso; dúvidas em relação ao procedimento de resolução de uma questão ou situação-problema proposta; desafio conceitual proposto em livro texto (ou de qualquer outra fonte); questionamentos em relação à aplicação dos conhecimentos em um contexto real de experimento ou de aplicação ao mundo das engenharias; questionamentos de natureza histórica ou filosófico a respeito de algum conceito e/ou teoria; questionamento sobre implicações éticas do conhecimento científico; etc. Normalmente separa-se uma parte do quadro (à direita) para o registro dessas perguntas em cada encontro letivo. A seguir, um documento que reúne as perguntas instigantes presentes nos relatórios do PI produzidos pelos alunos. Inventário de Questões Instigantes
6	Objetivos de Aprendizagem	São declarações claras e específicas feitas pelo professor que descrevem o que os alunos devem ser capazes de fazer ou entender após a conclusão da atividade. São normalmente, mas não obrigatoriamente, organizados com base nos capítulos da estrutura didática. Eles são fundamentais para orientar o planejamento e a avaliação do ensino, garantindo que tanto educadores quanto alunos tenham uma direção clara a seguir. Ajuda também a definir expectativas, motivar o engajamento, ao mesmo tempo que facilita a avaliação do progresso, permitindo que todos saibam exatamente o que se espera alcançar. Este recurso é construído com uma ferramenta autoral subsidiada pela Taxonomia de Bloom [32]. A ferramenta de desenvolvimento do recurso sendo aplicado a uma avaliação na disciplina é apresentada como exemplo (Prova de Vetores)
7	Teste de leitura (Sala de Aula invertida adaptada)	Nesta atividade utiliza-se recursos de sala de aula invertida [33] no qual o aluno recebe previamente o material para preparar-se para a aula, sendo inquirido na forma de um formulário eletrônico sobre aspectos de sua leitura. Exemplo de teste de leitura no. Teste de Leitura
8	Listas conceituais e seus processos de resolução	Recurso caracterizado por listas com questões originais que abordam conceitos-chaves ou estruturantes para a disciplina, abordando desde da concepção intuitiva do conceito até a conceituação matemática rigorosa do mesmo, passando por esmiuçar grandezas físicas, relações de dependência e análise dimensional. Incluem também aspectos que trabalham o ponto de partida do conceito em uma determinada situação-problema, passando por análise de casos limites entre outras possibilidades. Alunos recebem uma lista com questões conceituais com pelo menos 48hs de antecedência ao encontro presencial, respondem e debatem em sala com a mediação do professor. No debate deve-se buscar equidade na participação. Com base neste princípio é produzida em sala de aula uma construção colaborativa das respostas com foco na excelência conceitual apoiada na síntese que o professor consolida no quadro. Como exemplo do recurso, disponibilizamos três listas no link .
9	Listas e resoluções dialogadas de exercícios e problemas	A resolução dialogada de exercícios e problemas concebida pelo LIDF é uma abordagem que promove a interação e a troca de ideias entre alunos e professores, preferencialmente na solução de problemas clássicos como aqueles que definem situações estruturantes da disciplina ou módulo, por exemplo no ciclo da dinâmica: problemas envolvendo blocos suspensos por cordas e polias em planos inclinados com diferentes angulações e condições de atrito. Possibilitam aos alunos a mobilização de saberes que estão relacionados aos objetivos de aprendizagem (do módulo) e/ou formativos do curso. O recurso pode ser potencializado com o uso concatenado com

		outros instrumentos metacognitivos do artefato, tais como O que está em jogo, Aprendizagem Crítica de Rodrigues; Perguntas Instigantes. O material é disponibilizado ao aluno para que de forma autônoma possa lidar com exercícios selecionados, originais e/ou adaptadas livro texto, com diversos graus de dificuldades. link com exemplo
10	Avaliação escrita individual	O recurso é concebido e estruturado levando em consideração os seguintes aspectos: Objetivos de Aprendizagem do módulo; as competências almejadas para o curso, níveis cognitivos de Bloom e a tabela do que está em jogo (item 4 deste quadro). Busca desafiar o aluno com questões abertas ricas em análises conceituais, procedimentais e operacionais. Esse tipo de avaliação vai além da simples memorização de informações, exigindo que os alunos demonstrem um entendimento profundo e apliquem seu conhecimento de maneira crítica, reflexiva e metacognitiva. Um exemplo do recurso está disponível no link .
11	Portfólio	Documento individual no qual o aluno apresenta um conjunto de perguntas/questões que são escolhidas por ele próprio por serem consideradas como instigantes e/ou importantes para a sua aprendizagem e formação. A escolha pode ser relacionada à escolha das questões instigantes realizadas ao longo do curso, mas não fica restrita a ela. O aluno deve responder a cada pergunta escolhida e justificar a escolha da mesma para compor o documento. Em cada encontro os alunos são estimulados pelo professor a criarem e registrarem seus próprios questionamentos a respeito do objeto de conhecimento trabalhado. Tal recurso constitui-se como um recurso de dupla finalidade que demanda e promove engajamento cognitivo de alto nível e que, como tal, pode contribuir para uma aprendizagem significativa para os aprendizes. Os alunos contam com a orientação do professor bem como o documento de Orientação a seguir: Orientação Portfólio

Quadro 08: Quadro de apresentação dos recursos de ensino - aprendizagem

A apresentação dos principais recursos de ensino-aprendizagem do artefato não visa esgotar as múltiplas possibilidades de composição de usos didáticos entre tais recursos. Todavia, a partir da explicação e da exemplificação, admitimos ser possível fornecer subsídios para a defesa de que os mesmos possuem potencialidade de promover o desenvolvimento de competências destacadas nas DCNs.

III.2 Apresentação do artefato em termos **imperativos**

Apresentamos o delineamento do artefato por intermédio da chamada *triáde estruturante*, composta pelos seguintes elementos: *Questionamentos Estruturantes; Requisitos Fundamentais; Objetivos Formativos*.

A Figura 09, apresenta a triáde e seus elementos em um fluxograma que representa a heurística de desenvolvimento do artefato. De acordo com esse fluxograma, da relação entre o problema a ser resolvido e a concepção de educação defendida pelo pesquisador, emergem três elementos que, quando inter-relacionados e coerentemente alinhados, fornecem aos designers subsídios para a concepção e construção de atividades com potencial para enfrentar o referido problema de pesquisa.

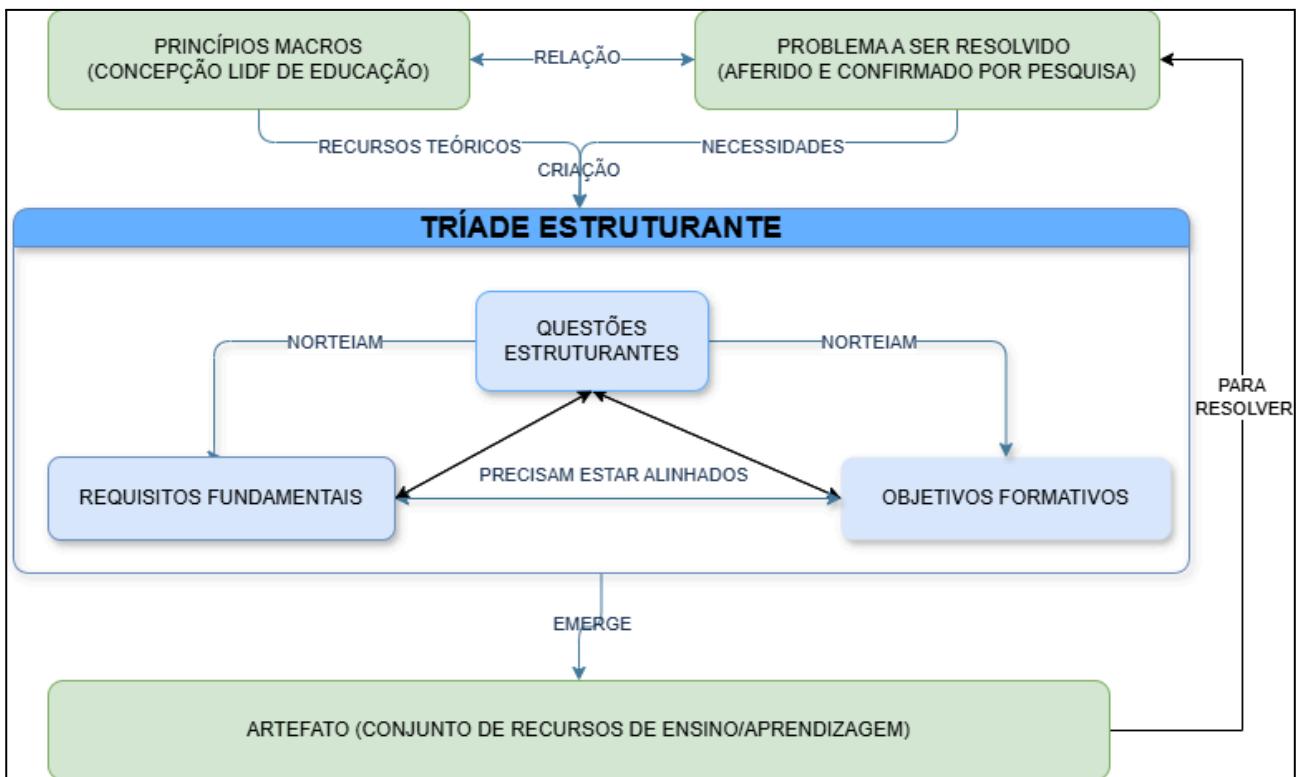


Figura 09: Fluxograma explicitando a concepção da Tríade Estruturante na heurística de desenvolvimento do artefato (explícita no balão na cor azul)

Os *Questionamentos Estruturantes* (QE) contribuem para nortear e sintetizar alguns aspectos essenciais para o planejamento do artefato em forma de indagações de natureza didática e/ou epistemológica que permitem levantar possibilidades de escolha docente de diversas ordens. Esses questionamentos estão expostos no Quadro 09.

SIGLA	Questionamentos estruturantes desenvolvidos no trabalho
QE.1	Como transmitir aos alunos a responsabilidade em ser protagonista do processo de aprendizagem? Como colocá-los no “jogo” para provocar mudança de atitude por parte deles, ao mesmo tempo em que destaca-se os desafios enfrentados pelo engenheiro e a centralidade do papel do estudante?
QE.2	O que os alunos consideram importante para a formação deles? Ou ainda, como eles percebem as principais intencionalidades didáticas e formativas por parte do docente?
QE.3	Quais saberes, habilidades e competências devem ser levados em conta na física básica para a formação de engenheiros?
QE.4	Que vivências almeja-se para a formação dos engenheiros? Que práticas de ensino-aprendizagem e avaliativas devem ser proporcionadas aos alunos? Que tipos de desafios e de tarefas devem ser propostas?

Quadro 09: Questionamentos estruturantes componente da heurística de desenvolvimento

Os Requisitos Fundamentais (RF), expressos no Quadro 10 a seguir, levam em consideração as demandas indiretamente apontadas pelos questionamentos citados anteriormente. Em acordo com tais requisitos, o artefato deve:

SIGLA	Requisitos fundamentais para inovação didática de qualidade efetiva
RF.1	Levar em consideração a curiosidade e a percepção do aprendiz em relação ao que é apreendido por ele próprio;
RF.2	Estimular questionamentos reflexivos visando a promoção de aprendizagem significativa.
RF.3	Conter atividade complexa baseada em projetos (ABPj) que emule a prática usual do engenheiro;
RF.4	Atender a um conjunto de habilidades e competências previamente estabelecidas;
RF.5	Estar alinhado às práticas inovadoras;
RF.6	Conter variados e diversificados recursos de ensino-aprendizagem a fim de atender diversas demandas formativas;
RF.7	Conter atividades experimentais investigativas;
RF.8	Conter ampla variedade de modalidades avaliativas;
RF.9	Ser adequado à carga horária prevista no PPC do curso.

Quadro 10: requisitos fundamentais de design do artefato

Além dos dois elementos de design explicados anteriormente, foi necessário produzir também *Objetivos Formativos* (OF) que, além de alinharem-se com os *Requisitos Fundamentais* (RFs), devem ser sinérgicos às DCNs e aos Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPCs) de engenharia, de forma a alinhar e refinar a finalidade do artefato. Esses objetivos estão dispostos no Quadro 11.

SIGLA	Objetivos fundamentais para inovação didática de qualidade efetiva
OF.1	Analisar e compreender conceitualmente os fenômenos físicos por meio de modelos físicos matemáticos e computacionais verificados e validados por experimentação;
OF.2	Conceber, projetar, analisar e gerenciar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos;
OF.3	Comunicar-se eficazmente na forma escrita, oral e gráfica;
OF.4	Desenvolver/Potencializar a capacidade de trabalho em equipe;
OF.5	Aprender de forma autônoma a lidar com situações e contextos complexos sendo capaz de assumir atitude investigativa e autônoma com vista também a aprender a aprender.

Quadro 11: Objetivos formativos de design do artefato

O conjunto OF apresentado representa uma das “saídas” previstas no DSR, definida como a “formalização das faces do problema” ¹²[8, 2021, p. 134]. Para esta pesquisa, trata-se da síntese dos objetivos formativos almejados para o artefato que tem como função delimitar o que pode ser atendido por uma disciplina de Física Básica, considerando as competências gerais previstas no artigo 4º da DCN.

Vale ressaltar que, diferentemente dos outros elementos da tríade, os OFs, são apresentados aos alunos no primeiro dia de aula como parte da atividade de apresentação do plano de curso da disciplina.

III.3 - O Projeto Integrador: principal elemento do artefato

O componente desenvolvido que mais fortemente mobiliza competências, e que, consequentemente, é o de maior complexidade na estrutura didática é o Projeto Integrador (PI). Para o PI foco de interesse deste trabalho, os alunos foram desafiados a construir um modelo físico de uma ponte treliçada fazendo uso de hastes de madeira (palitos de picolé) e concomitante a isso, um modelo matemático-computacional da mesma estrutura. Os modelos físico e virtual deveriam ser comparados em um ensaio destrutivo de carga, permitindo ao aluno comparar o desempenho previsto no modelo matemático-computacional com o desempenho real.

Uma série de ferramentas, apresentadas sinteticamente no Quadro 12, foram desenvolvidas ou adaptadas para servirem de suporte aos alunos no enfrentamento do desafio proposto no PI. A partir desse quadro tem-se uma visão de composição e da finalidade de cada recurso utilizado.

Recurso (ferramenta)	Finalidade no PI
Guia PI - LIDF	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar o desafio proposto; - Apresentar as etapas previstas para o projeto; - Clarificar os papéis e as ações de todos os participantes (equipe de coordenação e estudantes); - Delinear as competências gerais e transversais a serem desenvolvidas no projeto; - Elaborar o cronograma contendo todos os marcos de entrega previstos no projeto; - Descrição das modalidades e dos critérios de avaliação utilizados no projeto (tanto para o relatório quanto para a apresentação da pesquisa); - Referências bibliográficas. - Estrutura de apêndices (Esboço do Modelo Físico; Imagem do Modelo Computacional; Tabela de Conceitos e/ou Mapa Conceitual; Questões Desafiadoras)
Regras do desafio	Orientar os alunos e facilitar a orientação dos alunos em relação ao que é permitido em termos de materiais e de formatos de ponte.
Manual de Diário de Bordo	Orientar o registro dos processos que levam a equipe a cumprir o desafio
Modelo de relatório	<ul style="list-style-type: none"> - Orientar os alunos na confecção do relatório. - Tornar transparente os requisitos para avaliação do relatório pelo professor.

¹² Por saída, compreenda-se um dos resultados (outputs) decorrentes do processo da pesquisa.

	- Explicar o que é cada um dos itens presentes do Relatório de Pesquisa
Rubrica de avaliação	Guiar professores e alunos sobre o modo como estão sendo avaliados, quais são as habilidades, conhecimentos e/ou atitudes que se espera potencializar.
Práticas integrativas	São treinamentos, recursos ou tutoriais destinados a apoiar os alunos no cumprimento do desafio.

Quadro 12. Apresentação das ferramentas disponibilizadas aos alunos

Para clarificar o entendimento do leitor em relação à aplicação do PI são apresentadas as etapas de desenvolvimento que constam no Guia PI - LIDF, o qual foi disponibilizado em formato digital na plataforma virtual Google for Education que hospedou a sala de aula virtual da disciplina.

Primeira etapa: engajamento

Neste projeto as seguintes questões instigantes foram estabelecidas: Como a física pode ajudar um engenheiro a projetar com segurança uma ponte? Como a física pode ajudar um engenheiro a prever a resistência de uma ponte? Qual a importância das pontes para a vida das pessoas? Como a engenharia civil consegue vencer grandes vãos compondo e juntando elementos menores e de menor resistência? O que a física tem com isso?

Dado esse conjunto de perguntas-instigantes é então apresentado o desafio aos alunos: Como é possível vencer um vão livre de 80 cm utilizando palitos de picolé?

Esse formato de apresentação satisfaz um dos critérios de design previstos pela equipe LIDF, o qual estabelece que os projetos propostos devem possuir um alto grau de autenticidade, no sentido de colocar o estudante em condições de experimentar práticas análogas às de um profissional da sua área, mas de forma compatível e coerente com o ferramental conceitual, matemático e computacional ao seu momento no curso.

Segunda etapa: construção do modelo físico

Cada equipe escolheu seu projeto de ponte e construiu dois exemplares de modelos físicos (o modelo escolhido e a réplica deste) de uma ponte treliçada utilizando hastes de madeira (palitos de picolé) ligando-os com cola, como pode ser observado na Figura 10.

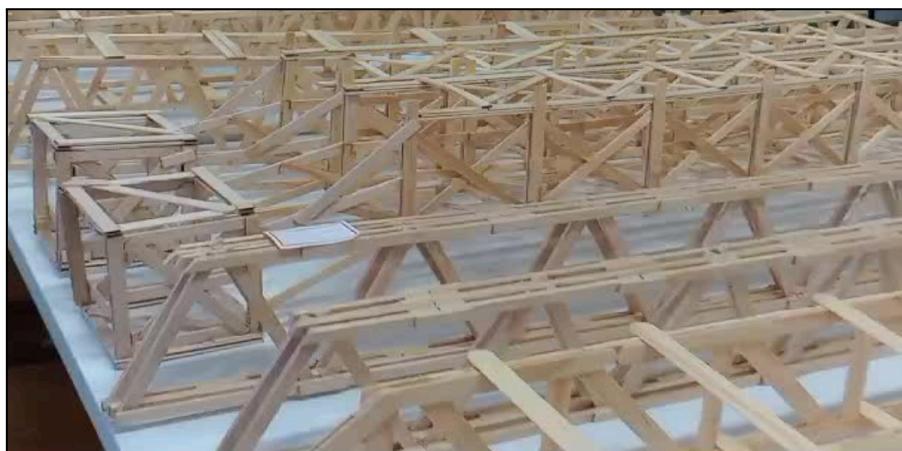


Figura 10. Conjunto de Pontes de Palito construídas pelas equipes.

As equipes que solicitaram, receberam suporte e orientação da equipe LIDF quanto à construção e às escolhas de materiais.

Terceira etapa: construção do modelo computacional

Os alunos construíram um modelo matemático-computacional, o qual foi executado com auxílio do software FTOOL¹³ (Figura 11).

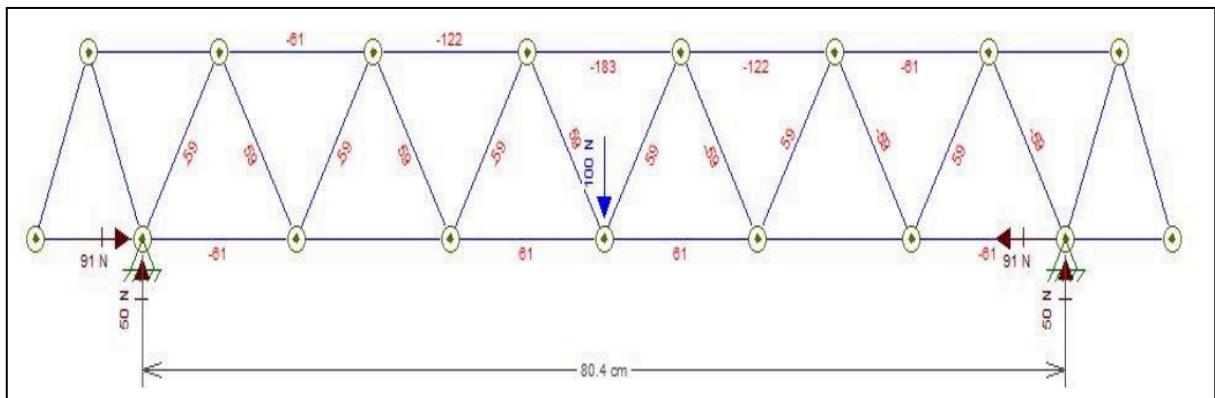


Figura 11. Modelo computacional desenvolvido por uma das equipes.

Foi elaborado e disponibilizado aos alunos um tutorial de uso do software FTOOL. Os discentes desenvolveram seus modelos e assim fizeram a previsão das forças atuantes em cada barra da treliça. Com as informações de tensão máxima suportada foi possível prever a carga teórica de ruptura do modelo de ponte construído.

Quarta etapa: ensaio destrutivo

As equipes foram orientadas a construir dois modelos idênticos. O primeiro modelo foi ensaiado previamente, a fim de permitir às equipes a comparação entre o desempenho previsto e o observado e refletir sobre as discrepâncias encontradas. O segundo modelo foi submetido uma carga crescente e pontual a meia-distância dos pontos de apoio no momento da apresentação pública de seus trabalhos (ver Figura 12).

¹³ O programa Two-dimensional Frame Analysis Tool (Ftool) foi desenvolvido por um projeto de pesquisa coordenado pelo professor Marcelo Gattass do Departamento de Informática da PUC-Rio e está disponível para download em <https://www.ftool.com.br/Ftool/>.



Figura 12. Equipe de alunos realizando ensaio destrutivo.

A carga de colapso encontrada foi comparada com a memória de cálculo do modelo computacional, e, como tal, permitiu aos alunos fazer considerações e comparações quanto à resistência máxima entregue pelos modelos físico e computacional.

Quinta etapa: apresentação pública da pesquisa

Organizou-se um evento para apresentação dos trabalhos¹⁴. Foram convidados avaliadores externos para apreciar as apresentações utilizando ferramentas construídas para esse propósito ([disponíveis no link](#)). Nessa etapa foi destacado aos alunos a importância da pesquisa realizada, no sentido da mesma ser uma oportunidade de desenvolver competências fundamentais para a vida acadêmica e profissional.

Vale ressaltar que por decisão da professora do quadro da FEM que atuou como consultora do LIDF, o evento serviu para a seleção de alunos para representar a faculdade na etapa nacional do concurso de pontes da SAMPE¹⁵ Brasil, uma versão nacional de uma competição conhecida internacionalmente como “Student Bridge Contest”, que envolve escolas de engenharia de todo o mundo.

IV. Método

Em linhas gerais, a pesquisa cujo percurso está ilustrado na Figura 13, encarrega-se com o desenvolvimento, a aplicação e a avaliação de um produto educacional. Trata-se, portanto, de uma pesquisa aplicada [28, p. 8]. Ademais especificamente, utiliza-se a metodologia Design Science Research (DSR), a qual possui foco no projeto de artefatos e na produção de conhecimentos relevantes para a solução de um problema real [9].

¹⁴ Tal etapa também faz parte dos requisitos estabelecidos pelo campo metodológico ABPj.

¹⁵ Segundo informações dispostas no site institucional, a SAMPE é a maior associação técnica do planeta focada na disseminação do conhecimento de materiais e processos de engenharia avançados. [34].

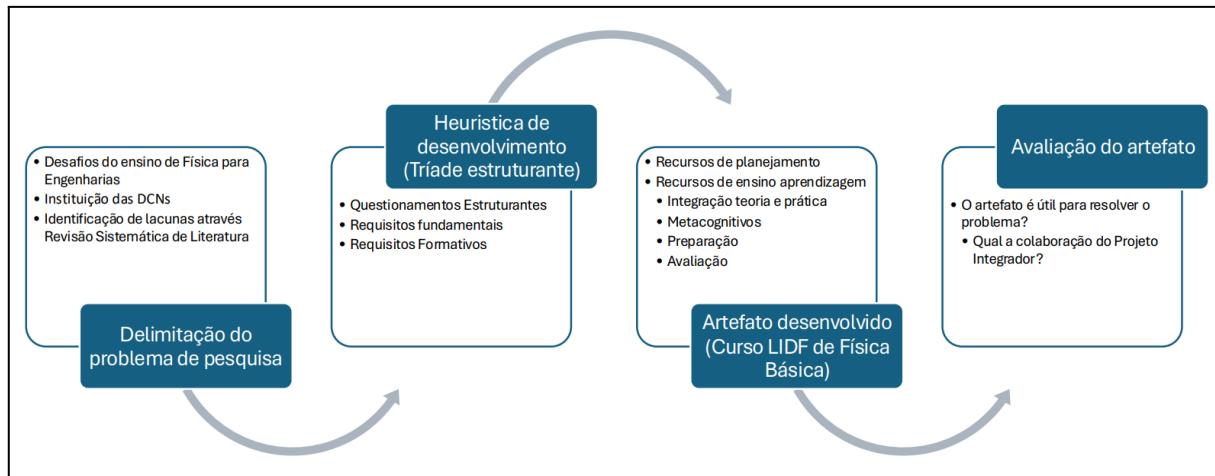


Figura 13. Ilustração do fluxo de desenvolvimento da pesquisa

IV.1 DSR: método de desenvolvimento do artefato

O fluxograma de desenvolvimento ilustrado na Figura 14 apresenta um processo estruturado para conduzir a pesquisa. O processo começa com a identificação e classificação do problema, seguida pela revisão de literatura e definição dos objetivos. Em seguida, passa-se para o planejamento da pesquisa, em que se desenvolve e avalia um artefato específico para resolver o problema identificado. Finalmente, a qualificação dos pesquisadores envolve: a melhoria contínua do artefato; a aplicação prática dos resultados; a revisão crítica da pesquisa e a comunicação dos resultados.

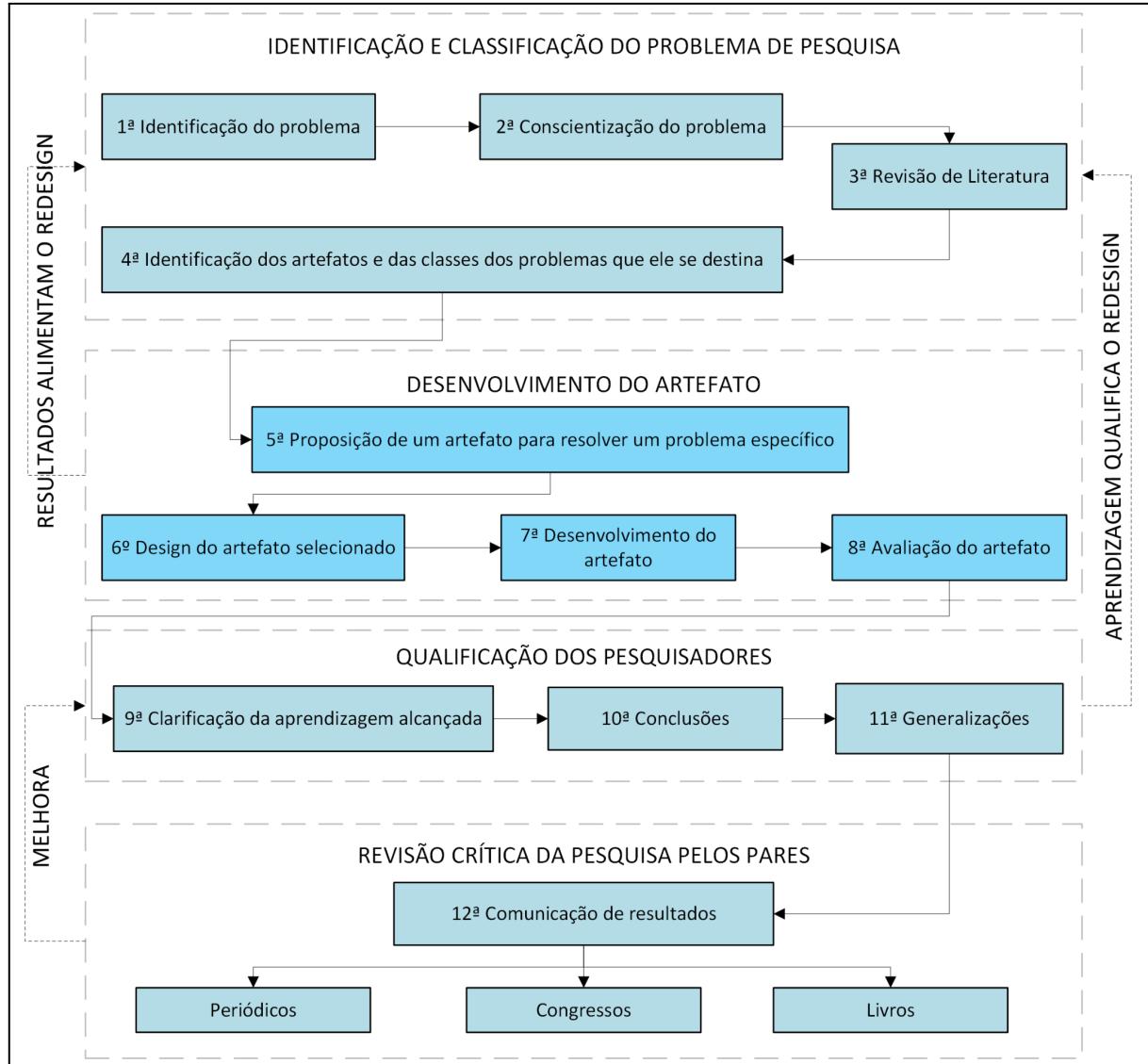


Figura 14 - Fluxo de desenvolvimento do artefato - adaptado de [9, p. 125]

Pesquisas baseadas em design devem passar por mais de um ciclo de aplicação, nos quais os recursos que compõem o artefato podem ser avaliados e ajustados em outros contextos, com outros atores e recursos, a fim de construir uma generalização dos resultados [9, p. 133]. O artefato em questão foi aplicado e avaliado em diferentes situações. Foi aplicado para diferentes níveis de ensino: Ensino Médio Integrado ao Profissionalizante e Ensino de engenharia; em distintos cursos de engenharia: Civil, Elétrica e Mecânica; e em espaços educacionais diversos: Sala de Aula Convencional, Laboratório Didático da Faculdade de Engenharia Civil LABDID, Laboratório Multidisciplinar do Instituto Federal de Bragança-PA, Laboratório de Inovação Didática em Física - LIDF; e em conteúdos curriculares diferentes: Física I (Mecânica), Física II (Física Térmica, Fluídos e Ondulatória) e Física III (Eletricidade e Magnetismo). O artefato rodou em diversos contextos e configurações em um total de 12 turmas com número médio de 30 alunos em cada.

A investigação desta pesquisa foi desenvolvida na disciplina de Física Fundamental I, no segundo semestre letivo do ano de 2023, junto aos alunos da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM), turno matutino, da UFPA. Para essa aplicação, como previsto na heurística de desenvolvimento, a estrutura didática sofreu os ajustes necessários (redesign) a fim de alcançar o melhor desempenho para a solução do problema.

IV.2 Metodologia de avaliação do artefato

A avaliação do artefato é fundamental para garantir o rigor da pesquisa que utiliza a metodologia DSR. Duas das técnicas apresentadas por Dresch [9, p. 97] são utilizadas neste trabalho:

- a) Avaliação Analítica: Busca avaliar o artefato em sua coerência interna, sem considerar, necessariamente, a situação de aplicação do artefato.
 - i) Investiga a correlação entre os objetivos do artefato e os requisitos previstos nas DCNs em termos das competências estabelecidas no artigo quarto desta normativa federal [5] .
 - ii) Avalia a consistência interna da ferramenta construída para auxiliar o delineamento geral do artefato, chamada *tríade estruturante*, a qual serviu como um princípio de design do mesmo.

O artefato foi concebido com a finalidade de tornar possível o desenvolvimento de competências previstas no Art. 4º da DCN [5]. A fim de investigar esse intento foi realizada uma análise envolvendo tais competências e o conjunto de requisitos e de tarefas envolvidas no Projeto Integrador. De posse dessa análise foi elaborada uma matriz de correlação justificando a possibilidade ou não de desenvolvimento de cada conjunto de competências expressas na normativa federal. Tal ferramenta está apresentada no Quadro 06, seção V.

O outro aspecto da avaliação analítica envolveu uma investigação de alinhamento do artefato, posto da seguinte forma: O conjunto de componentes da *tríade estruturante* é plenamente atendido quando considerado tanto a produção quanto à aplicação do artefato? Para isso buscou-se encontrar indícios de alinhamento entre os elementos da tríade em conformidade com o que é recomendado por Dresch [8, p.78].

- a) Avaliação Experimental: Busca estudar o artefato, em uso, na função ao qual foi projetado e construído, estabelecendo assim a aplicação em um ambiente controlado (ambiente de pesquisa¹⁶), a fim de verificar suas qualidades.
- Neste contexto, buscou-se compreender como os principais usuários do artefato (alunos de engenharia) interagiram com o Projeto Integrador, pelo ponto de vista das seguintes dimensões:
- i) Adesão discente às etapas previstas no PI (por critério de entrega);

¹⁶ O ambiente de pesquisa em questão é o ambiente de sala em que o produto da pesquisa (produto educacional) foi aplicado.

ii) Qualidade da participação discente na atividade.

Tais dimensões fazem parte da investigação da exequibilidade da proposta do PI. Consideramos que uma proposta de intervenção didática não é exequível se não for suficientemente atrativa para produzir adesão discente às atividades e se não fornecer o suporte necessário e os critérios avaliativos para permitir uma participação de qualidade por parte dos alunos¹⁷.

De posse dos pareceres emitidos pela banca de avaliação do projeto integrador e de um conjunto de indicadores de desempenho desenvolvidos especificamente para essa análise, foi possível explicitar o grau de adesão dos alunos a atividades em cinco graus (excepcional, autônomo, básico, inicial e insuficiente) conforme expostos nos Quadros 07 e 08 na seção V.2.

A qualidade da participação discente foi avaliada a partir da produção escrita dos alunos nos relatórios de pesquisa produzidos por cada equipe, tendo por critério a conformidade, item a item, do documento [Modelo de Relatório](#) de PI, o qual foi oferecido aos estudantes, via AVA, como material de orientação para a elaboração do relatório.

O modelo de relatório é composto por sete tópicos: Introdução; Identificação da Equipe; Diagrama de Gantt; Diário de Bordo; Procedimento Experimental; Síntese de Aprendizado; Conclusões.

O modelo do relatório consta ainda com sugestão de quatro tipos distintos de apêndice: Esboço do Modelo Físico; Imagem do Modelo Computacional; Tabela de Conceitos e/ou Mapa Conceitual; Questões Desafiadoras.

Os dois primeiros são itens obrigatórios, pois fazem parte das entregas parciais do PI. Os dois últimos são parte integrante apenas do relatório final. São importantes, pois permitem ter uma medida do que foi mobilizado pelos estudantes em termos conceituais. O apêndice apresenta o tópico Questões Desafiadoras que possibilitam complementar a investigação sobre o que os próprios estudantes consideraram como instigante e/ou desafiador no contexto da pesquisa.

Realizou-se a categorização dos argumentos produzidos pelos alunos nos tópicos (Introdução, Síntese de Aprendizado, Tabela de Conceitos e Questões desafiadoras) com intuito de investigar os seguintes aspectos:

- Investigação de significado atribuído por parte dos alunos/equipes em relação ao desafio proposto.
- Síntese de aprendizado em acordo com os próprios alunos.
- Qualidade da modelagem e respectiva comparação entre os modelos.
- Qualidade da produção como um todo.

A análise realizada no modelo de relatório com essas características permite aos pesquisadores ir além da mera análise técnica da produção discente. Permite investigar também a atribuição de significados produzidos pelos alunos ao final do processo de aprendizagem na componente de maior complexidade do artefato.

¹⁷ Se por acaso não houvesse adesão ou participação de qualidade por parte do alunado, seria o acaso de se investigar os motivos da falta de êxito nessa dimensão essencial do artefato, para então estudar causas, propor hipóteses, para em seguida aplicar alterações para a atividade em questão em outro ciclo de design.

V. Resultados:

V.1 Avaliação Analítica:

Em conformidade com o que foi apresentado na seção IV.2a do trabalho (item i), a fim de responder sobre a potencialidade do artefato para desenvolver as competências previstas nas DCNs foi produzida uma matriz de correlação (Quadro 13) estruturada da seguinte forma: a coluna da esquerda, com os rótulos numéricos (algarismos romanos), refere-se às “[Competências gerais previstas nas DCNs](#)”. A segunda coluna sinaliza se o PI possui ou não potencialidade (Sim/Não) para o desenvolvimento da competência em questão. Por sua vez, a coluna mais à direita apresenta argumento em favor do potencial de desenvolvimento da referida competência na consecução do PI, ou, explica limitações ou impossibilidades de tal desenvolvimento, se for este o caso.

Competência	Sim / Não	Argumento
I	Sim	As competências associadas ao item I do Artigo 4o. da DCN dizem respeito à “ <i>formular e conceber soluções desejáveis de engenharia</i> ”. O desafio proposto na atividade PI é caracterizado justamente por conter algo análogo à prática do engenheiro. A escolha de projeto de ponte por parte de cada equipe não era aleatória, pois deveria levar em conta a capacidade de modelagem computacional do projeto. Os registros, incluindo a memória de cálculo do projeto, deveriam ser registrados no relatório de pesquisa, o que justifica a escolha das competências da linha superior.
II		As competências dos itens II (voltada para a análise de fenômenos físicos) e III (relativa aos componentes estruturais de projetos de engenharia: sistemas; produtos, componentes e processos) dizem respeito ao cerne do PI: analisar, compreender, modelar, conceber, aplicar, prever, verificar e validar modelos físicos e computacionais.
III	Sim	Em relação à parte de fenômenos físicos foi analisada a parte de estabilidade mecânica (resultantes de forças com cálculo de nós em treliças e de torques) mediante esforço mecânico e ruptura por via de ensaio destrutivo. Em relação aos requisitos de engenharia, o artefato foi modelado computacionalmente com finalidade de prever resistência dele ao ensaio destrutivo. Os alunos foram inquiridos também a explicar as diferenças entre o modelo físico e o modelo computacional. A atividade PI foi concebida com todas essas intencionalidades formativas que satisfazem, portanto, aos itens II e III descritos no Artigo 4o. da DCN. De uma forma geral, os alunos tiveram pleno êxito no desenvolvimento das competências listadas acima.
IV	Não	Os termos “ <i>implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia</i> ” referentes à competência IV da norma dizem respeito às experiências com projetos reais de engenharia e que, portanto, estão além das vivências proporcionadas por um curso de física básica.
V		A competência V diz respeito ao domínio das formas de comunicação (oral, escrita e gráfica). Sendo a atividade de mais alta complexidade do artefato, as demandas em relação às formas de comunicação do PI acompanham também os mais altos níveis de exigência. O projeto integrador exige a produção de relatório de pesquisa com vários subitens, bem como

	Sim	produção de material audiovisual para servir como base para a apresentação oral que é acompanhada por arguição por parte de banca examinadora, pela qual as equipes recebiam feedback das principais etapas da pesquisa (relatório e apresentação). Várias equipes apresentaram resultados excelentes (parte escrita e oral), sendo que muitos alunos destacaram que nunca tinham experimentado tais cobranças ao longo do seu curso de graduação. O uso de TDICs se deu por meio da mediação das entregas via AVA e de grupo de aplicativo de mensagens.
VI	Sim	As competências relativas ao item VI referem-se ao trabalho em grupo. O trabalho em equipe é parte essencial de uma atividade baseada em projeto (ABPj). Sendo um projeto desafiador, o gerenciamento de tarefas e de pessoas faz parte integrante do desafio proposto. Saber ceder, cobrar e compreender o próximo foi citado como aprendizado por vários integrantes de equipes, e alguns, inclusive, relataram como sendo a parte mais difícil e desafiadora do projeto. Deve-se destacar que os estudantes foram expostos ao desenvolvimento de um projeto análogo a um projeto de engenharia, entretanto, didático. Portanto, o desenvolvimento de tais competências se deu em nível básico, adaptado ao estágio atual dos estudantes no curso de graduação.
VII	Não	O texto dessa competência explicita que a prática da ética, da legislação e dos atos normativos refere-se ao exercício da profissão de engenheiro, o que a torna pouco acessível ao escopo de uma disciplina do ciclo básico.
VIII	Sim	Aprender de forma autônoma; ser capaz de assumir atitude investigativa; lidar com situações e contextos complexos (adaptados ao estágio atual de desenvolvimento dos alunos) e proporcionar aos alunos oportunidades de aprender a aprender estão inteiramente dentro do escopo formativo almejado para o projeto integrador. Pelo conjunto da produção discente (nível dos relatórios e das apresentações) foi possível extrair vários indícios de desenvolvimento dessas competências (em nível básico).

Quadro 13: Argumentação de adequação do Projeto Integrador às competências listadas na DCN.

O Quadro 13 constitui uma síntese fundamental dos principais achados deste trabalho, dado que a questão central da pesquisa articula-se em torno da adequação do artefato desenvolvido em promover as competências descritas nas DCNs. Esse quadro é uma peça-chave ao reunir argumentos que evidenciam a capacidade do artefato de fomentar o desenvolvimento de competências em seis dos oito conjuntos estabelecidos no seu artigo 4º.

De forma mais específica, o artefato, por meio de sua atividade de maior complexidade, o Projeto Integrador, demonstra um impacto significativo ao potencializar o desenvolvimento de 19 das 24 componentes de competências listadas no documento oficial. Tais resultados asseguram, portanto, atualização do processo pedagógico da estrutura didática ao estar alinhado às exigências das DCNs.

Quanto à defesa sobre o alinhamento interno da tríade estruturante, conforme apresentado na seção IV.2a do trabalho (item ii), pode-se constatar que o alinhamento entre Objetivos Formativos (OF), Requisitos Fundamentais (RF) e Questionamentos Estruturantes (QE) é existente e substancial. Para ilustrar essa justaposição será lançado mão de alguns exemplos.

O primeiro exemplo pode ser descrito através da coerência existente entre o Questionamento Estruturante QE.1 (ver Quadro 02, seção II), que indaga como transmitir aos alunos que eles próprios devem ser os principais responsáveis pela qualidade de sua formação, e o Objetivo Formativo OF.5 (ver Quadro 04, seção II), que propõe que a atividade oferecida aos alunos

os leve a aprender de forma autônoma e a desenvolver a habilidade de lidar com situações complexas.

O vínculo entre as partes (QE.1 e OF.5) é então promovido pelo Requisito Fundamental RF.3 (ver Quadro 03, seção II) que inclui a promoção de atividade que emule a prática usual do engenheiro.

Outro exemplo é observado quando analisado o Questionamento Estruturante QE.3 que indaga sobre quais saberes, habilidades e competências devem ser levados em conta na formação de engenheiros, especialmente na disciplina de física básica. Tal indagação mostra-se perfeitamente alinhada a todos (OFs) e se cumpre de forma coerente ao requisito (RF 4), o qual impõe a necessidade de atender a um conjunto de habilidades e competências previamente estabelecidas, que, neste caso, são as previstas nas DCNs.

Conforme já pontuado, ainda que, o conjunto completo das competências do artigo quarto da DCN seja algo almejável, o artefato, em termos de metas educacionais, tomou como ponto de partida o conjunto de Objetivos Formativos OF (Quadro 11), o qual é um subconjunto importante da totalidade de competências da normativa federal. A integralidade dos conjuntos de competências potencializados pelo artefato (itens I, II, III, V, VI, VIII do Quadro 13) é coincidente com o conjunto de Objetivos Formativos, disposto no Quadro 04, sendo portanto um elemento cabal para atestar a consistência interna da chamada tríade estruturante.

Quando analisa-se particularmente o Requisito Fundamental (RF. 5) (Estar alinhado às práticas ditas inovadoras), a coerência da heurística fica evidenciada tanto pelo seu atendimento às Questões Estruturantes quanto aos Objetivos Formativos (ver Figura 15).

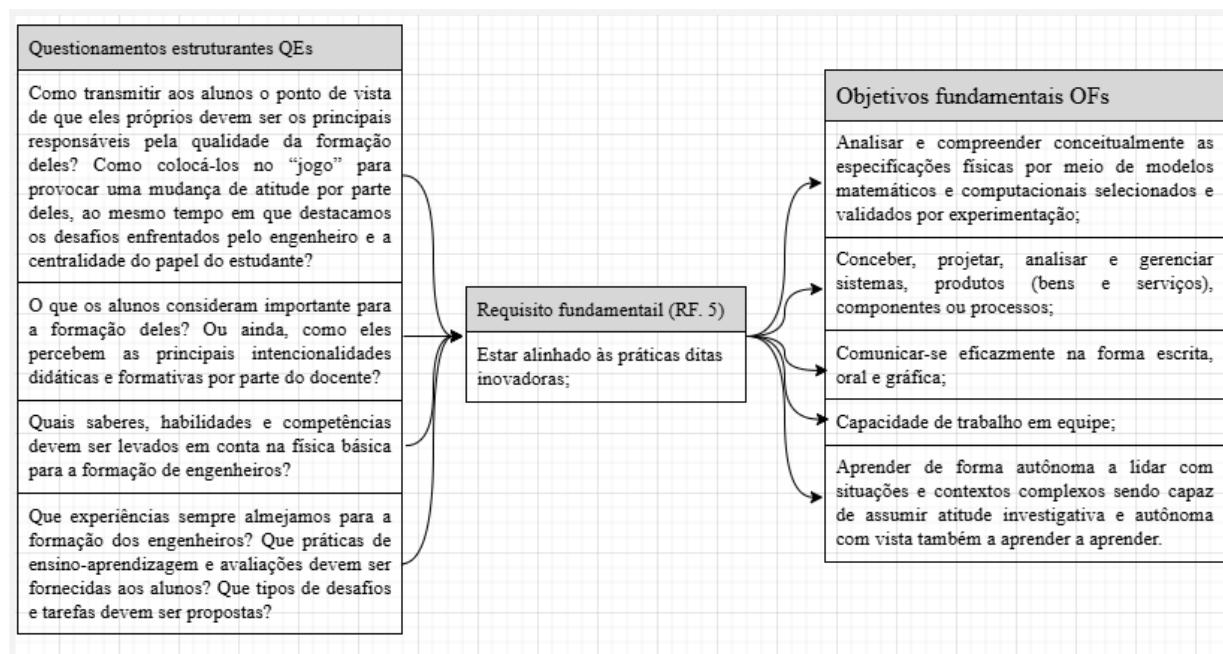


Figura 15: Relação entre RF.5 e outros elementos da tríade estruturante

Relembreamos que, em conformidade com o que foi estabelecido na introdução do trabalho, o artefato foi planejado não apenas para ser inovador por si só, mas também para ser um elo de

ligação, sendo portanto consonante, com outra atualização educacional de maior monta: as próprias DCNs.

O vínculo formativo com as DCNs, em acordo com a pergunta de pesquisa, foi estabelecido pelo Quadro 06. Por sua vez, as atividades de ensino-aprendizagem do artefato, incluindo as do PI, foram desenvolvidas seguindo rigorosamente o estabelecido pela tríade estruturante, incluindo, portanto, o requisito fundamental RF.5. Claramente, o artefato incorpora metodologias inovadoras e pouco usuais nas tradicionais aulas de física nas escolas de engenharia. Portanto, cumpre as duas dimensões de atualização requeridas ao mesmo, conforme destacado desde a introdução do artigo.

V.2 Avaliação Experimental com foco no Projeto Integrador

V.2.1 Grau de adesão às etapas do PI

Em acordo com o apresentado na seção IV.2b do trabalho (item i) investigou-se o grau de adesão dos alunos às atividades propostas no Projeto Integrador. O PI foi composto por várias etapas e entregas parciais por parte dos alunos. São essas: entrega do modelo físico (duas pontes); entrega do modelo computacional; entrega do relatório; apresentação da pesquisa/arguição.

Com a finalidade de refinar a análise da pesquisa, foram construídos indicadores de desempenho conforme expresso no Quadro 14. Tratam das entregas previstas para o PI em cinco graus de qualidade: excepcional; autônomo; básico; inicial; insuficiente, em conformidade com os descritores caracterizados abaixo.

Grau do indicador	Grau 5	Grau 4	Grau 3	Grau 2	Grau 1
Grau do descritor	Grau excepcional	Grau autônomo	Grau básico	Grau Inicial	insuficiente
Indicador observado	Apresenta criatividade e inovação.	Apresenta entregas qualificadas sem auxílio da equipe LIDF.	Atende em nível básico as demandas necessitando do auxílio da equipe LIDF.	Só consegue atender as demandas com o auxílio da equipe LIDF.	Não entregou mesmo tendo a disposição auxílio da equipe LIDF.

Quadro 14: indicadores de desempenho utilizados na análise das entregas do PI

O extrato do desempenho das equipes quando analisadas as entregas do PI (ver Quadro 15) demonstra que, em geral, todas as equipes tiveram êxito no desafio proposto, uma vez que nenhuma equipe deixou de apresentar os componentes obrigatórios, nem mesmo teve desempenho insatisfatório, ou próximo disso, em qualquer das entregas do projeto.

	Modelo Físico	Modelo Comp.	Relatório	Apresentação	Nº de alunos
Equipe A	4	3	3	4	4
Equipe B	3	3	3	4	4
Equipe D	4	4	4	4	4

Equipe G	4	4	4	4	4
Equipe H	4	4	3	3	4
Equipe J	3	3	3	3	4
Grupo I	4	4	4	4	4

Quadro 15: extrato do desempenho das equipes quando analisadas as entregas do PI

V.2.2 Qualidade da participação dos alunos na realização do PI

Em complemento às investigações anteriores buscou-se aferir a qualidade da participação dos discentes em quatro dimensões detalhadas na seção IV.2b do trabalho (item ii).

Na primeira dimensão, investigou-se os significados atribuídos pelos alunos/equipes em relação ao desafio proposto no PI, a fim de compreender como os alunos percebem e interpretam os objetivos e as demandas do desafio, bem como a relevância e a aplicabilidade dos conceitos abordados. Alguns desses significados estão expostos e exemplificados com excertos a seguir. Os alunos demonstraram encarar o desafio proposto no Projeto Integrador como uma oportunidade valiosa para aplicar os conceitos teóricos de engenharia em um contexto prático. Vejamos como exemplos, os seguintes trechos:

"as competições de construção de pontes permitem certa iniciação no complexo mundo da engenharia" (Relatório Equipe D)

"...permitindo que os participantes apliquem conceitos básicos de engenharia estrutural na prática" (Relatório Equipe B)

Os discentes também atribuem valor à prática de projetar pela possibilidade de vislumbrar uma iniciação pragmática ao mundo da engenharia pela aplicação de conceitos teóricos. Além disso, reconhecem que a criação de modelos fornece uma experiência prática enriquecedora, rica em desafios e com potencial de prepará-los para situações reais de projeto e construção. Isso é evidenciado pelos trechos:

"os estudantes desenvolvem habilidades importantes, como trabalho em equipe, resolução de problemas e aplicação efetiva do conhecimento adquirido em sala de aula" (Relatório Equipe B)

"a competição fornece ao aluno condições de trabalho que requerem adaptações minuciosas focadas na geometria e estática do projeto, a partir da fixação de normas para o projeto via regulamentação" (Relatório Equipe D)

A segunda dimensão investigou os ganhos de aprendizado segundo os próprios alunos. Tais ganhos vão muito além dos conteúdos técnicos dos cursos de física e compreendem aprendizados considerados essenciais para a formação de futuros engenheiros. É importante destacar que todos os grupos reconheceram as competições de ponte como uma oportunidade prática inicial no campo da engenharia, que permite aos estudantes aplicar conceitos teóricos em um contexto diretamente relacionado à construção de pontes. Tal reconhecimento está evidenciado em diferentes trechos dos relatórios, tais como exemplificado no extrato a seguir: *"as competições representam uma valiosa ferramenta didática nas engenharias, proporcionando aos estudantes universitários uma experiência prática enriquecedora" (Relatório Equipe B)*.

Os alunos também reconheceram que os projetos contribuem para sua familiarização com aspectos da análise estrutural, estática e mecânica dos sólidos, conforme destacado no relatório da

Equipe G: "os projetos permitem que os discentes compreendam na prática conceitos como tração, compressão, distribuição de forças e resistência dos materiais".

O desenvolvimento de projetos práticos, como a construção de pontes de palitos de picolé também incentiva a interação social e a comunicação entre os membros das equipes, conforme indicado no trecho: "...é importante salientar que o Projeto Integrador, não só aprofunda os conhecimentos em física, mas como tem destaque a convivência social, pois é essencial a interação entre os integrantes das equipes" (Relatório Equipe A)

A terceira dimensão de investigação teve foco em identificar os ganhos mais significativos relacionados ao fato dos alunos terem tido a oportunidade de desenvolver modelos. Neste quesito todos os relatórios destacam que a modelagem computacional, aliada à construção física de modelos, trouxe diversos ganhos, como exemplificado no trecho extraído do relatório de grupo G em que os alunos demonstram atuação reflexiva: "...na maioria dos casos, há uma diferença entre o que é simulado e o que ocorre de maneira experimental...". Esse modo de atuação também desperta no estudante o ímpeto pelo auto aprendizado, conforme implicitamente pontuado pelo trecho a seguir: "...proporcionou aos membros um conhecimento maior dos softwares online, especialmente o Ftool, e como ainda há muito a ser explorado.".

A última dimensão da pesquisa analisa a qualidade em si da produção dos alunos, que reflete o grau de envolvimento com a atividade e o aproveitamento das intenções do artefato. De uma forma geral, os relatórios atingiram nível técnico muito satisfatório, tanto pela fidedignidade às orientações do documento base, quanto pelo atendimento às normativas de elaboração de trabalhos acadêmicos. O resultado é ainda mais vistoso se levarmos em conta que o produto educacional foi aplicado junto a uma turma de calouros.

Para a análise documental foi dada prioridade à seção "Questões Desafiadoras" (apêndice D do modelo de relatório), na qual, no conjunto dos relatórios produzidos, foram criadas um total de 56 perguntas, divididas em sete categorias. Essas categorias ajudaram os pesquisadores a inferir o que foi mobilizado pelos alunos durante a execução do PI.

Algumas dessas categorias são listadas e apresentadas abaixo, bem como os excertos que as evidenciam:

- Preocupações com organização e Gestão do Projeto e do trabalho em equipe. Trecho extraído do Relatório do grupo G: "Como podemos distribuir de forma mais ideal os trabalhos levando em consideração as aptidões de cada membro?".
- Preocupações com planejamento e logística de trabalho. Tal categoria está presente em vários relatórios. Questão proposta pelo grupo B, a qual aborda o primeiro contato com softwares de engenharia já nos semestres iniciais "Qual a melhor abordagem para a modelagem computacional da ponte, considerando a falta de familiaridade da equipe com softwares como Ftool e Revit?".
- Preocupações relacionadas a projeto, engenharia, cálculo e física. Tal linha fica evidenciada em trechos que sugerem o valor atribuído pelos alunos aos conhecimentos técnicos, essenciais para uma atuação competente, conforme Zabala e Arnau [35, p. 45]. Um desses trechos foi retirado do relatório do grupo A, como pode ser visto a seguir: "Quais conceitos

da física precisamos investigar para aplicar na ponte?” e outro no relatório do grupo D: “Qual método de cálculo permite maior segurança e facilidade de Modelagem para previsão de carga máxima?”

VI. Conclusões

Neste trabalho foi apresentada a concepção, o desenvolvimento e avaliação de um artefato (estrutura didática), o *Curso LIDF de Física Básica para Engenharias*, e de sua heurística, a tríade estruturante. Ambos desenvolvidos com base na metodologia Design Science Research (DSR). O objetivo desse processo foi criar uma proposta alinhada aos critérios estabelecidos por Tavares [6], às demandas formativas das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) e ao paradigma de formação por competências.

Para validar a adequação do artefato em relação à sua finalidade, a avaliação teve como foco o PI a partir do procedimento sugerido por Dresch [9], que contempla avaliações analítica e experimental. A avaliação analítica verificou a consistência interna do artefato, bem como o alinhamento deste aos requisitos de atualização metodológica e ao desenvolvimento de competências previstas nas DCNs.

Já a avaliação experimental examinou seu desempenho durante um ciclo de aplicação real no curso, por meio da análise da produção discente referente ao recurso de mais alta complexidade na estrutura didática, o projeto integrador PI. A atividade comporta diversas etapas, entregas e envolve entrega de relatório, apresentação oral em formato de seminário e arguição.

Constatou-se que o projeto integrador, em questão, tem elevada potencialidade para o desenvolvimento das competências previstas nas DCNs. A análise argumentativa apresentada no Quadro 06 indica potencialidade de desenvolvimento em 19 das 24 componentes apresentadas no documento, especialmente aquelas relacionadas à formulação e concepção de soluções análogas às de engenharia, análise de fenômenos físicos, modelagem computacional e trabalho em equipe.

O artefato apresenta também uma heurística de planejamento representada esquematicamente na Figura 01, a tríade estruturante, a qual faz o papel de um princípio de design. Os Quadros 02, 03 e 04 explicitam os componentes dessa tríade. A análise de consistência interna comprovou que o alinhamento entre esses componentes é robusto. Todos os objetivos formativos propostos à estrutura didática foram atendidos. Ainda nessa linha, o esquema representado na Figura 08 explica a coerência da heurística pelo atendimento de um requisito fundamental em particular, o RF. 5, à totalidade dos questionamentos estruturantes e dos objetivos formativos da tríade.

Além disso, todos os componentes e elementos da tríade foram levados em conta na construção das atividades, entregas e etapas do projeto integrador, o que comprova o papel estruturante que se espera de um princípio de design em um artefato.

A partir da análise documental com base nos relatórios de pesquisa sobre o PI foi possível observar diversos indícios de desenvolvimento de competências. As extrações das questões

desafiadoras expressas pelos alunos nos relatórios do PI evidenciam a existência de um justo alinhamento entre as intenções do designer do artefato e a percepção por parte dos alunos.

Considerando que a adesão dos alunos às atividades é um fator essencial para o sucesso no desenvolvimento de competências, foi elaborado um indicador de desempenho que permitiu quantificar a produção dos estudantes nas suas entregas em relação à qualidade e à autonomia. O indicador possui cinco níveis, conforme ilustrado no Quadro 07. O desempenho médio dos estudantes, conforme apresentado no Quadro 08, foi de 3,71 (74,29%) na entrega do modelo físico, 3,57 (71,43%) no modelo computacional, 3,43 (65,57%) no relatório e 3,71 (74,29%) na apresentação.

Os resultados indicam que a participação média alcançou um nível próximo ao grau autônomo de participação (grau 4), evidenciando que a maioria dos participantes conseguiu realizar as entregas de forma qualificada e independente, sem necessitar do suporte da equipe LIDF. Esse dado também indica um elevado grau de exequibilidade da proposta, pois demonstra que o desafio, mesmo sendo considerado complexo pelos alunos, não se mostrou um obstáculo intransponível, uma vez que todas as equipes cumpriram as etapas previstas para a atividade.

Os resultados do estudo destacam que os alunos reconhecem os ganhos de aprendizado proporcionados pelas competições de pontes, como indo além dos conteúdos técnicos. Segundo os próprios estudantes, a experiência prática adquirida nesses projetos permite a aplicação de conceitos teóricos em um contexto real, favorecendo a compreensão de princípios estruturais da engenharia que fazem uso de conceitos como tração, compressão e resistência dos materiais. Além disso, o projeto incentiva a interação social e a comunicação entre os membros das equipes.

Outro ponto relevante da pesquisa é a valorização da modelagem computacional aliada à construção física de modelos, o que impulsiona a reflexão crítica e o auto aprendizado. Os alunos relataram também a importância dessa abordagem para aprofundar seus conhecimentos em softwares de engenharia.

Por sua vez, a qualidade da produção acadêmica reflete o grau de engajamento dos estudantes, evidenciado pela formulação de perguntas desafiadoras relacionadas à organização, ao planejamento e aos conhecimentos técnicos envolvidos no projeto. O engajamento de alto nível cognitivo demonstrado pela grande maioria dos participantes, somado aos relatos anteriores, demonstram que a atividade não apenas fortalece as competências técnicas, mas também desenvolve habilidades e competências essenciais para a prática profissional na engenharia.

Em relação aos predicados de atualização didática presentes na pergunta de pesquisa e na introdução do artigo, pode-se concluir que o artefato alcançou o objetivo de ser uma ferramenta de promoção deste propósito para os cursos de física básica, posto que suas atividades vão muito além da abordagem usual para as disciplinas correspondentes. A estrutura didática integra recursos e práticas diversificadas e inovadoras de ensino-aprendizagem, conforme listado e exemplificado no Quadro 01. Em relação ao desenvolvimento de competências, os resultados apresentados demonstram estar firmemente alinhados ao que é preconizado pela principal normativa federal para o ensino de graduação das engenharias. Assim sendo, é factível externar a conclusão de que o

produto educacional produzido por esta pesquisa se revela particularmente útil para a atualização do ensino de física no contexto das engenharias.

VII. Considerações finais

A necessidade de mudanças metodológicas e de concepção de educação no ensino de engenharia, especialmente em disciplinas como a Física – que historicamente enfrentam certa resistência à inovação – é premente. As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), embora sejam um guia essencial, exercem apenas papel norteador para a reformulação dos Projetos Pedagógicos de Curso (PPCs). A simples imposição documental, presente nos PPCs ao fazer referência à normativa, não garante, por si só, uma atualização real dentro da sala de aula.

A formação de excelência almejada para os futuros engenheiros não será alcançada apenas com as práticas que hoje são usuais nas escolas de engenharia. É necessário um esforço contínuo para superar a inércia metodológica e garantir que as mudanças propostas realmente impactem a aprendizagem dos alunos. Para atingir os objetivos esperados pela legislação federal é fundamental que as pesquisas aplicadas à educação sigam protocolos rigorosos, de forma que os princípios metodológicos, as etapas e os resultados da pesquisa possam ser efetivamente compreendidos, compartilhados e incorporados às salas de aula e aos projetos pedagógicos dos cursos de graduação de engenharia. Pesquisas como a que foi apresentada neste trabalho possuem potencial para ser parte importante em um caminho para o fortalecimento de questões de ensino nas escolas de engenharia, a fim de auxiliar a formação de engenheiros mais competentes para enfrentar as demandas cada vez mais complexas da nossa sociedade.

Referências bibliográficas

- [1] I. Araujo, T. Espinosa, K. Miller, e E. Mazur, *Rev. Bras. Ensino Física*, **43**, e20210222 (2021).
- [2] I. S. Araujo e E. Mazur, *Caderno brasileiro de ensino de física*. Florianópolis. **30**, 362 (2013).
- [3] C. M. B. da Matta, S. M. G. Lebrão, e M. G. V. Heleno, *Psicol. Esc. E Educ.* **21**, 583, (2017).
- [4] M. A. Moreira, *Rev. Bras. Ensino Física*, **43**, p. e20200451 (2021).
- [5] CNE, *Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo*. abril de 2019. [Online]. Disponível em: https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/pdf/CNE_RES_CNECESN22019.pdf
- [6] F. G. de O. Tavares, *Educação*. **44**, 119 (2019).
- [7] J. B. D. C. Costa, A. G. Rodrigues, R. M. D. Neves, e G. M. Lynch, *Cad. Pedagógico*, **21**, e5822 (2024).
- [8] U. LIDF, “Espelho do diretório de Grupos de Pesquisa CNPQ”. Acesso em: 2 de fevereiro de 2023. [Online]. Disponível em: <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/318567>
- [9] A. Dresch, *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. (Bookman,Porto Alegre, 2021).
- [10] N. M. dos S. Galvão, J. S. Madureira, e H. N. Schneider, *Bol. Conjuntura*. **18**,194, (2024)
- [11] CNE, “*Diretrizes Nacionais de Educação em Engenharia*”. março de 2002. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15766-rces0

- 11-02&category_slug=junho-2014-pdf&Itemid=30192
- [12] U. FEM, “*Projeto Pedagógico de Curso*”. agosto de 2023.
- [13] A. M. Tonini, *Educação em engenharia as competências na formação do engenheiro*. (Editora Alta Performance, Goiania, 2023).
- [14] AMTA, “American Modeling Teachers Association – Transforming STEM Education”. Acesso em: 15 de fevereiro de 2023. [Online]. Disponível em: <https://www.modelinginstruction.org/>
- [15] C. TLTL, *Laboratório de Tecnologias de Aprendizagem Transformativa*. maio de 2023. Disponível em: <https://tltlab.org/bifocal-modeling/>
- [16] O. S. Nakao, in *Anais do XXI Congresso Brsileiro de Educação em Engenharia*, Rio de Janeiro, (ABENGE, Brasília, 2003).
- [17] L. A. C. M. Veloso, J. F. S. Melo, A. C. B. Cruz, e H. Elarrat, in *Anais do XXVII Congresso Brsileiro de Educação em Engenharia*, Fortaleza (ABENGE, Brasília, 2010).
- [18] R. C. Barros, *Sequência didática com projeto integrador: desenvolvendo competências e habilidades no ensino técnico-profissionalizante*, Dissertação de Mestrado, UFPA (2020).
- [19] A. E. Bulhões, *Atividades experimentais – enfoque de atividades investigativas com materiais de baixo custo*, Trabalho de Conclusão de Curso, UFPA, (2018).
- [20] J. B. COSTA, *Planejamento, construção, validação e avaliação de uma sequência didática com foco no desenvolvimento de competências no ensino médio integrado*, Dissertação de Mestrado, UFPA (2018).
- [21] H. A. Simon, *The Sciences of the Artificial*. (M.I.T. Press, Cambridge, 1969).
- [22] I. M. Rizzatti, A. P. Mendonça, F. Mattos, G. R., M. A. Silva, R. J. Cavalcanti, R. R. Oliveira, *ACTIO Docência Em Ciênc..* **5**, 1 (2020)
- [23] A. Rodrigues, “Aprendizagem Crítica de Rodrigues”. LIDF, 2023.
- [24] P. Blikstein, in *Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction*, Santa Monica California USA, 2012(ACM. Santa Monica California, 2012)
- [25] D. Hestenes, *Am. J. Phys.*, **55**, 440 (1987).
- [26] W. N. Bender, *Aprendizagem baseada em projetos: Educação diferenciada para o século XXI*. (Penso Editora, Porto Alegre, 2015).
- [27] B. I. F. E. Buck, *Aprendizagem Baseada Em Projetos: Guia Para Professores De Ensino Fundamental E Médio*. (Artmed, Porto Alegre, 2021).
- [28] M. A. C. Pereira, M. B. Silva, M. Pazeti e S. R. C. Claro. *In Anais do XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Joinville SC*. (ENEGET, Brasília, 2018).
- [29] J. Dewey, *Experience and nature* (Dover Publ, New York, 1995).
- [30] J. B. da C. Costa, A. G. Rodrigues, S. C. C. do Nascimento, J. H. R. do Rosario, L. R. M. de Sousa, e M. C. de L. Faro, *Braz. J. Dev.*, **6**, 404 (2020).
- [31] M. A. Moreira, *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares* (LF Editorial, Paulo SP, 2023).
- [32] A. Sharunova, Y. Wang, M. Kowalski, e A. J. Qureshi, *Int. J. Technol. Des. Educ.*, **32**, 987 (2022).
- [33] E. R. Martins e L. M. B. Gouveia, “SALA DE AULA INVERTIDA NO ENSINO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA”, em *Engenharia de Produção: tecnologia e inovação em pesquisa* (Editora Científica Digital, Goiânia, 2022).
- [34] “SAMPE Brasil”. Acesso em: 30 de dezembro de 2024. [Online]. Disponível em: <https://www.sampebrasil.org/>
- [35] A. Zabala, *A Prática Educativa: Como Ensinar*. (Penso Editora, Porto Alegre, 2015).

3 AMPLIAÇÃO DOS RECURSOS DO ARTEFATO

Nessa seção são apresentados, na íntegra, dois artigos que emergiram da pesquisa: um apresenta o desenvolvimento de um dispositivo de aquisição de dados (DAQ) que permite a instrumentação de modelos didáticos. O outro apresenta um recurso denominado Atividade Mão na Massa LIDF que roteiriza atividades experimentais investigativas. Além dos artigos citados, é apresentado um guia que possui a finalidade de amparar a implementação do projeto integrador que é parte integrante do artefato.

3.1 ARTIGO 3 - DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DE MEDIDAS FÍSICAS DE BAIXO CUSTO PARA USO DIDÁTICO VOLTADO PARA A ENGENHARIA CIVIL¹⁸

Resumo: O presente trabalho apresenta e disponibiliza à comunidade acadêmica todas as instruções para a construção e uso de um dispositivo multisensor de aquisição automática de dados - Data Acquisition System (DAQ - acrônimo em língua inglesa), para tomada de medidas físicas. O aparato desenvolvido e testado, permite a tomada de medidas individuais ou combinadas dos seguintes sensores: 1) deformação - fazendo uso de extensômetro ligado a uma ponte de Wheatstone com sinal amplificado por um módulo HX711; 2) força - a partir do uso de células de carga o sinal é amplificado pelo mesmo módulo do item anterior; 3) deslocamento - por intermédio de um potenciômetro de régua; 4) temperatura - utilizando um sensor modelo DS18B20. O DAQ utiliza o módulo Wifi ESP8266. Para tornar possível a visualização de todas as informações relativas à conexão com a Internet e ao processamento dos dados coletados, foi desenvolvido um conjunto de instruções operacionais que foram programadas diretamente no hardware do equipamento (ESP). Trata-se de uma Firmware que para esta situação se caracteriza como um “software embarcado”. As grandezas medidas com o uso dos sensores do DAQ (deformação, força, temperatura e deslocamento) foram comparadas com medições realizadas por meio de equipamentos existentes na Instituição, tais como: aquisidores de dados, dinamômetros, balanças, relógio comparador e termômetro. O trabalho também apresenta reflexões que justificam o uso do dispositivo do ponto de vista didático/metodológico. Análises qualitativas investigando aspectos de usabilidade, versatilidade, personalização, precisão e confiabilidade do equipamento estão em desenvolvimento. A partir dos resultados iniciais obtidos, pode-se concluir que o DAQ demonstra ter potencial para utilização em laboratórios didáticos e em disciplinas teóricas dos cursos de graduação da Engenharia Civil, tornando-se um recurso útil para a modernização do ensino de graduação de engenharia.

Palavras-chave: Sistema de aquisição de dados; Baixo custo; Medidas físicas; Formação do engenheiro civil; Medidas em modelos de estrutura.

¹⁸ Trabalho publicado em periódico QUALIS A4 para as grandes áreas Engenharias I e Ensino.

Costa, J. B. da C., Rodrigues, A. G., das Neves, R. M., & de Almeida, G. da S. (2023). Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados de medidas físicas de baixo custo para uso didático voltado para a engenharia civil. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 16(10), 22682–22703. <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.10-234>

I. Introdução

A afirmação de que a realização de atividades práticas é de suma importância para os estudantes de engenharia civil não é nova, uma vez que elas complementam o aprendizado teórico adquirido em sala de aula. Além disso, elas proporcionam uma experiência única para os estudantes, já que permitem que eles enfrentem desafios mais próximos de práticas reais e desenvolvam habilidades técnicas importantes (FEISEL; ROSA, 2005). Em estudo realizado (PARREIRA; DICKMAN, 2020) constatou-se que as atividades práticas em engenharia, tais como projetos e experimentos de laboratórios, estão entre as atividades mais valorizadas pelos estudantes. Segundo os autores, essas atividades permitem que os estudantes desenvolvam habilidades práticas e profissionais, além de estabelecerem conexões entre a teoria e a prática, o que é fundamental para a formação profissional (MASSONI, 2014).

É comum ouvir queixas dos estudantes no sentido de que em suas percepções muitas disciplinas do curso são excessivamente teóricas, abstratas e com pouca ou nenhuma relação com a prática profissional. É sabido que uma das metodologias mais utilizadas para lecionar as ciências básicas é a abordagem tradicional, em que o professor apresenta conceitos teóricos e exemplos práticos em aulas expositivas e utiliza exercícios para avaliar o aprendizado dos estudantes. Muitas vezes o único contato que o aluno tem com grandezas físicas importantes para a sua formação são por meio de definições de conceito de livros textos, ou quando muito, tabelas de valores dessa grandeza para que ao menos desenvolva uma noção de ordem de grandeza em algum contexto de aplicação.

Formar engenheiros com aulas puramente teóricas pode ter consequências negativas para o desempenho acadêmico, no mercado de trabalho e na sociedade como um todo. Embora a teoria seja importante para entender os princípios básicos, a falta de atividade prática pode contribuir para a formação de engenheiros mal preparados, que não conseguem aplicar seus conhecimentos de forma efetiva (SHAABAN, 2013). Outra consequência, é que a falta de habilidades práticas pode levar a um déficit de inovação no campo da engenharia. Os engenheiros que tiveram experiência prática significativa durante seus estudos têm maior probabilidade de inovar e criar novas tecnologias do que aqueles que se concentram exclusivamente em teoria (AMARAL et al., 2016) (CROPLEY, 2016). É possível afirmar que existe uma necessidade de formar engenheiros com mais

práticas, com mais vivências reais com as grandezas físicas que já poderiam praticar em disciplinas previstas no curso, mas que, na maioria das vezes, são de abordagem eminentemente teórica.

Rodrigues (2021, p. 58) afirma que, em se tratando da formação de engenheiros, é necessário promover urgentemente um processo de inovação nos métodos e práticas de ensino para inovar/modernizar de forma planejada e embasada. Caso não haja uma mobilização da comunidade acadêmica em torno de uma modernização com esses atributos, a academia estará fadada a perder talentos, formando menos profissionais e de qualidade inferior ao que potencialmente poderia formar.

No que tange às demandas por atualização na formação do engenheiro, destaca-se ainda que as tecnologias digitais assumem um papel de destaque no cenário de modernização do ensino de engenharia. Por isso, estudos têm elencado entre as tecnologias mais representativas da quarta Revolução Industrial, a Indústria 4.0, que se baseia em nove pilares tecnológicos, sendo, um deles, o que se chama de Internet das Coisas que se resume na conexão de dispositivos, máquinas, ambientes e objetos por meio de sensores e inteligência artificial, permitindo a interação, compartilhamento e informações em tempo real (SILVA; OLAVE, 2020).

A utilização de sensores na indústria é uma tendência irreversível, já que a chamada indústria 4.0 vem se consolidando cada vez mais. Por isso, é fundamental que os estudantes de engenharia civil estejam preparados para utilizar essas tecnologias e, dessa forma, estejam também aptos a contribuir para o avanço dessa área.

Um grupo que vem buscando desenvolver ações de melhoria no ensino de engenharia é o do Laboratório de Inovação Pedagógica em Física - LIDF - Richard Feynman - ao qual está ligado a um grupo de pesquisa de mesmo nome, vinculado ao Instituto de Tecnologia da UFPA. A equipe do LIDF é composta por um grupo multidisciplinar de professores, físicos, engenheiros, alunos de graduação e pós-graduação, destinados a estudar, projetar e desenvolver novas ferramentas educacionais, bem como formas inovadoras de ensinar e aprender Física para os cursos de engenharia (LIDF, 2023).

A fim de combater dificuldades elencadas para justificar a falta de atividades experimentais em disciplinas de engenharia, é apresentada uma pesquisa de desenvolvimento e validação de um dispositivo multisensor, bem como sua estrutura de uso didático em conjunto de modelos físicos e/ou computacionais.

Genericamente um DAQ é um dispositivo eletrônico usado para adquirir informações através das medidas de alguns fenômenos físicos. Portanto, o dispositivo desenvolvido neste trabalho se enquadra nesta definição. Os principais componentes de um DAQ são (EMILIO, 2013, p. 1):

- Sensores e transdutores;
- Dispositivos de transmissão do sinal (cabos, módulos bluetooth ou wifi);
- Condicionamento de sinal (amplificadores e conversores analógico-digital);
- Hardware DAQ (placa de circuitos);
- Software DAQ (firmware);
- PC (com sistema operacional).

Atualmente, existem no mercado brasileiro, diversos DAQs para utilização profissional de Engenharia Civil, como o HBM® (HBM, 2019) e o KEYSIGHT® (KEYSIGHT, 2023). Há também, aqueles dispositivos de empresas de equipamentos de laboratório de uso didático de grande importância para a formação do engenheiro, tais como os da PASCO , CIDEPE e Nova Didáctica . No entanto, eles têm um preço consideravelmente elevado, considerando a realidade brasileira. Por isso, muitos pesquisadores têm optado por alternativas de baixo custo para criar sistemas de coleta de dados.

No Brasil, a utilização de DAQs, no contexto educacional, já vem sendo estudado há quase duas décadas, como evidenciado no trabalho do HAAG e VEIT (HAAG, R., 2005). Existem também diversos trabalhos que acoplam sensores e microcontroladores (KONDAVEETI et al., 2021). O uso de DAQs no ensino de engenharia se encaixa em várias correntes metodológicas, a depender da abordagem, da complexidade e/ou dos autores de referência. Porém, este trabalho tem particular interesse no uso do dispositivo para tomada de medidas físicas em situações de desenvolvimento de modelos físicos no contexto de ensino de ciências para as engenharias (BLIKSTEIN et al., 2012; KOKOTSAKI; MENZIES; WIGGINS, 2016; TALJAARD, 2016).

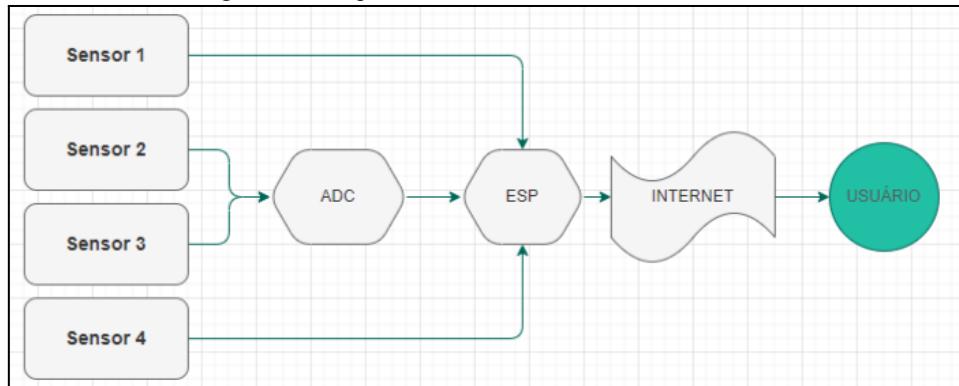
II. Materiais e Métodos

2.1 Apresentação detalhada do DAQ-LIDF

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo multisensor de baixo custo para tomar medidas de temperatura, deslocamento e força. O dispositivo, aqui nomeado como

DAQ-LIDF, compreende um sistema de aquisição de dados para fins didáticos (mas não restrito a esta utilização), que permite ao usuário a tomada de medidas e coleta de dados através do uso de sensores conectados a um hardware e gerenciado por um software especialmente desenvolvido para esta finalidade. O esquema de conexão está ilustrado na Figura 16. As representações sensor 1, 2, 3 e 4 na Figura 1, designam respectivamente, sensores de: deslocamento, força, deformação e temperatura.

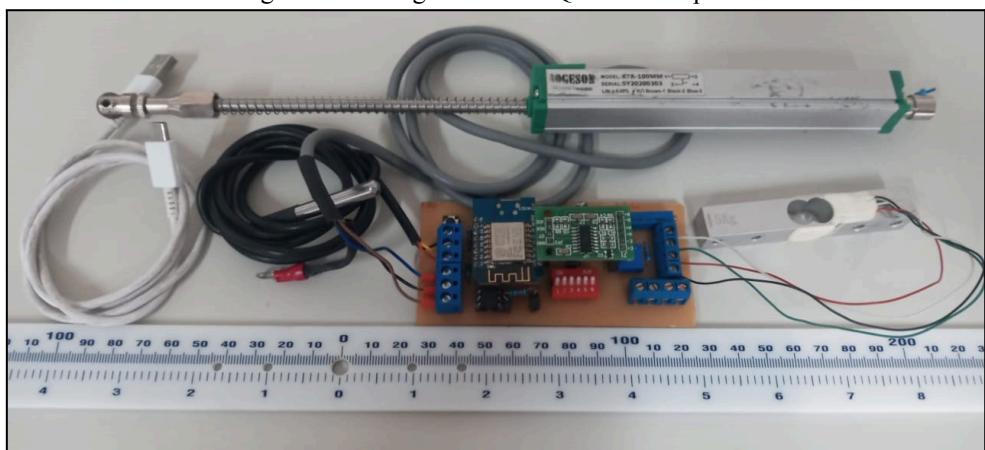
Figura 16 - Esquema do fluxo do sinal do DAQ-LIDF



Fonte: Autor.

Nesse DAQ, um conversor do modelo CI HX711 ADC é responsável por receber e amplificar o sinal analógico produzido pelas pontes de Wheatstone dos sensores de força e de deformação, amplificada com ganho de 64 ou 128 vezes. O conversor transforma o sinal recebido em um sinal digital de 24 bits. Esse sinal digital é então enviado ao ESP32 que o processa e o conecta à Internet. A Figura 17 é a fotografia do DAQ-LIDF em posição correspondente à ilustrada no esquema acima.

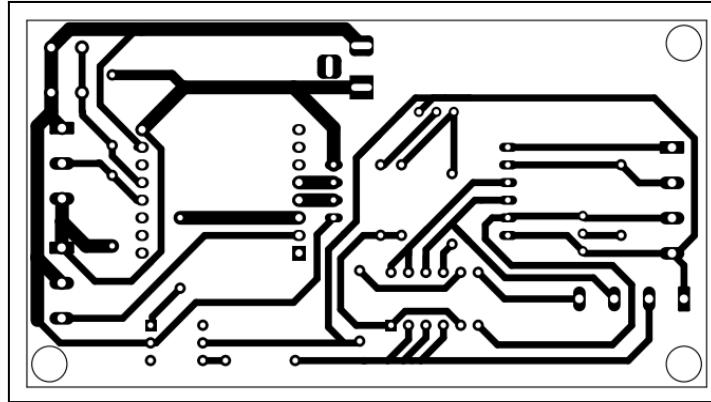
Figura 17 - Fotografia do DAQ-LIDF completo.



Fonte: Autor.

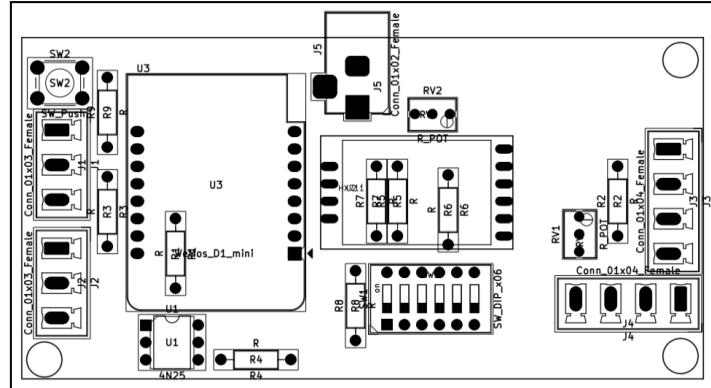
No intuito de disponibilizar o DAQ-LIDF para que outros professores, alunos e/ou pesquisadores possam replicá-lo, as Figuras 18 e 19, ilustram, respectivamente, o layout da placa de circuito impresso e novamente, a mesma a placa, agora com a disposição dos componentes eletrônicos utilizados: um módulo HX711, um módulo ESP8266, nove resistores de $1\text{k}\Omega$, um optoacoplador 4n25, dois potenciômetrode $10\text{k}\Omega$, seis terminais tipo fêmea e um dip switch.

Figura 18 - Layout da placa de circuito impresso desenvolvida e utilizada no DAQ-LIDF.



Fonte: Autor.

Figura 19 - Placa de circuito impresso com a representação dos componentes eletrônicos.



Fonte: Autor.

O módulo Wifi ESP8266, possui um microcontrolador integrado que permite o controle e processamento de dados, além do acesso à rede sem fio. A programação pode ser feita usando linguagem de programação LUA ou no ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) do Arduino. Possui antena embutida e conector micro-usb para conexão ao computador. Informações técnicas do módulo estão disponíveis no seu Datasheet, disponibilizado pelo fabricante (“ESP8266-datasheet”, [s.d.]).

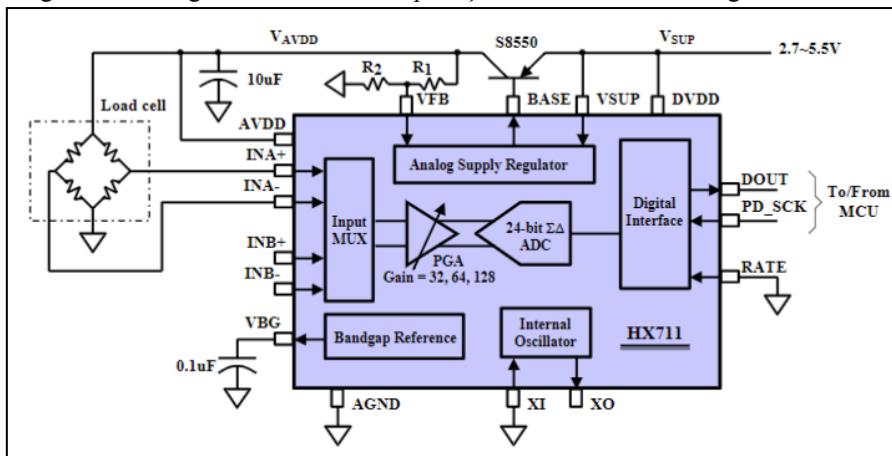
O módulo HX711 é voltado para a amplificação e conversão de pequenos sinais a uma taxa de 24 bits. O diagrama que ilustra o esquema e sua fotografia, podem ser visualizados respectivamente nas Figuras 20 e 21. Para amplificar o sinal da célula de carga e do extensômetro

conectados à Ponte de Wheatstone, faz-se a interligação da célula ao microcontrolador, que, para o presente caso, é feita pela placa ESP8266.

O módulo possui um sistema de proteção de tensão, além disso, a entrada do mesmo é voltada para sinais de baixa amplitude, sendo muito preciso justamente por possuir esse range de 24 bits, além de permitir um ganho programável de até 128 vezes. Assim sendo, esse dispositivo torna-se muito adequado para leitura com alta precisão de sinais de baixa amplitude.

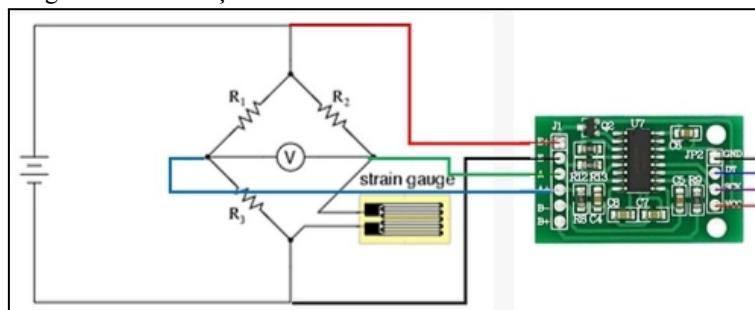
O optoacoplador 4N25 é usado para isolar sinais de controle digital (o microcontrolador), de sinais que possam vir a ter de alta tensão ou alta corrente provenientes do sinal da extensometria. Isso ajuda a evitar interferências indesejadas e garante que os circuitos de controle e de carga sejam mantidos separados e seguros.

Figura 20 - Diagrama de blocos da aplicação de uma célula de carga com HX711



Fonte: (HX711 - DATASHEET, [s.d.])

Figura 21 - Ilustração do HX711 com conexão em um extensômetro

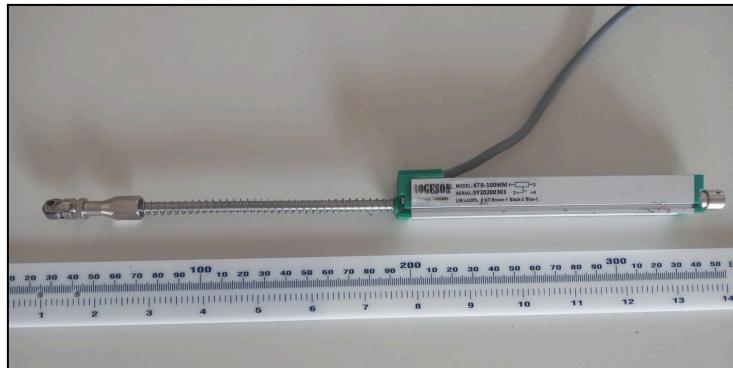


Fonte: ("HX711 and a single strain gauge", 2019)

Como sensor de deslocamento utilizou-se o sensor Modelo KTR - 100mm (Figura 22). O transdutor apresenta uma estrutura robusta, com haste de controle feita de aço inoxidável. O material da caixa é de alumínio anodizado e Nylon. No seu interior possui duas trilhas de resistência

(0 - 20 Kilo Ohm) com tolerância de 20% e comprimento de 10 cm. Uma ponta de rolamentos tem a função de restabelecer o transdutor a sua posição inicial.

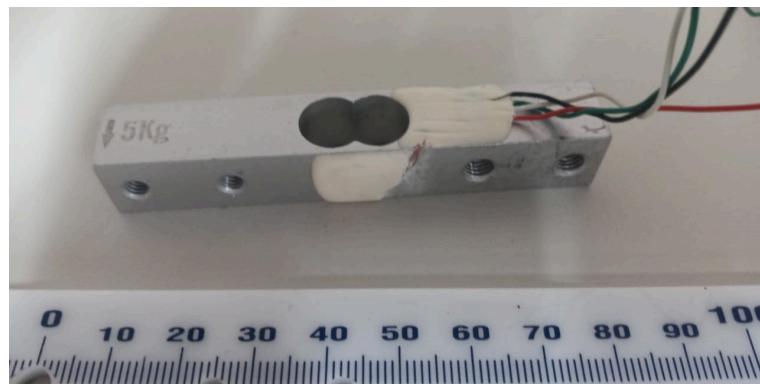
Figura 22 - Imagem do potenciômetro de régua KTR, utilizado como sensor de deslocamento.



Fonte: Autor.

Para medições de força, utilizou-se um célula de carga com capacidade de 5 kgf, a partir de uma estrutura de alumínio na qual os extensômetros são fixados pelo próprio fabricante (Figura 23). Este elemento é muito resistente, mas também possui uma elasticidade mensurável. Quando sob ação de uma força, o alumínio é levemente deformado dentro de um regime de deformação elástica. Tais deformações, extremamente pequenas (micro deformações), podem ser medidas pelo uso do extensômetro. A deformação é interpretada pelo DAQ-LIDF que permite assim, determinar a força.

Figura 23 - Imagem da célula de carga utilizada como sensor de força no DAQ-LIDF.



Fonte: Autor.

O transdutor utilizado para medidas de temperatura foi o DS18B20 (Figura 24) que é uma versão à prova d'água dos sensores DS1820 e DSB20Z, tendo também o diferencial de ter um encapsulamento em metal com o cabo revestido em PVC. Esse dispositivo faz medidas entre -55 °C e 125 °C com resolução de 0,5 °C para operação de 12 bits, que é o caso da nossa aplicação. O sensor emite sinais digitais e dele emergem três fios: alimentação de 3,0 a 5,0 V (vermelho); Ground (preto) e dados (amarelo).

Figura 24 - Imagem do sensor DS18B20.



Fonte: Autor.

Atualmente, procedimentos de calibração de sensores de deformação estão em andamento para serem apresentados em um próximo artigo. Isso se deve à complexidade técnica e às múltiplas possibilidades de utilizações didáticas e profissionais nas engenharias. O processo de calibração envolverá a comparação das leituras do sensor do DAQ-LIDF com as leituras que um equipamento de referência obtidas em uma ampla gama de situações. Por exemplo, cita-se as seguintes aplicações: ensaios de flexão de vigas de diferentes materiais e em diferentes vínculos, ensaios de tração e de compressão, instrumentação de treliças didáticas etc.

Para tornar possível a visualização de todas essas informações para o usuário de forma inteligível e confiável, foi desenvolvido um conjunto de instruções operacionais que foram programadas diretamente no hardware do equipamento (ESP). Trata-se de uma Firmware que para esta situação se caracteriza como um “software embarcado”. Os códigos deste tipo de programa residente são fundamentais para iniciar e executar o dispositivo, pois o mesmo fornece informações idênticas sempre que o hardware é ligado.

O código foi desenvolvido em C++ e está disponível em livre acesso na GitHub (<https://github.com/ifdruidas/DAQ-LIDE>), que é uma plataforma de hospedagem de código-fonte e arquivos com controle de versão usando o Git. O GitHub é uma plataforma social colaborativa, onde programadores e empresas colocam seus projetos para o desenvolvimento do código.

De acordo com a descrição resumida presente na Tabela 3, o valor total dos materiais utilizados na construção do hardware foi de aproximadamente R\$ 649,50. Em contrapartida, para fins de comparação de custo monetário, utilizou-se um aquisitor modelo QuantumX-MX840A do fabricante HBM®, que pode ser adquirido pelo valor de R\$ 17.500,00. Destacamos que tal

aquisitor, presente em um dos laboratórios da Instituição, será utilizado no andamento desta pesquisa para realizar as análises comparativas de extensometria.

Tabela 3 - Lista com materiais utilizados para construção do DAQ, preço, quantidade de componentes e custo total em fevereiro. 2023.

NOME DO COMPONENTE	PREÇO UNIT	QUANT.	CUSTO
Placa de circuito impresso	10	1	R\$ 10,00
Resistores	0,5	9	R\$ 4,50
Módulo Wifi ESP8266	40	1	R\$ 40,00
Módulo HX711	13	1	R\$ 13,00
Terminais	25	1	R\$ 25,00
Potenciômetro	2,5	2	R\$ 5,00
Sensor de deslocamento	450	1	R\$ 450,00
Sensor de temperatura DS18B20	30	1	R\$ 30,00
Célula de carga	50	1	R\$ 50,00
Extensômetro	15	1	R\$ 15,00
Optoacoplador 4n25	1	1	R\$ 10,00

Fonte: Autor.

2.2 Modo de operação do DAQ-LIDF.

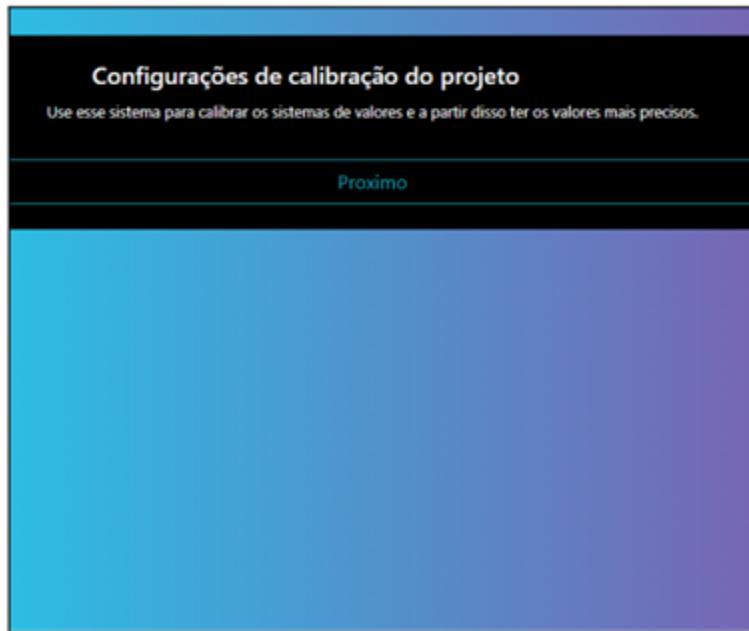
Nesta seção, com o intuito de permitir que outros pesquisadores possam reproduzir os resultados alcançados por esta pesquisa, apresenta-se um passo a passo sobre o acionamento do sistema, orientando quanto à conexão física dos sensores e em relação ao processo de ajuste de calibração para iniciar a aquisição de dados.

O processo se inicia na conexão do computador do usuário com o DAQ-LIDF. Com a placa conectada à fonte de alimentação, um led de sinalização acenderá no dispositivo. Uma vez efetuado esse passo, o usuário deve buscar no computador a configuração de acesso à Internet (no sistema operacional windows tem o nome de Configurações de rede e internet). A conexão se completa clicando sobre o nome da rede criada e nomeada pelos desenvolvedores (NodeEspAlexa).

O dispositivo foi concebido de forma que a cada organização experimental deve-se realizar a calibração. Foi desenvolvida uma página dedicada para este fim. O usuário deve preencher na barra de endereço do navegador a URL a seguir 192.168.4.1 Após ser feita essa operação, a tela inicial de configuração de calibração do projeto será carregada (Figura 25).

Após a conexão ser estabelecida deve-se iniciar o processo de calibração. A tela de calibração contém um texto de apresentação do dispositivo e um botão com a palavra próximo. Essa tela tem a finalidade de garantir ao usuário que o computador está conectado ao DAQ-LIDF.

Figura 25 - Imagem da tela de calibração do DAQ-LIDF.



Fonte: Autor.

Ao clicar no botão próximo, a tela de Leitura e padronização de sensores abrirá com os campos para preenchimento (ver Figura 26).

A tela apresenta cinco seções com campos para preenchimento. A primeira é destinada à Configuração do wi-fi, no campo SSID do ponto de acesso. O usuário deve preencher o campo com o nome de uma rede Wi-Fi disponível, na qual o dispositivo irá se conectar para enviar os dados para a nuvem bem como a senha de acesso à rede (Figura 27).

Abaixo do campo de configuração de wi-fi, se apresenta o quadro de Instrução de leitura de sinais, com quatro campos, um para cada sensor, destinados a fornecer ao DAQ-LIDF, dados conhecidos para que este faça a leitura e promova a calibração de seus transdutores. Cada campo de calibração está identificado com o nome do sensor (por exemplo: Sensor de peso). A ideia é fornecer para o software dois valores conhecidos para que este possa ter condições de construir uma função linear que explice para o sistema a variação do sinal em função da mudança dos valores.

Figura 26 - Tela de leitura e calibração de sensores.

Leitura e padronização dos sensores
 *Forneça todos os detalhes necessários para poder padronizar esse valores e ter a leitura mais precisa.

Configurações do Wifi

SSID do Ponto de Acesso

Nome da Rede

Seu nome SSID do ponto de acesso wifi local.

Senha da Rede

Instruções de leitura dos sinais
 No primeiro, prenda o valor atual e no botão ele irá ler.

Sensor de Peso

Insira o peso em quilos

Valor do sensor **Leitura**

Insira o peso em quilos

Valor do sensor **Leitura**

O valor do peso inserido aqui será usado como referência para cálculos futuros.

Deslocamento

Insira o deslocamento em cm

Valor do sensor **Leitura**

Insira o deslocamento em cm

Valor do sensor **Leitura**

O valor será usado para calibrar e conseguir medir o deslocamento de forma precisa.

Extensômetro

Insira a força

Valor do sensor **Leitura**

Insira a força

Valor do sensor **Leitura**

O valor será usado para calibrar e conseguir medir o deslocamento de forma precisa.

Salva as configurações dos sensores

Retornar

Fonte: Autor.

Figura 27 - Destaque nos campos de configuração de wi-fi

Configurações do Wifi

SSID do Ponto de Acesso

Nome da Rede

Seu nome SSID do ponto de acesso wifi local.

Senha da Rede

Fonte: Autor.

A Figura 28, apresenta um dos quatro campos e este possui quatro caixas de preenchimento, no qual a primeira (com o rótulo insira o peso em quilos) deve ser preenchida com o valor da massa aplicada no sensor. Caso não exista nenhuma carga aplicada o campo deve ser preenchido com zero.

Em seguida deve-se clicar no botão Leitura, então o dispositivo retornará o valor do sensor, que é um valor adimensional que servirá de parâmetro interno para o sistema. Depois disso, deve-se colocar ou trocar uma massa aplicada no sensor e da mesma forma que na situação anterior, clicar no botão de Leitura que também retornará o valor do sensor. Importante destacar que nesta etapa de desenvolvimento do DAQ-LIDF o valor do sensor é copiado de forma automática para a próxima etapa (etapa de leitura de dados)

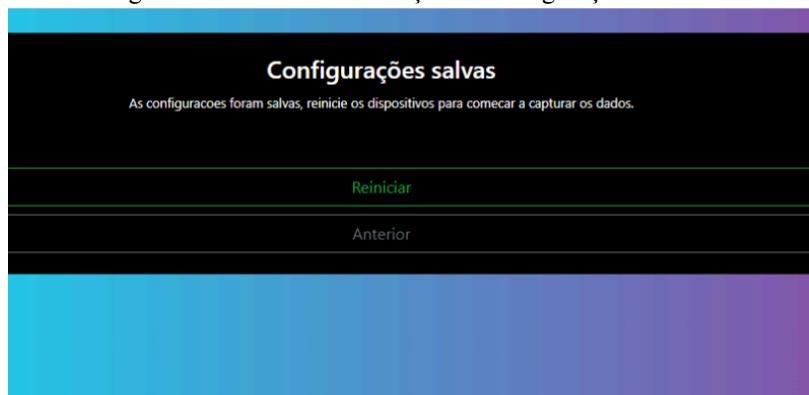
Figura 28 - Campos para preenchimento no processo de calibração do sensor de peso



Fonte: Autor.

O processo deve ser repetido para os quatro sensores. No caso do experimento a ser realizado não necessitar de algum dos sensores, estes campos podem ser preenchidos com zero. O processo de calibração deve ser finalizado ao clicar no botão salvar na parte de baixo da página. Finalizada essa etapa surge na tela a mensagem Configurações salvas. O usuário pode então decidir modificar o experimento e conectar outros sensores e reiniciar o processo de calibração (clicar no botão Reiniciar) ou voltar para a tela de calibração (clicar no botão anterior)(figura 29). Importante ressaltar que após a realização da etapa anterior, o DAQ-LIDF, inicia imediatamente a tomada de medidas e envia os dados para uma nuvem dedicada à visualização dos dados.

Figura 29 - Tela de confirmação de configurações salvas.



Fonte: Autor.

Para que os dados colhidos pelos sensores sejam direcionados para um arquivo em nuvem, criou-se uma conta google pois esta disponibiliza 5 Gb de armazenamento gratuito em uma pasta segura que, na atual etapa de desenvolvimento da pesquisa, não permite que os dados sejam deletados ou movidos para algum outro lugar. A pasta contém dois arquivos: um google forms que recebe e organiza as leituras dos sensores e um google sheet (figura 30) que entrega ao usuário no formato de uma planilha.

Figura 30 - Imagem da tela de resposta dos resultados.

A1	Carimbo de data/hora	Balança	Extensômetro	Temperatura	Deslocamento	F	G	H
1	Carimbo de data/hora	Balança	Extensômetro	Temperatura	Deslocamento			
14	24/09/2022 11:52:06	-1.83	-93657.00	25.00	0.00			
15	24/09/2022 11:52:07	-1.83	-100016.00	25.00	58.82			
16	24/09/2022 11:52:08	-1.83	-104647.00	25.00	117.65			
17	24/09/2022 11:52:09	-1.83	-103524.00	25.00	117.65			
18	24/09/2022 11:52:10	-1.83	-102116.00	25.00	176.47			
19	24/09/2022 11:52:11	-1.83	-95708.00	25.00	294.12			
20	24/09/2022 11:52:12	-1.83	-104338.00	25.00	294.12			
21	24/09/2022 11:52:13	-1.83	-103590.00	25.00	294.12			
22	24/09/2022 11:52:14	-1.83	-95637.00	25.00	294.12			
23	24/09/2022 11:52:15	-1.83	-97546.00	25.00	352.94			
24	24/09/2022 11:52:17	-1.83	-93576.00	25.00	411.76			
25	24/09/2022 11:52:18	-1.83	-93921.00	25.00	411.76			
26	24/09/2022 11:52:19	-1.83	-96292.00	25.00	470.59			
27	24/09/2022 11:52:20	-1.83	-103700.00	25.00	470.59			
28	24/09/2022 11:52:21	-1.83	-101658.00	25.00	529.41			
29	24/09/2022 11:52:22	-1.83	-104485.00	25.00	529.41			
30	24/09/2022 11:52:23	-1.83	-101923.00	25.00	529.41			
31	24/09/2022 11:52:24	-1.83	-95801.00	25.00	529.41			
32	24/09/2022 11:52:25	-1.83	-94318.00	25.00	588.24			
33	24/09/2022 11:52:26	-1.83	-105242.00	25.00	588.24			
34	24/09/2022 11:52:27	-1.83	-102124.00	25.00	547.00			

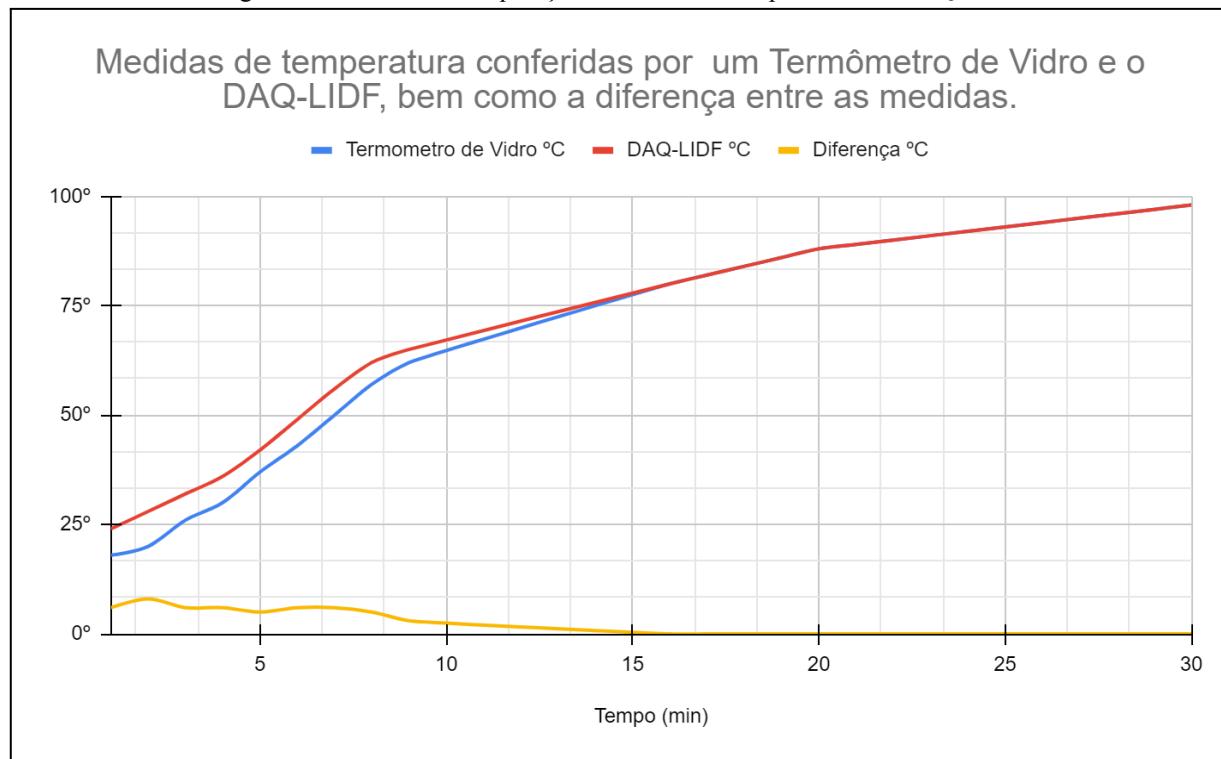
Fonte: Autor.

III. Resultados

Análise quantitativa de comparação do DAQ-LIDF

SENSOR DE TEMPERATURA - As medidas de comparação iniciaram, individualmente, com o sensor de temperatura. Foi utilizado um becker contendo 100 mL de água, colocado sobre um aquecedor de temperatura controlada. Foi introduzido na água, no mesmo instante, o sensor de temperatura DS18B20 e um termômetro químico de mercúrio, típico de laboratórios escolares, com range de medida indicada pelo fabricante de -10 °C a 200 °C. Os valores conferidos, foram plotados no gráfico presente na figura 31. Os resultados comparativos apresentam elevado grau de semelhança, com uma discrepância menor que 1 °C nos oito primeiros minutos.

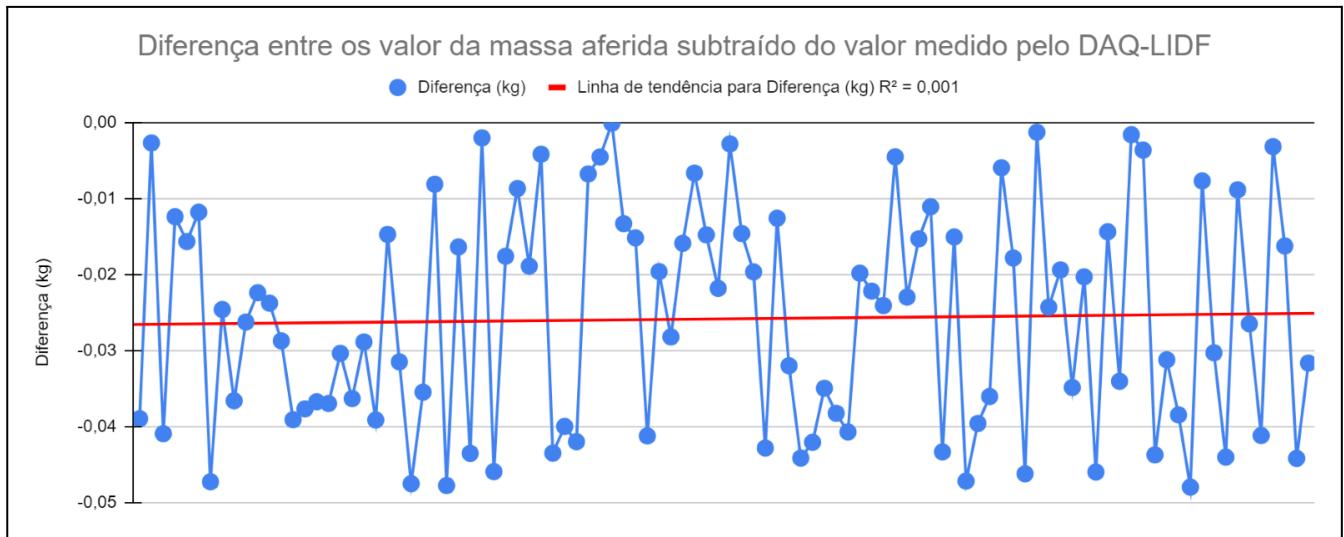
Figura 31 - Ensaio de comparação do sensor de temperatura do DAQ-LIDF



Fonte: Autor.

SENSOR DE FORÇA - A primeira aferição do sensor de força se deu via uma configuração da peça em engaste, aplicando na extremidade livre, massas aferidas. Foi aplicado um range de massas de 0,050 kg até 5 kg com intervalos constantes de 50 g. O conjunto de dados extraídos foi comparado com o valor esperado a cada inserção de uma nova massa aferida de 0,050 kg. O gráfico expresso na figura 32, demonstra a diferença entre os valores esperados (massa aferida) e o medido pelo equipamento (DAQ-LIDF). Tal diferença apresentou um valor médio de -0,026 kg com desvio padrão de 0,015 kg. Realizou-se o cálculo do coeficiente de determinação, denotado por R^2 , a fim de identificar o grau de correlação entre a magnitude da carga aplicada no sensor e a diferença observada. Um valor de R^2 igual a 0,001 significa que apenas 0,01% da variação na variável dependente (diferença entre esperado e medido) pode ser explicada pela variável independente (carga aplicada). O resultado aponta que a diferença observada não tem correlação com a intensidade da carga a qual o sensor está sujeito.

Figura 32 - Representação gráfica da diferença entre valores esperados e medidos.



Fonte: Autor.

Outros ensaios de comparação para os sensores de temperatura e de força, estão previstos para este trabalho explorando outras variáveis e condições de uso, para investigar, entre outras coisas, as discrepâncias observadas nas medidas de comparação.

Para os sensores de deslocamento e de deformação, além de testes comparativos com o aquisitor comercial disponível, o QuantumX-MX840A, estão previstos ensaios nos quais serão verificadas questões como: a sensibilidade, a linearidade, e a estabilidade das medidas para intervalos de tempos maiores, a repetibilidade das medidas e a análise de curvas de histerese. Espera-se que ao seguir esses procedimentos, seja possível garantir que o sensor de deformação forneça medições precisas e confiáveis, permitindo a realização de experimentos e a coleta de dados de alta qualidade.

Serão também realizados testes onde dois ou mais sensores serão utilizados de forma concomitante, duas proposições já emergiram de especialistas consultados:

- i. Força, deslocamento e deformação de uma lâmina metálica;
- ii. Força e deformação de uma lâmina metálica ou de uma treliça;

3.2 Análise qualitativa do DAQ-LIDF

Para além do baixo custo de recursos monetários, o dispositivo, que possui finalidade de uso didático, foi idealizado para possuir os seguintes atributos:

- Deve ser fácil de usar: alunos e professores devem ser capazes de usar a ferramenta sem muita dificuldade ou treinamento extensivo, ajuda a garantir que os alunos se concentrem mais nos conceitos que estão aprendendo, em vez de se distraírem com a tecnologia em si.
- Deve ser versátil, capaz de coletar dados em diversas áreas, permitindo uma certa personalização de suas experiências de aprendizagem.
- Deve ser capaz de coletar dados precisos e confiáveis, garantindo que os alunos obtenham resultados consistentes e precisos, independentemente de quem esteja usando a ferramenta.

O quadro 16 exprime o estado atual da avaliação qualitativa do dispositivo.

Quadro 16 - Avaliação do Dispositivo de Aquisição de Dados DAQ-LIDF

Requisito	Método de análise	Resultado
Baixo custo	Comparação entre os custos de aquisição dos componentes e o preço de dispositivo de uso comercial, no momento presente	O DAQ-LIDF mostra ser de baixo custo (5% do valor do dispositivo de referência) e todos os seus componentes de fácil acesso (ver tabela 1).
Usabilidade	Percepção de alunos e professores sobre a facilidade no uso do dispositivo durante uma SD planejada.	Será avaliado via questionário avaliativo durante as aplicações previstas para o primeiro semestre letivo de 2023
Versatilidade	Através de um painel de especialistas conferir se o dispositivo é capaz de coletar dados em diversas áreas.	O dispositivo possui quatro sensores e podem ser utilizados individualmente ou combinados. Sendo capaz de aumentar em muito as possibilidades de uso.
Personalização	Através de um painel de especialistas conferir que grau de personalização pode ser obtido de suas experiências de aprendizagem.	Estudo em andamento .
Precisão	Comparação quantitativa de cada sensor com outros dispositivos, dentro de range específico (ver seção anterior)	Estudo em andamento .
Confiabilidade	Através de um painel de especialistas conferir se o dispositivo tem capacidade de coletar dados de maneira consistente e precisa ao longo do tempo e em várias condições de operação.	Estudo em andamento .

Fonte: Autor.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho é apresentado a concepção e as etapas para o compartilhamento e uso de um dispositivo multisensor para tomada de medidas físicas essenciais à engenharia como um todo, e em particular, para aplicações da engenharia civil, principalmente na área de estruturas. O dispositivo apresenta uma série de atributos que o torna atraente para a utilização em laboratórios didáticos, como por exemplo, a questão de ser um dispositivo de baixo custo se comparado aos de empresas do ramo de laboratório didático.

A pesquisa apresenta ainda outras vantagens em prol do dispositivo, posto que a criação de um dispositivo com vários sensores conectados via algoritmos de processamento de dados avançados, permite aos desenvolvedores uma experiência que não é possibilitada nos dispositivos comerciais. Acredita-se que um estudante de engenharia que constrói seu próprio aparato de medidas tem oportunidades de aprendizado mais significativas e relevantes quando comparado com outro estudante que tem acesso a DAQs industrializados, principalmente os de elevado valor comercial, que pouco ou quase nunca são realmente manuseados pelo estudante durante o experimento.

Além disso, o dispositivo também será equipado com tecnologia de conectividade sem fio, permitindo que os dados sejam facilmente acessados e analisados em dispositivos móveis e outros dispositivos conectados à internet.

O desenvolvimento deste DAQ possui características de ser adaptável para diversos usos no contexto da formação de engenheiro civil, tanto aplicável em laboratórios didáticos das ciências básicas como no ciclo profissionalizante do curso via disciplinas teóricas do curso. Alguns autores, inclusive, vêm utilizando dispositivos semelhantes para fins de monitoramento de estruturas em tempo real (SILVA et al., 2019).

Destaca-se que a tomada de medidas físicas fazendo uso do DAQ atende às expectativas que a maioria dos professores e alunos têm quando questionados sobre os objetivos das aulas com uso de experimento principalmente ao permitir a aproximação entre teoria e prática (PARREIRA; DICKMAN, 2020).

Antes de disponibilizar o DAQ-LIDF para uso dos alunos em laboratórios didáticos é fundamental que sejam realizados todos os testes necessários pendentes neste trabalho, para garantir seu correto funcionamento e precisão dos dados. É importante que o dispositivo seja testado em

diferentes condições e situações experimentais, a fim de verificar se ele é capaz de capturar e armazenar dados com confiabilidade e consistência. Além disso, é essencial que os professores e técnicos responsáveis possuam recursos instrucionais (sequências didáticas específicas) e tenham um treinamento adequado para operar o dispositivo e assim conduzir o processo de aprendizagem dos alunos maximizando assim o potencial do dispositivo para o ensino de engenharia civil.

Para isso serão utilizados princípios de design e metodologias que permitam, de fato, atestar se tais atividades promovem o desenvolvimento de competências/habilidades requeridas para a formação de engenheiros. O delineamento de pesquisas experimentais com tais características se faz necessário para a modernização do ensino de engenharia em um sentido amplo, a fim de melhorar os indicadores da formação de engenheiros em nosso país, tanto no aspecto quantitativo, formando mais engenheiros, quanto no qualitativo, formando-os com as habilidades requeridas para as demandas da sociedade contemporânea. Essas demandas ensejam que alunos e professores tenham acesso à tecnologias modernas para realização de experimentos importantes para a prática profissional, bem como possibilita desenvolver habilidades relativas a essa formação.

Os testes comparativos e análises qualitativas apresentadas no trabalho indicam claramente o potencial do DAQ para ser utilizado em laboratórios didáticos e em disciplinas teóricas de engenharia civil ou mesmo de outras áreas da engenharia que tenham destaque para as grandezas físicas mensuradas pelo dispositivo, como por exemplo, a Engenharia Mecânica.

Com o que foi desenvolvido até o momento, conclui-se que o dispositivo em análise pode fornecer informações precisas e em tempo real sobre uma variedade de grandezas físicas, tais como temperatura, deformação, força, deslocamento estático e dinâmico. Além disso, sua simplicidade de uso e o atributo de ser de baixo custo o tornam uma opção muito atrativa para modernizar o ensino de graduação em engenharia.

5. BIBLIOGRAFIA

AMARAL, S. et al. **O ENSINO DE ENGENHARIA E COMPETÊNCIAS PARA INOVAÇÃO: UMA PROPOSTA INICIAL (INNOVATION AND EDUCATION: BUILDING A PROFILE BASED ON SKILLS FOR ENGINEERING EDUCATION)**. [s.l: s.n.].

BLIKSTEIN, P. et al. **Bifocal modeling: mixing real and virtual labs for advanced science learning**. Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children. Anais...: IDC '12. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 12 jun. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2307096.2307150>>. Acesso em: 21 jan. 2023

CROPLEY, D. H. Creativity in Engineering. Em: CORAZZA, G. E.; AGNOLI, S. (Eds.). **Multidisciplinary Contributions to the Science of Creative Thinking**. Creativity in the Twenty First Century. Singapore: Springer, 2016. p. 155–173.

EMILIO, M. D. P. **Data Acquisition Systems: From Fundamentals to Applied Design**. New York, NY: Springer New York, 2013.

ESP8266-datasheet. , [s.d.]. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2023

FEISEL, L. D.; ROSA, A. J. The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education. **Journal of Engineering Education**, v. 94, n. 1, p. 121–130, 2005.

HAAG, R., VEIT, E. A. Porquê introduzir a aquisição automática de dados nos laboratórios didáticos de física. **Física na escola**, p. 69–74, 2005.

HBM. Sistemas de Aquisição de Dados & Instrumentos. Disponível em: <enqr.pw/v7L9g>. Acesso em: 5 fev. 2023.

HX711 - DATASHEET. Data Sheet HX711. , [s.d.].

HX711 and a single strain gauge. Disponível em: <<http://community.robotshop.com/forum/t/hx711-and-a-single-strain-gauge/48600>>. Acesso em: 16 fev. 2023.

KEYSIGHT. Data Acquisition — DAQ Systems. Disponível em: <<https://www.keysight.com/us/en/products/modular/data-acquisition-daq.html>>. Acesso em: 5 fev. 2023.

KOKOTSAKI, D.; MENZIES, V.; WIGGINS, A. Project-based learning: A review of the literature. **Improving Schools**, v. 19, n. 3, p. 267–277, 1 nov. 2016.

KONDAVEETI, H. K. et al. A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. **Computer Science Review**, v. 40, p. 100364, 1 maio 2021.

LIDF, U. Espelho do diretório de Grupos de Pesquisa CNPQ. Disponível em: <<http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/318567>>. Acesso em: 2 fev. 2023.

MASSONI, N. T. Ensino de laboratório em uma disciplina de Física Básica voltada para cursos de Engenharias: análises e perspectivas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 258–288, 14 mar. 2014.

NovaDidacta, [s.d.]. Disponível em:
<https://www.novand.com.br/Imagens/Catalogos/Catalogos/Ensaio-Estruturas_NovaND.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2023

PARREIRA, J. E.; DICKMAN, A. G. Objetivos das aulas experimentais no ensino superior na visão de professores e estudantes da engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 17 jul. 2020.

RODRIGUES, A. **Memorial Acadêmico. Alexandre Guimarães Rodrigues**. Belém: UFPA, 2021.

Sensor de Peso / Célula de Carga 0 a 5kg para Arduino. Disponível em:
<<https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-peso-arduino/sensor-de-peso-celula-de-carga-0-a-5kg-par-a-arduino-4413.html>>. Acesso em: 16 fev. 2023.

SHAABAN, K. **Practical teaching and its importance in teaching civil engineering**. . Em: GLOBAL INNOVATORS CONFERENCE 2013. Hamad bin Khalifa University Press (HBKU Press), 1 abr. 2013. Disponível em:
<<https://www.qscience.com/content/papers/10.5339/qproc.2013.gic.4>>. Acesso em: 12 fev. 2023

SILVA, M. R. DOS S. DA; OLAVE, M. E. L. CONTRIBUIÇÕES DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS ASSOCIADAS À INDÚSTRIA 4.0 PARA A FORMAÇÃO PROFISSIONAL. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 17, n. 2, p. 82–110, 1 maio 2020.

SILVA, J. B. L. P. E et al. Desenvolvimento de sistema de baixo custo para monitoramento de integridade estrutural. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 24, n. 4, p. e12528, 2019.

TALJAARD, J. A Review of Multi-Sensory Technologies in a Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (STEAM) Classroom. **Journal of Learning Design**, v. 9, n. 2, p. 46–55, 2016.

3.2 ARTIGO 4 - ATIVIDADES MÃO NA MASSA: UM MÉTODO DE SALA DE AULA INVERTIDA PARA O ENSINO DE FÍSICA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ¹⁹

Resumo: Visando preencher as lacunas na aprendizagem dos alunos de física, o Laboratório de Inovação Didática em Física (LIDF) desenvolveu uma sequência didática envolvendo ciclos de ensino cujas atividades se baseiam na Taxonomia de Bloom do Domínio Cognitivo e nos princípios da sala de aula invertida. Nos ciclos, encontram-se as atividades Mão na Massa, cujo propósito é inserir problemáticas a serem resolvidas por meio da experimentação em sala de aula. Esse produto educacional apresentou grande adesão dos alunos, cujo engajamento em situações desafiadoras é fundamental para o desenvolvimento de competências.

Palavras-chave: Ensino de Física, Mão na massa, Sala de aula invertida, Sequência didática.

I Introdução

A educação em física é uma das principais portas de entrada para as demais ciências voltadas para a competência em tecnologia, química, medicina, engenharia, ciência ambiental e, até, administração e economia. No entanto, a percepção pública dominante é a de que a Física seja entediante, abstrata e fundamentalmente irrelevante. Muitos estudantes universitários percebem essa disciplina como sendo difícil ou desagradável; por isso, optam por não seguir graduação em Física (ENBANG, 2016).

Infelizmente, na sala de aula, muitas vezes o ensino não leva em conta a importância da criatividade, isto é, como se a ciência tratasse unicamente de problemas bem estruturados, para os quais existem respostas conhecidas e apenas um modo “correto” de resolução. Não somente se deixa de prestar qualquer atenção à solução inovadora de problemas como, também, salvo algumas exceções, há pouco ensino de qualquer habilidade cognitiva em nível superior. Como resultado, os alunos são condicionados à passividade intelectual (DEHANN, 2011).

¹⁹ Trabalho publicado em periódico Qualis B2 para as Grandes áreas Engenharias I e Ensino.

da Cruz Costa, J. B., Rodrigues, A. G., Cabral do nascimento, S. C., do Rosario, J. H. R., Moura de Sousa, L. R., & de Lima Faro, M. C. (2020). Atividades mão na massa: um método de sala de aula invertida para o ensino de física na Universidade Federal do Pará / Hand-mass activities: an inverted classroom method for physical education at the Federal University of Pará. **Brazilian Journal of Development**, 6(1), 404–412. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-02>

Tendo em vista a importância da dinamização do ensino da física, uma vez que, trata-se de uma ciência experimental, é necessário romper a tradição pautada apenas em livros texto, explanação teórica e testes de memorização estrategicamente intervalados e instaurar métodos de aplicação dos conceitos recém adquiridos (EDITORIAL, 2015). No Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (ITEC/UFPA), as lacunas na aprendizagem dos ingressantes de graduação nas engenharias são preocupantes, pois organizar ideias coerentes para analisar e resolver problemas inéditos nada mais é do que o esperado de um bom engenheiro.

A utilização dos modelos qualitativos em aulas expositivas das disciplinas do ciclo básico facilitam a compreensão do aluno. Isso evidencia que expor a representação física dos conceitos teóricos resulta em maior velocidade no processo de ensino-aprendizagem (PAIVA, 2001). Segundo Pinheiro (2000), a união coesa entre teoria e prática ajuda a diminuir algumas abstrações, de modo a permitir que as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem possam ser superadas com esforço próprio do aluno, tendo em vista que o esforço por desenvolver projetos lhe concede uma visão global e interdisciplinar do curso.

Para tanto, a Universidade Federal do Pará desenvolveu o Laboratório de Inovação Didática em Física-LIDF, o qual busca produzir inovação com foco na formação de alunos que atendam às múltiplas demandas da sociedade. O grupo de pesquisadores e estudantes ligados ao laboratório multifuncional e multiusuário lidam com o desenvolvimento, adaptação e validação de produtos educacionais, de sequências didáticas e atividades experimentais, aplicando e discutindo sobre resultados acerca de metodologias ativas de aprendizagem. Nesse contexto, o LIDF produziu as Atividades Mão na Massa como produto educacional alternativo, incluindo o caráter experimental da disciplina e demandando a atenção necessária para a dinamização do ensino.

II Referencial Teórico

2.1 SALA DE AULA INVERTIDA

Em oposição ao método tradicional de ensino, a sala de aula invertida (BERGMANN & AARON, 2012) busca otimizar o tempo e a aprendizagem em classe ao rever as posições e responsabilidades de professor e aluno. Neste método, o aluno passa a ser responsável por buscar o conhecimento antes do encontro em classe, tendo o professor como um

facilitador ou condutor deste através de variadas técnicas, entre elas a audiovisuais (vídeo-aulas, slides, etc) e tecnológicas (e-book, testes online, etc). Assim, inverte-se a função do estudo em sala e em casa. Observa-se o desempenho deste método com dois estudos realizados em prestigiadas instituições de ensino superior dos Estados Unidos. Em Harvard, após 10 anos de estudos nas disciplinas de Cálculo e Álgebra, pode-se observar um ganho de aprendizagem de 49 a 74% para os alunos que optaram por turmas que utilizaram metodologias ativas. Já em British Columbia, os professores que utilizavam o método de sala de aula invertida (dentre eles Carl Wieman, prêmio Nobel de Física em 2001) notaram um aumento de 20% de frequência e 40% de participação (DUNLOSKY et al, 2013). Além do mais, segundo Bergmann (2018), existem mais de 500 pesquisas em revistas acadêmicas que evidenciam o sucesso e a eficácia da sala de aula invertida.

2.2 TAXONOMIA DE BLOOM E CICLOS DIDÁTICOS

A Taxonomia de Bloom do Domínio Cognitivo define os objetivos da aprendizagem por meio de uma sequência linear (ilustrada na escada da figura 2.1), de forma alcançar gradativamente altas taxas de abstração do aluno, desenvolvendo múltiplas competências (FERRAZ, 2010). Visando atender a todas essas etapas, foi desenvolvida uma Sequência Didática pelo LIDF, relacionando cada atividade do ciclo a um nível de domínio sobre o assunto. Paralelamente, ocorre a culminância do curso, onde o aluno é levado a criar um modelo físico e computacional, denominado Projeto Integrador.

Tais ciclos ensinam sobre parte do conteúdo ao longo de uma ou duas semanas, conectando desde testes de leitura prévia até síntese total do conteúdo abordado pelo professor em sala de aula. Essa didática permite maior interação entre os polos de conhecimento e fornece dados consistentes para o educador abordar a matéria de forma personalizada para atender às necessidades da turma (COSTA, 2018).

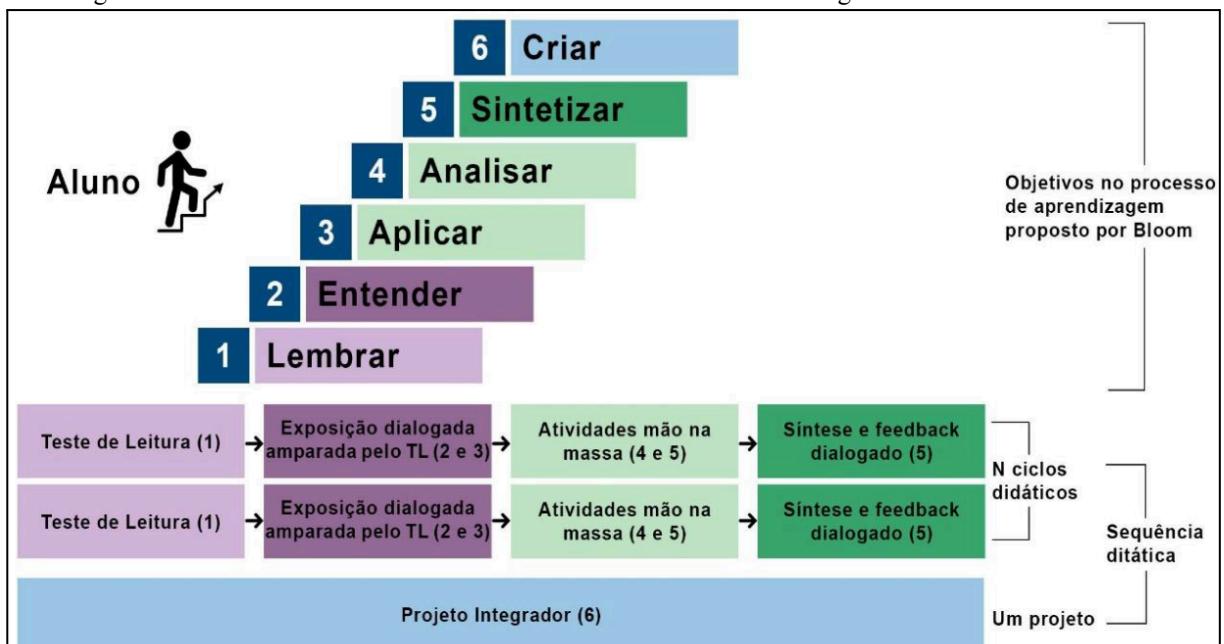
Com a ajuda da Sala de Aula Invertida, o tempo que tradicionalmente seria investido em aulas teóricas expositivas, é agora gasto no entendimento, aplicação, análise e síntese dos conceitos lembrados previamente pelo aluno. Dessa forma, a presença do educador acontece nas fases mais importantes e delicadas da construção de conhecimento.

2.3 ATIVIDADES MÃO NA MASSA

Para o total funcionamento didático, é necessário que a estruturação do ciclo instigue o aluno em sua busca. Nesse contexto foram desenvolvidas as Atividades Mão na Massa, a fim de proporcionar uma problemática a ser resolvida pelos alunos por meio da experimentação. O método educacional consiste em uma série de perguntas relacionadas com uma situação concreta fornecida e contextualizada com o ciclo vigente. Para respondê-las, é fornecido apenas alguns instrumentos de medição, caso sejam necessários.

A instrução incompleta aflora a criatividade dos alunos e abre espaço para a inovação pautada no conhecimento adquirido durante o curso. Por esse motivo, tais atividades se diferenciam da prática experimental clássica, pois leva à reflexão do estudante, que propõe a coleta de dados sabendo a importância do resultado obtido para a solução do exposto. Assim, o método consegue ativar o terceiro e o quarto níveis de domínios cognitivos, propostos por Bloom.

Figura 33 - Atividades do ciclo didático relacionados com cada nível cognitivo de Bloom



Fonte: COSTA, 2018

III Metodologia

3.1 SALA DE AULA INVERTIDA

As Atividades Mão na Massa têm duração de 1 hora, iniciando logo após a explanação sobre os Testes de Leitura referentes à etapa anterior do ciclo de aprendizagem. É entregue aos

alunos, divididos em grupos, os materiais e as questões a serem respondidas no desafio (veja exemplo no quadro 17).

A presença do professor durante toda a atividade é indispensável, pois ele irá orientar os alunos quanto às numerosas dúvidas naturais que irão surgir. Por isso, é necessário que esse educador esteja capacitado para atender aos questionamentos sem interferir no protagonismo do aluno na produção do próprio conhecimento.

Quadro 17 - Desafio Mão na Massa sobre a segunda Lei de Newton.

Conhecendo a classificação do movimento em Movimento Retilíneo Uniforme MRU e Movimento Uniformemente Variado MUV:



1. Como você classificaria o movimento do carrinho no esquema experimental proposto?

a) De que conceitos ou equações você precisa para responder a esta pergunta?

b) Quais os passos necessários para responder?

Ampare suas respostas na segunda Lei de Newton e em cálculos de força e aceleração resultantes.

Fonte: COSTA, 2018

Logo abaixo existem as Questões Instigantes, cujo objetivo é fomentar a discussão entre o grupo e promover o entendimento pleno dos conceitos envolvidos no problema e das alterações provocadas pela alteração e parâmetros no sistema. Vale ressaltar que as respostas para essas perguntas não devem ser entregues pelo grupo, mas as indagações advindas desse processo são ótimas para a interação que ocorre na próxima fase do ciclo, onde o educador promove uma síntese de tudo que ocorreu ao longo do processo.

Quadro 18 - Perguntas instigantes presentes no roteiro da atividade Mão na Massa.

Perguntas Instigantes
A força resultante é uma força real?
Peso é uma propriedade intrínseca do corpo?
De acordo com a segunda Lei de Newton, massa e aceleração são inversamente proporcionais. O que isso quer dizer?

Fonte: COSTA, 2018

Atualmente, o LIDF produziu e aplicou 20 Atividades Mão na Massa, incluindo turmas de Física 1(mecânica) em graduação das engenharias da UFPA e no ensino médio integrado ao técnico em edificações. A maioria do material envolve os conceitos das leis de Newton e se distribuem como explicitado no quadro 19.

Quadro 19 - Perguntas instigantes presentes no roteiro da atividade.

TEMÁTICAS DAS ATIVIDADES MÃO NA MASSA			
Cinemática e Vetores	2	10%	
Conceito de força e 1 ^a lei de newton	5	25%	
Forças: Atrito, Elástica, Magnética, Normal e Peso	7	35%	
2 ^a lei de newton	4	20%	
3 ^a lei de newton	1	5%	
Outras*	1	5%	
TOTAL	20	100%	

Fonte: Autor

Para avaliar o comportamento dos alunos frente ao projeto, foi aplicada uma metodologia na qual um observador externo era colocado em sala incumbido da tarefa de observar a quantidade de alunos que se enquadram nas categorias presentes no Quadro 20. Tais registros foram feitos após 15 min do início da atividade e 15 minutos antes de seu término. Vale notar que o comportamento mais desejado é o estudante manipulando o experimento e falando com seu grupo, pois entende-se que a ajuda fornecida por cada integrante é crucial para o entendimento satisfatório de todo o coletivo.

Quadro 20 - Comportamentos observados durante a aplicação da atividade.

CATEGORIAS DE COMPORTAMENTOS DURANTE A ATIVIDADE	
I	Manipulação da atividade com debate em grupo
II	Manipulação da atividade sem debate em grupo
III	Lendo ou escrevendo no contexto da atividade
IV	Observação sem participação na atividade
V	Desmotivado por diversos fatores
VI	Esperando a resolução/explicação do professor
VII	Em conversa paralela do contexto da atividade

Fonte: COSTA, 2018

IV Resultados

Como resultado das observações feitas em 4 ciclos de uma turma de ensino médio integrado ao técnico em edificações, obteve-se os resultados apresentados no Quadro 21. Os ciclos são, respectivamente do 1 ao 4: conceito de força e primeira Lei de Newton, tipos de forças, segunda Lei de Newton e terceira Lei de Newton.

Quadro 21- Porcentagem de alunos apresentando os comportamentos descritos anteriormente durante os ciclos 2, 3 e 4 e média dos dados de cada observação.

OBSERVAÇÕES SISTEMÁTICAS DAS ATIVIDADES MÃO NA MASSA							
	CICLO 2						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1 ^a OBS 15 min	33,33%	24,24%	24,24%	9,10%	0%	3,03%	6,06%
2 ^a OBS 45 min	18,18%	15,15%	51,52%	9,09%	0%	0%	6,06%
CICLO 3							
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1 ^a OBS 15 min	40,63%	21,88%	28,12%	0%	3,12%	0,00%	6,25%

Fonte: COSTA, 2018

Os dados apontam a notória adesão dos alunos ao método, pois o percentual das características desejáveis é alto, em comparação aos demais. É necessário ressaltar a diferença entre os dados das 2 observações quanto aos comportamentos de debate em grupo e escrever sobre a atividade. No primeiro momento, os alunos discutem sobre cada ideia individual acerca da situação, buscando um consenso e dividindo tarefas. O inverso ocorre próximo à entrega dos resultados, pois cada um faz suas anotações pessoais da descoberta ou produz as respostas escritas que serão cobradas do grupo.

No último ciclo, o aumento das conversas paralelas e da espera pela resolução do professor foi justificado em virtude de um evento externo. Logo, é preciso entender o contexto geral para decidir a melhor hora de aplicar essa didática, visto que sua eficiência depende do engajamento do estudante.

Também é importante refletir sobre a previsibilidade da dinâmica, já que os alunos já sabiam que aconteceriam explicações no final.

V Considerações Finais

Considerando os resultados obtidos com a aplicação das metodologias ativas e do Mão na massa em nível médio e na graduação, observa-se a significativa melhora no ensino e aprendizagem da física. Portanto, esse produto educacional, de fato, promove o adendo necessário na sala de aula teórica, pois insere aos modelos físicos reais; e na experimental, visto que utiliza os dados contextualizados para solucionar as problemáticas apresentadas bem definidas.

Para um entendimento completo da implementação das atividades mão na massa pelo LIDF-UFPA, sugere-se a análise estatística de desempenho, participação e frequência dos alunos entre turmas que adotam ou não tal método para reafirmar a sua real efetividade no ITEC/UFPA.

REFERÊNCIAS

BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aaron. Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem. Rio de Janeiro: Editora LTC. 2016.

FERRAZ, APCM; BELHOT, RV. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421 - 431, 2010.

MOREIRA, MA. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. Aprendizagem significativa em revista/Meaigfum Learning Review , v. 1(3), pp. 25 - 46, 2011.

COSTA, José Benício da Cruz. Planejamento, construção, validação e avaliação de uma sequência didática com foco no desenvolvimento de competências no ensino médio integrado. 2018. 143 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Física, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018

3.3 GUIA DO PROJETO INTEGRADOR²⁰

I. INTRODUÇÃO

Sabe-se que todo e qualquer curso de engenharia tem como um dos seus pilares ao menos uma das grandes áreas da Física. Diante disso, tornar o ensino dessa ciência mais instigante, atrativo e moderno é um desafio para a educação em qualquer nível de ensino e em qualquer canto do mundo.

Em termos das competências almejadas pelo engenheiro, destaca-se a capacidade de aplicação de conhecimentos físicos de diversas ordens, incluindo tanto aspectos teóricos quanto práticos. Por sua vez, a proposta do LIDF orienta a inserção de atividades experimentais como parte integrante dos cursos básicos de física e se encaixa com as chamadas estratégias de aprendizagem ativa, em que são praticadas metodologias baseadas em desafios, projetos, questões abertas e práticas investigativas experimentais.

Esse laboratório tem como objetivo mais amplo desenvolver novos produtos educacionais, o que inclui novas maneiras de aprender e de ensinar física para cursos de engenharia com o intuito de promover mudanças curriculares com foco voltado para o paradigma educacional de formação por competências.

Conforme já mencionado, em sentido amplo, as ações desenvolvidas no LIDF se assentam no chamado paradigma de formação por competências, o qual tem o pesquisador Philippe Perrenoud como um dos seus mais destacados difusores. Perrenoud (2000, p. 19) afirma que atualmente o desenvolvimento de competências do âmbito educacional está ancorada em duas constatações: “A transferência e a mobilização das capacidades não caem do céu. É preciso trabalhá-las e treiná-las. Isso exige tempo, etapas didáticas e situações apropriadas”.

O grupo de pesquisadores do LIDF defende a inserção de uma atividade que permeia todo o curso de Física Fundamental I, tal atividade é nomeada como Projeto Integrador. Neste Projeto Integrador o aluno é desafiado a construir, com palitos de picolé, um modelo físico de uma ponte treliçada e, concomitante a isso, um modelo matemático-computacional da mesma estrutura.

²⁰ Este guia foi desenvolvido baseando-se no trabalho realizado pelos professores Marco Antônio e Messias Borges Silva na Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo - Campus Lorena.

PEREIRA, M. A. C. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS: caso do Curso de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de Lorena - USP. Fórum de Metodologias Ativas, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 013–018, 2018.

Na culminância da aplicação, os modelos Físico e Virtual serão comparados em um ensaio destrutivo permitindo ao aluno comparar o desempenho previsto no modelo matemático-computacional com o desempenho obtido no ensaio real. O esquema da metodologia pode ser observado através da Figura 34.

Figura 34 - Representação do esquema de atuação do aluno no Projeto Integrador



Fonte: Blikstein, 2012.

II. OBJETIVOS

II.1 Objetivos da metodologia de aprendizagem baseada em projetos (ABPj)

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) proporciona um ambiente interativo de trabalho em equipe para a resolução de problemas reais das ciências básicas e de engenharia e atua no despertar para uma das principais competências que se espera de um engenheiro: a capacidade para resolver problemas e apresentar resultados. Ademais, a ABPj consiste em um processo através do qual se busca intensamente estimular no aluno a capacidade de aprender a aprender, de trabalhar em equipe, de ouvir outras opiniões (mesmo que contrárias às suas), induzindo-o a assumir um papel ativo e responsável pelo seu aprendizado. Segundo relatório sobre Ensino de Engenharia da UNESCO, em 2010, a ABPj é uma das metodologias mais relevantes para o desenvolvimento de competências transversais. Num ambiente de ABPj é possível desenvolver competências essenciais em qualquer atividade, com destaque para gestão e liderança de equipes, organização do trabalho, gestão de tempo, pensamento crítico, comunicação em público, comunicação interpessoal e criatividade, dentre outras. A ABPj, de uma forma simples, proporciona um ambiente de discussão e de aprendizagem ativa, no qual os próprios estudantes são os principais responsáveis pelo seu processo de aprendizagem. Os principais objetivos a serem alcançados com a utilização de ABPj são: promover a aprendizagem centrada no aluno; fomentar o trabalho em equipe; desenvolver o espírito de iniciativa e criatividade; desenvolver capacidades de comunicação; desenvolver o pensamento crítico. Em suma, trata-se de um processo ativo, cooperativo, integrado, interdisciplinar e orientado para a aprendizagem do aluno.

II.2 Objetivo geral do projeto integrador

Considerando que a formação em engenharia visa capacitar profissionais para observar, pensar, criar, refletir, criticar, projetar, comandar, liderar, incluindo analisar e compreender conceitualmente os fenômenos físicos por meio de modelos físicos, matemáticos e computacionais, estabelecemos os seguintes questionamentos: Como a física pode ajudar um engenheiro a projetar com segurança uma ponte? Como a física pode ajudar um engenheiro a prever a resistência de uma ponte? Qual a importância das pontes para a vida das pessoas? Como a engenharia civil consegue vencer grandes vãos compondo e juntando elementos menores e de menor resistência? O que a física tem com isso?

Sendo assim, o projeto integrador tem como objetivo a construção de um modelo físico de uma ponte treliçada fazendo uso de hastes de madeira (palitos de picolé) e concomitante a isso, um modelo matemático-computacional da mesma estrutura. Os modelos físico e virtual são comparados em um ensaio destrutivo de carga, permitindo ao aluno comparar o desempenho previsto no modelo matemático-computacional com o desempenho real.

II.3 Objetivos específicos do projeto integrador

Producir relatório de pesquisa e apresentação oral com base em modelos disponibilizados pela equipe LIDF, nos quais devem conter descrições detalhadas de todas as etapas de criação do modelo, incluindo a memória de cálculo e a apresentação do ensaio de carga.

III. METODOLOGIA

Este projeto foi elaborado no sentido de oportunizar ao aluno o desenvolvimento do mais elevado grau de desenvolvimento cognitivo proposto pela Taxonomia de Bloom (criar). A execução será realizada em etapas assim descritas:

III. 1 Primeira etapa: engajamento

Neste projeto as seguintes questões-âncoras são estabelecidas: Como a física pode ajudar um engenheiro a projetar com segurança uma ponte? Como a física pode ajudar um engenheiro a prever a resistência de uma ponte? Qual a importância das pontes para a vida das pessoas? Como a

engenharia civil consegue vencer grandes vãos compondo e juntando elementos menores e de menor resistência? O que a física tem com isso?

III.2 Segunda etapa: construção do modelo físico

Os alunos deverão construir dois modelos físicos de uma ponte treliçada utilizando hastes de madeira (palitos de picolé) ligando-os com cola. O primeiro modelo deve ser ensaiado previamente em data específica, conforme consta no cronograma deste projeto.

Todas as equipes receberão a devida orientação da equipe de professores quanto à realização do ensaio.

III.3 Terceira etapa: construção do modelo computacional

Os alunos deverão construir um modelo matemático-computacional, o qual deve ser executado com auxílio do software FTOOL.

III.4 Quarta etapa: ensaio destrutivo

Nesta etapa o modelo físico será submetido a um ensaio destrutivo, no qual será observado a carga de colapso da ponte a partir de um incremento de carga crescente. A carga de colapso deverá ser prevista através do modelo matemático-computacional. De posse da memória de cálculo os alunos farão considerações acerca da resistência máxima da ponte. Os alunos devem consultar o GUIA SINTÉTICO do Projeto Integrador para mais informações.

IV. PARTICIPANTES

IV.1 Equipe de alunos

Na formação dos grupos será utilizada a técnica de *diversidade controlada*. Isso significa que os grupos devem ser formados de modo a reunir estudantes com diferentes habilidades, competências e perspectivas de vida, para que possam complementar e aprender uns com os outros. Com esta técnica o professor tem um papel ativo no processo de formação de grupos, buscando equilibrar as potencialidades, habilidades e competências de cada aluno de modo a evitar a formação de grupos homogêneos, o que pode limitar o aprendizado dos estudantes.

Cada equipe será composta por 5-6 alunos devidamente matriculados na disciplina Física I. Cada equipe terá um TUTOR e deverá usar pelo menos um protocolo de comunicação entre seus membros (Facebook, WhatsApp, Dropbox, Google Drive, etc.). Cada equipe deve eleger entre seus membros um líder e um secretário. O líder possui como atribuições, entre outras que lhe forem delegadas pelo grupo, a de ser o contato da equipe com o tutor, o contato da equipe com os professores e a de agendar reuniões do grupo. O secretário é o responsável pelas Atas de Reunião, nas quais devem ser registradas as principais ações durante a execução do projeto.

Os tutores são alunos veteranos que já cursaram a disciplina Física I e atuarão muito próximos das equipes. As principais funções dos tutores são o monitoramento do progresso do projeto e o acompanhamento da aprendizagem dos alunos da equipe sob sua tutoria. Eles devem estimular a reflexão, a partir de diferentes pontos de vista, a fim de que os objetivos estabelecidos para o projeto possam ser alcançados. O Tutor é quem aponta caminhos para os alunos e não quem detém a solução; é a pessoa que sabe quem tem o conhecimento técnico para ajudar a equipe de alunos no projeto e não quem tem todo o conhecimento técnico para auxiliar os alunos para resolver o problema. O tutor, acima de tudo, é um motivador e parceiro dos alunos na descoberta do conhecimento. Seu papel é de apoio às equipes em questões práticas que surgem do dia a dia de um projeto, em função de sua maior inserção na comunidade acadêmica há mais tempo.

O tutor acompanha o desenvolvimento das competências técnicas e transversais dos alunos sob sua tutoria, possuindo um papel bem diferente do papel tradicional de um monitor, professor ou orientador. Ele tem por objetivo dar apoio permanente nas dificuldades operacionais típicas da execução do projeto. Em suma, o tutor é quem orienta os alunos a atingirem os objetivos principais do projeto: aprender a fazer um exame analítico e minucioso do problema, identificar os objetivos de aprendizagem, buscar as informações relevantes e aprender a trabalhar em equipe.

IV.2 Equipe coordenadora

É composta pelo professor da disciplina, pelos demais docentes ministrantes de disciplinas diretamente relacionadas ao projeto, pelos tutores e por demais professores e colaboradores que dão apoio pedagógico ao projeto. Os docentes das disciplinas de suporte ao projeto têm como principal função a docência de conteúdos de apoio técnico ao projeto que facilitarão o desenvolvimento das competências de cada uma das disciplinas.

Os demais colaboradores darão apoio pedagógico ao processo, contribuindo para o desenvolvimento de competências específicas nos alunos, bem como apoiando as demais atividades que ocorrerão.

V. COMPETÊNCIAS

As competências que os alunos devem adquirir através da realização do projeto integrador são, em grande parte, as competências específicas que também devem desenvolver nas disciplinas inter-relacionadas com o projeto, conforme quadro abaixo.

Quadro 22 - Disciplinas que se interrelacionam na aplicação do Projeto Integrador.

Cálculo I		Física I
	Projeto Integrador de Física I	
Mecânica dos Sólidos		Leitura e produção de textos acadêmicos

Fonte: Autor.

V.1 Competências técnicas gerais

- Identificar na situação-problema posta, as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.
- Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo.
- Representar dados e utilizar escalas; fazer estimativas; elaborar hipóteses; interpretar resultados.
- Relacionar os conceitos teóricos das disciplinas inter-relacionadas com o projeto com a prática relacionada ao desenvolvimento do projeto.
- Realizar levantamento e análise de dados estatísticos.
- Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos.
- Atuar em equipes multidisciplinares;
- Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
- Assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.

V.2 Competências técnicas específicas

V.2.1 FÍSICA I

- Lembrar do conceito científico envolvido na 1^a Lei de Newton aplicada ao modelo físico proposto.
- Entender e refletir sobre os conceitos físicos envolvidos, tais como, vetores, deformação, tração, compressão, força, peso, resistência, etc.
- Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia.
- Diagnosticar, avaliar e encaminhar soluções de problemas físicos, fazendo uso dos instrumentos laboratoriais ou matemáticos apropriados.
- Identificar, representar e equacionar diferentes tipos de forças em situações de interesse para as Engenharias.
- Desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas em modelagem de sistemas físicos.

V.2.2 CÁLCULO I

- Fornecer fundamentos teóricos de limite, derivadas e integrais, destacando aspectos geométricos e interpretações físicas, elementos fundamentais para estudos de Engenharia.
- Utilizar funções matemáticas para dimensionamento do modelo físico proposto para a ponte treliçada.

V.2.3 MECÂNICA DOS SÓLIDOS

- Aplicar métodos e técnicas de análise para estudar e avaliar o comportamento dos materiais.

V.2.4 LEITURA E PRODUÇÃO DE TEXTOS ACADÊMICOS

- Desenvolver a capacidade de expressão oral e escrita
- Propiciar ao aluno o conhecimento dos gêneros por meio dos quais ele deverá agir linguisticamente no espaço acadêmico.
- Ler e redigir resumos acadêmicos e relatórios de pesquisa experimental;
- Dominar técnicas de escrita adequadas aos gêneros acadêmicos.

V.3 Competências transversais

Além das competências técnicas específicas a serem adquiridas nas disciplinas relacionadas diretamente com o projeto, os alunos têm a possibilidade de desenvolver um conjunto de competências transversais, que constituem o grande diferencial na formação, particularmente, por

serem alunos ingressantes em um curso superior de engenharia. A participação neste projeto permite ao aluno o desenvolvimento de competências transversais que devem ser aprofundadas e exploradas, sendo fundamentais em sua futura vida profissional. Pretende-se, neste projeto, acelerar o desenvolvimento das seguintes competências transversais: Gestão de Projetos, Trabalho em Equipe, Desenvolvimento Pessoal e Comunicação, apresentadas no quadro 23.

Quadro 23 - Competências transversais potencializadas pelo Projeto Integrador

Gestão de Projetos	Trabalho em Equipe	Desenvolvimento Pessoal	Comunicação
Capacidade de pesquisa Capacidade de decisão Capacidade de organização Gestão do tempo	Autonomia Iniciativa Responsabilidade Liderança Resolução de problemas Relacionamento interpessoal Gestão de conflitos Gestão de erros	Criatividade e Originalidade Espírito crítico Autoavaliação Autorregulação	Comunicação escrita Comunicação oral

Fonte: Autor.

VI. CRONOGRAMA

Os marcos de execução do projeto são estabelecidos para o controle formal do andamento do projeto, similarmente ao que ocorre na vida de um Engenheiro, na qual metas e prazos fazem parte da rotina profissional. Estes marcos estabelecem o ritmo de andamento do projeto, mantendo alguma liberdade de ação para as equipes. O objetivo é controlar aspectos básicos da execução do projeto, para que o ritmo do trabalho a ser realizado possa fluir adequadamente. Ressalta-se que o aluno deve entregar o projeto completo, ou seja, com todos os elementos previstos. Os marcos deste projeto estão apresentados no quadro 24.

Quadro 24 - Conjunto de marcos de entregas do Projeto Integrador

Marcos	Atividade
Prática Integrativa - Introdução ao FTOOL	Oficina com certificado - modelo computacional
Prática Integrativa - Usando o MathCad para resolver problemas de treliças.	Oficina com certificado - memória de cálculo do modelo físico
PI - Introdução ao Python para resolver problemas físicos	Oficina onde iremos apresentar a linguagem aos alunos mostrando as potencialidades para o projeto.

PI - Oficina Gráfico de Gantt	Oficina onde iremos apresentar o Gráfico de Gantt, que é uma ferramenta visual para controlar o cronograma de um projeto.
Orientação 1 ^a	O aluno compartilha um link de um gráfico de Gantt de acordo com o modelo do google planilhas com o planejamento para vencer o desafio; Entrega de um esboço digital e impresso de como será a ponte; Lista os materiais e recursos.
Orientação 2 ^a	Checagem do andamento usando o Gantt como parâmetro; Entrega de dois modelos físicos construídos de forma semelhante;
Orientação 3 ^a	Checagem do andamento usando o gantt como parâmetro; entrega de Modelo Computacional.
Orientação 4 ^a	O aluno apresenta os dados previstos no modelo matemático-computacional e a resistência alcançada no ensaio destrutivo da primeira ponte.
Apresentação final	Os alunos entregam seu relatório, apresentam oralmente seu trabalho, respondem a arguição do professor e ensaiam publicamente seus modelos físicos

Fonte: Autor.

VII. AVALIAÇÃO

Na avaliação do Projeto Integrador da disciplina Física I serão usados os critérios apresentados no quadro 25:

Quadro 25 - Critérios de avaliação do Projeto Integrador

O QUE?	PESO	COMO	QUEM
Apresentação final	50%	Critérios clássicos de avaliação de uma apresentação oral mais a vinculação entre o relatório e o PPT	Avaliador interno AI
Relatório	40%	Diário de bordo	AI
		Memória de cálculo	AI
		Gráfico Gantt	AI
		Esboço MF	AI
		Imagen do MC	AI
		Síntese de aprendizado	AI
		Tabela de conceitos ou mapa mental	AI
		Questões desafiadoras	AI
Participação das orientações	10%	Participação qualificada nas reuniões de	Professor

		orientação garante que não perca os pontos.	
--	--	---	--

Fonte: Autor.

VIII. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Em caso de dúvida a equipe do projeto estará a disposição para redimir qualquer lacuna, utilizando os seguintes canais:

- WhatsApp pedagógico;
- e-mail oficial do projeto;
- presencialmente no plantão de dúvidas do LIDF.

BIBLIOGRAFIA

BLIKSTEIN, Paulo. “Bifocal Modeling”. Proceedings of the 14th ACM International Conference on Multimodal Interaction - ICMI 12, 2012.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. Física para Cientistas e Engenheiros - Vol. 1, 6^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

SEARS, F.; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.; ZEMANSKY, M. W. Física 2 – Termodinâmica e Ondas.12a ed. São Paulo: Pearson, 2008.

4 CONCLUSÕES GERAIS

Este capítulo é dedicado a expor as contribuições da pesquisa por meio da síntese e da discussão dos resultados dos artigos apresentados na tese.

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) apresentada no **artigo 1** revelou um cenário desafiador em relação à implementação de cursos de física básica para engenharias alinhados às novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs). Apesar da importância do tema, a quantidade de trabalhos que abordam especificamente essa temática é reduzida, o que evidencia uma lacuna significativa nessa linha de pesquisa, qual seja, o papel do ensino de física nas áreas de engenharia.

Além disso, a análise dos estudos encontrados revela que a maioria dos trabalhos publicados nessa área possui um enfoque específico, como, por exemplo, sobre a avaliação do impacto de uma determinada metodologia ou ferramenta. No entanto, esses estudos geralmente não aprofundam as particularidades do ensino de Física nem exploram propostas metodológicas inovadoras de forma mais abrangente.

Algumas hipóteses podem explicar a ausência de estudos que abordem simultaneamente as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para as engenharias e o ensino de Física. Na comunidade acadêmica da engenharia, pesquisas voltadas para o ensino e a educação não contam com o mesmo prestígio que aquelas focadas nas áreas tradicionais da engenharia. Isso se reflete na baixa valorização de trabalhos publicados em eventos ou em periódicos renomados da área de ensino, os quais, em geral, recebem conceitos pouco atrativos quando analisados pelo crivo do sistema Qualis da CAPES aplicado às áreas de engenharia²¹. Soma-se a isso a escassez de programas de pós-graduação voltados à formação de docentes para as engenharias e a não formalização por parte da CAPES da linha de pesquisa “Ensino de Engenharia”. Tais aspectos podem atuar como fatores limitantes em relação à produção de pesquisas mais abrangentes e aprofundadas que apresentem propostas completas de atualização curricular para o ensino de física nessas áreas (CAPES, 2025).

²¹ Para efeito de exemplo, pode-se citar o caso da Revista de Ensino de Engenharia, publicação em fluxo contínuo da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE). Rotineiramente é possível encontrar publicações de excelente nível no referido periódico, que, infelizmente, recebe qualificação B2 na área Engenharias I pelo sistema de avaliação QUALIS/CAPES.

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL), seguindo um rigoroso protocolo (ver Apêndice A), também possibilitou uma investigação aprofundada dos fóruns brasileiros, permitindo a identificação de uma lacuna: a ausência de publicações que apresentassem propostas completas de cursos de Física Básica para as engenharias, desenvolvidos e avaliados à luz dos requisitos das DCNs.

A lacuna identificada motivou a busca por uma metodologia de pesquisa adequada ao desenvolvimento de soluções reais para problemas na área de ensino/educação. Como metodologia de desenvolvimento do produto da pesquisa, foi escolhida a Design Science Research (DSR).

Conforme o protocolo dessa metodologia, o resultado da pesquisa deve ser um artefato que obrigatoriamente precisa ser testado e avaliado tanto em relação ao planejamento inicial quanto em condições reais, garantindo assim, o atendimento ao propósito para o qual foi desenvolvido.

Diante do problema delineado pela Revisão Sistemática da Literatura (RSL), o produto gerado pela pesquisa foi uma estrutura didática que também se configura como um produto educacional.

O **artigo 2** apresentou a concepção, desenvolvimento e avaliação do artefato desenvolvido, qual seja, o chamado curso LIDF de Física Básica para Engenharias, sendo este composto por vários tipos de recursos de ensino aprendizagem (ver quadro 08)²².

O artefato foi concebido com o objetivo de obedecer simultaneamente aos critérios de atualização didática definidos por (Tavares, 2019), às Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) e ao paradigma de formação por competências.

Para validar a adequação do artefato em relação à sua finalidade, a avaliação teve foco no seu recurso de ensino-aprendizagem de maior complexidade: o projeto integrador. A avaliação contemplou duas dimensões: a analítica e a experimental. A avaliação analítica verificou a consistência interna do artefato, ou seja, o alinhamento deste aos requisitos de atualização metodológica e ao desenvolvimento de competências previstas nas DCNs. Já a avaliação experimental examinou seu desempenho durante um ciclo de aplicação real no curso, por meio da análise da produção discente voltada para o relatório e para apresentação da pesquisa realizada para o projeto integrador (PI).

²² Tais recursos estão exemplificados na seção de apêndices deste trabalho.

O projeto integrador demonstrou elevada potencialidade para o desenvolvimento das competências previstas nas DCNs. A análise argumentativa apresentada no quadro 13 indica potencialidade de desenvolvimento em 19 das 24 componentes apresentadas no documento, especialmente aquelas relacionadas à formulação e concepção de soluções análogas às de engenharia; análise de fenômenos físicos; modelagem computacional e trabalho em equipe.

O desenvolvimento do artefato foi realizado com base em uma heurística de planejamento denominada tríade estruturante. A análise de consistência interna comprovou que o alinhamento entre as componentes da tríade é robusto. Todos os componentes e elementos da tríade foram levados em conta na construção das atividades, entregas e etapas do projeto integrador. Tal resultado garante a coerência interna e o alinhamento entre os objetivos formativos e as atividades propostas, o que também comprova o papel estruturante que se espera de um princípio de design em um artefato desenvolvido em acordo com a metodologia DSR.

A partir da análise documental com base nos relatórios de pesquisa elaborados pelos discentes foi possível observar diversos indícios de desenvolvimento de competências. Os alunos reconheceram os ganhos de aprendizado proporcionados pelas competições de pontes, como indo além dos conteúdos técnicos. Segundo os próprios estudantes, a experiência prática adquirida nesses projetos permite a aplicação de conceitos teóricos em um contexto real, favorecendo a compreensão de princípios estruturais da engenharia que fazem uso de conceitos como tração, compressão e resistência dos materiais. Além disso, o projeto incentiva a interação social e a comunicação entre os membros das equipes.

A análise de exequibilidade evidenciou que a maioria dos participantes conseguiu realizar as entregas de forma qualificada e independente, sem necessitar do suporte da equipe LIDF. Portanto, mesmo os alunos tendo considerado o desafio como complexo, não se mostrou um obstáculo intransponível, uma vez que todas as equipes cumpriram as etapas previstas para a atividade.

A pesquisa trouxe também como resultado a valorização da modelagem computacional aliada à construção física de modelos, o que impulsiona a reflexão crítica e o auto aprendizado, posto que alguns alunos relataram sobre a importância dessa abordagem para aprofundamento de seus conhecimentos em softwares de engenharia.

Deve ser destacado também o engajamento de alto nível cognitivo demonstrado pela grande maioria dos participantes. De uma forma geral, os relatórios apresentados pelas equipes atingiram nível técnico muito satisfatório, tanto pela fidedignidade às orientações do documento base, quanto pelo atendimento às normativas de elaboração de trabalhos acadêmicos. Levando em conta esse aspecto conjuntamente aos relatos discentes já mencionados, pode-se concluir que a atividade proposta fortalece não apenas as competências técnicas, mas também desenvolve habilidades e competências essenciais para a prática profissional na engenharia.

A estrutura didática, ao integrar metodologias inovadoras e diversificadas, superou a abordagem convencional dos cursos de física básica para engenharias, ao mesmo tempo em que se alinhou às exigências da normativa federal para o ensino de graduação em engenharia, sobretudo ao que se refere à preocupação e à efetividade a respeito do desenvolvimento de competências. Assim, conclui-se que o artefato desenvolvido nesta pesquisa é um recurso valioso para atualizar com qualidade a formação acadêmica dos graduandos das áreas das engenharias.

Dando continuidade com outros resultados da tese provenientes das demais publicações, percebeu-se pelo decorrer dos ciclos de design da pesquisa, que o ato de tomar medidas físicas é muito relevante para a forma com que os alunos apreendem os conceitos estudados. Com vistas a ampliar essa vivência para tomada de medidas físicas interligando física básica e instrumentação para atividades didáticas de interesse para as engenharias, desenvolveu-se um dispositivo multisensor que permite a aquisição de dados de diversas grandezas físicas.

O artigo 3, apresenta a concepção e o desenvolvimento deste Dispositivo de Aquisição de Dados (DAQ) multisensor para tomada de medidas físicas essenciais à engenharia. O dispositivo possui ênfase em medidas físicas muito próprias à engenharia civil, especialmente para a área de estruturas. O dispositivo se destaca por seu baixo custo em comparação com equipamentos de laboratório comercializados no mercado, tornando-se uma alternativa viável para uso didático. Além disso, sua construção permite que tanto o pesquisador quanto os estudantes adquiram uma experiência prática mais significativa do que o simples uso de DAQs industrializados, que muitas vezes tem estrutura interna e encapsulada tornando o processo de medida uma “caixa preta”.

Uma das inovações do dispositivo é a conectividade sem fio, possibilitando o acesso remoto aos dados por meio de dispositivos móveis e conectados à internet. Seu design adaptável permite aplicações tanto em laboratórios de ciências básicas quanto no ciclo profissionalizante de

engenharia civil. Estudos indicam que dispositivos semelhantes já são usados para monitoramento estrutural em tempo real, evidenciando sua relevância e aplicabilidade prática. Além disso, o uso do DAQ-LIDF²³ atende aos princípios de design que guiaram a construção do artefato e expectativas manifestadas pelos alunos ao aproximar teoria e prática no ensino experimental ainda no ciclo básico.

Dentre as atividades de ensino-aprendizagem do curso LIDF de Física Básica, uma das mais apreciadas pelos estudantes, segundo a pesquisa apresentada no **artigo 4**, foi a inclusão de atividades experimentais investigativas. Essas atividades têm como premissa fundamental a realização de medidas físicas como parte integrante do curso. O estudo específico sobre as Atividades Mão na Massa revelou que essa metodologia, com roteiros, instruções e modelos de relatório (disponíveis no Apêndice A2), proporcionou aos estudantes a oportunidade de resolver problemas práticos em sala de aula. Os resultados indicam que essa abordagem foi muito bem recebida pelos alunos, contribuindo para aumentar o engajamento e o desenvolvimento de diversas competências.

²³ Nome dado ao dispositivo sem registro de propriedade intelectual.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste ponto do trabalho é checado, item a item o cumprimento dos objetivos propostos para a tese:

- Através do Artigo 2, apresentado no capítulo 2 e submetido à publicação em periódico classificado como QUALIS A1, e dos apêndices que exemplificam os recursos do artefato, fica comprovado que o artefato foi desenvolvido e avaliado de acordo com a metodologia proposta. Além disso, foi apresentada a avaliação do Projeto Integrador e a heurística de desenvolvimento do artefato, ilustrada na Figura 8, que apresenta a Tríade Estruturante.
- Através do Artigo 1, apresentado no capítulo 2 e publicado no periódico classificado como QUALIS A2, e, com base no anexo A que traz o relatório do protocolo da pesquisa, fica evidenciado que a RSL foi realizada com o rigor exigido em uma pesquisa de doutoramento.
- O capítulo 3 do trabalho traz resultados de pesquisas que buscaram ampliar os recursos para subsidiar a aplicação do artefato, por via do desenvolvimento de um DAQ apresentado no Artigo 3 publicado no periódico classificado como QUALIS A4. No mesmo capítulo foi apresentado também o Artigo 4 publicado no periódico classificado como QUALIS B2 que trata do desenvolvimento de Atividades Mão na Massa. Ainda nesse capítulo é apresentado um guia para o Projeto Integrador integrante do artefato Curso LIDF de Física Básica apresentado nesta tese.

Assim sendo, diante dessas evidências, conclui-se que os objetivos propostos para o trabalho de doutoramento foram cumpridos.

Outra consideração a ser feita é em relação aos ganhos que o trabalho proporcionou. Tais ganhos são apresentados em três dimensões a seguir:

- **Para a instituição:** Contribuiu para a criação de uma linha de pesquisa voltada à resolução de problemas reais da própria instituição e para o desenvolvimento de ações destinadas a aprimorar a qualidade do egresso, com potencial para melhorar os indicadores institucionais.
- **Para o pesquisador:** Promoveu o aprimoramento da expertise no uso da metodologia Design Science Research (DSR) para o desenvolvimento de artefatos educacionais. Considerando que o doutoramento é uma etapa obrigatória para a carreira docente no ensino superior e que o pesquisador tem dupla formação, Física e Engenharia Civil, a expertise

desenvolvida na pesquisa confere uma perspectiva única e valiosa para a atuação docente na área.

- **Para o campo da pesquisa em ensino de engenharia:** Esta tese de doutorado representa um diferencial ao se constituir como a primeira a focar especificamente na melhoria da formação de engenheiros no âmbito do PPGEC, colocando o programa na vanguarda e abrindo perspectivas para futuras pesquisas.

Durante o percurso de pesquisa houve limitações que são expostas a seguir:

- **Restrições financeiras:** O acesso a equipamentos profissionais de aquisição de dados foi inviabilizado pela falta de recursos financeiros, o que limitou a implementação completa da instrumentação didática proposta.
- **Impactos da pandemia de COVID 19:** A transição emergencial para o ensino remoto em 2020 e 2021 interrompeu o desenvolvimento de outras atividades de pesquisa e impossibilitou a realização de avaliações mais aprofundadas sobre o impacto do artefato desenvolvido.

Por fim, é pertinente comentar que a expertise desenvolvida na pesquisa e os resultados obtidos, abrem portas para diversas possibilidades de aprofundamento e expansão da linha de pesquisa. Com base nas lacunas identificadas e no potencial demonstrado pelo artefato, propondo as seguintes direções para futuras pesquisas:

- a) Desenvolvimento e aplicação de metodologias para investigar o impacto do artefato em disciplinas do ciclo profissional da formação do engenheiro. É fundamental investigar se os efeitos positivos observados na disciplina de Física se estendem para outros momentos da formação.
- b) Refinamento da heurística de desenvolvimento de projetos integradores na forma de: Adaptação para outras disciplinas; Incorporação de novos Objetivos Formativos; Co-criação com professores de escolas de engenharia que possuem tradição em projetos de competição.
- c) Ampliação dos estudos na área de instrumentação didática de modelos, fazendo uso do DAQ desenvolvido nesta pesquisa.
- d) Estudo dos impactos na formação dos alunos por conta das estratégias de ensino-aprendizagem que fazem uso da metacognição.

6. REFERÊNCIAS

CDIO. **Iniciativa CDIO Mundial**. [s. l.], 2025. Disponível em: <https://cdio.org/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

CNI, C. N. da I. **DOCUMENTO DE APOIO À IMPLANTAÇÃO DAS DCNs DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**. [s. l.]: CNI, 2020. Disponível em: <https://www.abenge.org.br/file/DocumentoApoioImplantacaoDCNs.pdf>.

COSTA, J. B. D. C. *et al.* Ações de atualização do ensino de física básica para engenharias no Brasil: uma revisão sistemática. **Caderno Pedagógico**, [s. l.], v. 21, n. 7, p. e5822, 2024.

COSTA, J. B. C.; RODRIGUES, A. G.; NEVES, R. M. UMA PROPOSTA DE UMA ESTRUTURA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA PARA AS ENGENHARIAS: análise do componente Projeto Integrador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], 2025.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES, J. A. V. Proposal for the Conduct of Design Science Research. In: DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. V. **Design Science Research**. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 117–127. Disponível em: https://link.springer.com/10.1007/978-3-319-07374-3_6. Acesso em: 22 abr. 2023.

GARCIA, L. M. L. da S.; GOMES, R. S. Causas da evasão em cursos de ciências exatas: uma revisão da produção acadêmica. **Revista Educar Mais**, [s. l.], v. 6, p. 937–957, 2022.

INEP. **Censo da Educação Superior**. [s. l.], 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educao-superior/censo-da-educacao-superior>. Acesso em: 11 mar. 2025.

OLIVEIRA, V. **RELATÓRIO SÍNTESE**. [s. l.]: CNE, 2020.

PAGE, M. J. *et al.* **PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews**. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.bmjjournals.org/lookup/doi/10.1136/bmj.n160>. Acesso em: 12 jul. 2023.

PEREIRA, M. A. C. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS: case do Curso de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de Lorena - USP. **Fórum de Metodologias Ativas**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 013–018, 2018.

PERRENOUD. **Perrenoud - Construindo competências**. [s. l.], 2010. Disponível em: https://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_2000/2000_31.html. Acesso em: 31 mar. 2023.

SOUSA, Í. da C. R. de; JUNIOR, L. D. F.; REIS, J. de A. EVASÃO ESCOLAR EM CURSOS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR PÚBLICAS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ESTRUTURADA. **Revista de Educação da Universidade Federal do Vale do São Francisco**, [s. l.], v. 14, n. 34, 2024. Disponível em: <https://periodicos.univasf.edu.br/index.php/revasf/article/view/2736>. Acesso em: 19 jan. 2025.

SOUZA, M. R. de C. e. Contribuições do ensino da Física na formação do engenheiro civil. [s. l.], 2016. Disponível em: <http://ri.ufmt.br/handle/1/5134>. Acesso em: 6 jun. 2024.

TAVARES, F. G. de O. O conceito de inovação em educação: uma revisão necessária. **Educação**, [s. l.], p. e4/ 1-19, 2019.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como Aprender e Ensinar Competências**. [S. l.]: Penso Editora, 2015.

ANEXO A - PROTOCOLO DE REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

O PRISMA 2020 Main Checklist, apresentado no quadro An.1 é um conjunto de diretrizes para a elaboração e relato de revisões sistemáticas e meta-análises. Este faz parte da iniciativa PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) que busca garantir transparência, rigor e reproduzibilidade na condução desse formato de pesquisas.

Quadro An.1: PRISMA 2020 Main Checklist

Topic	No.	Item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	1
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	3
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	5
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	6
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	6
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	8
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	7
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	9

Topic	No.	Item	Location where item is reported
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	9
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	9
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	10
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	10
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item 5)).	10
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	10
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	10
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	10
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	10
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	10
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	10
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	10
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	10
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	10
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	19
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	10
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	15
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	13

Topic	No.	Item	Location where item is reported
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	13
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	19
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	19
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	15
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	15
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	17
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	18
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	18
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	18
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	18
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	18
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	18
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	19
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	19
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	19

ANEXO B - ARTIGO 4º DAS DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS

Competências Gerais previstas para os alunos egressos em um curso de engenharia presentes no Art. 4º da DCN (CNE, 2019)

Art. 4º. O curso de graduação em Engenharia deve proporcionar aos seus egressos, ao longo da formação, as seguintes competências gerais:

- I. formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto:
 - A. ser capaz de utilizar técnicas adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos;
 - B. formular, de maneira ampla e sistemática, questões de engenharia, considerando o usuário e seu contexto, concebendo soluções criativas, bem como o uso de técnicas adequadas;
- II. analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação:
 - A. ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras.
 - B. prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;
 - C. conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo.
 - D. verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas;
- III. conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos:
 - A. ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;
 - B. projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;

C. aplicar conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de Engenharia;

IV. implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia:

A. A. ser capaz de aplicar os conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar a implantação das soluções de Engenharia.

B. estar apto a gerir, tanto a força de trabalho quanto os recursos físicos, no que diz respeito aos materiais e à informação;

C. desenvolver sensibilidade global nas organizações;

D. projetar e desenvolver novas estruturas empreendedoras e soluções inovadoras para os problemas;

E. realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental;

V. comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica:

A. ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis;

VI. trabalhar e liderar equipes multidisciplinares:

A. ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;

B. atuar, de forma colaborativa, ética e profissional em equipes multidisciplinares, tanto localmente quanto em rede;

C. gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;

D. reconhecer e conviver com as diferenças socioculturais nos mais diversos níveis em todos os contextos em que atua (globais/locais);

E. preparar-se para liderar empreendimentos em todos os seus aspectos de produção, de finanças, de pessoal e de mercado;

VII. conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão:

A. ser capaz de compreender a legislação, a ética e a responsabilidade profissional e avaliar os impactos das atividades de Engenharia na sociedade e no meio ambiente.

B. atuar sempre respeitando a legislação, e com ética em todas as atividades, zelando para que isto ocorra também no contexto em que estiver atuando; e

VIII. aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação:

A. ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias.

B. aprender a aprender.

Parágrafo único. Além das competências gerais, devem ser agregadas as competências específicas de acordo com a habilitação ou com a ênfase do curso.

APÊNDICE A- RECURSOS DO ARTEFATO

A.1 RECURSOS REFERENTES AO PROJETO INTEGRADOR

Reconhecendo o grau de complexidade que envolve a implementação dessa atividade apresenta-se uma série de recursos que foram desenvolvidos e testados e que podem auxiliar outros professores a implementar o Projeto Integrador aos moldes do que propõe a tese.

A seção A.1.1 apresenta o Guia Sintético do PI que cumpre o papel de apresentar aos alunos de maneira direta o desafio de construção dos modelos físicos e computacionais de uma ponte de palitos de picolé.

A seção A.1.2 traz o Modelo de Relatório do PI. Esse recurso apresenta uma estrutura clara e objetiva que possibilita a documentação das atividades realizadas ao longo do projeto. Inclui as seções obrigatórias, com instruções para o desenvolvimento da atividade (em vermelho), organizando assim de maneira clara as informações, tanto em forma quanto em finalidade de cada seção do documento .

A seção A.1.3 mostra a ferramenta utilizada para orientar o aluno para a execução do Diário de Bordo.

A seção A.1.4 é uma ficha de orientação que busca apoiar os alunos na etapa de apresentações dos do PI. O recurso apresenta o que está em jogo na atividade e a matriz de avaliação a qual este estará sujeito.

A seção A.1.5 apresenta um recurso desenvolvido para auxiliar os avaliadores no momento da culminância do projeto, onde os alunos apresentam a pesquisa e ensaiam publicamente seu modelo de ponte. A ferramenta conta com os critérios, níveis e os descritores da avaliação.

A seção A.1.6 apresenta um tutorial introdutório voltado para estudantes que não têm familiaridade com a ferramenta MATHCAD. Ferramenta essa muito útil para auxiliar os alunos na construção do modelo. O recurso inicia com orientações para o download e, em seguida, apresenta as principais ferramentas e funcionalidades.

A.1.1 GUIA SINTÉTICO DO PROJETO INTEGRADOR



Universidade Federal do Pará - UFPA
 Instituto de Tecnologia - ITEC
 Laboratório de Inovação Didática em Física - LIDF

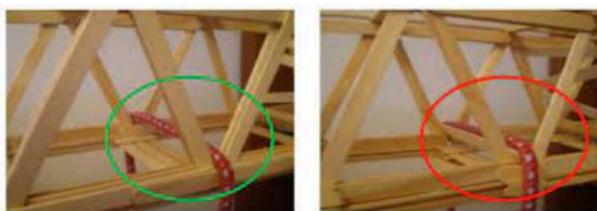
Guia Sintético do Projeto Integrador

Adaptado de (COSTA 2018)

Em nossa proposta, o aluno é desafiado a construir um protótipo de uma ponte, executado com palitos de picolé de madeira e ligados com cola, e o seu respectivo modelo matemático-computacional, o qual deve ser executado com auxílio do software FTOOL. O protótipo deverá resistir a uma determinada carga crescente, a qual será prevista pelo modelo matemático-computacional.

Disposições gerais para orientação ao aluno:

- Cada grupo deverá ser composto de, no máximo, 05 (cinco) alunos e deverá participar com dois protótipos de um único modelo de ponte;
- Nas semanas anteriores à realização dos testes de carga das pontes, foi constituída uma comissão de avaliação e professores. Esta comissão estará encarregada de verificar se as pontes se adequam às prescrições do regulamento da competição;
- O software está disponível para uso gratuito em: <https://www.alis-sol.com.br/Ftool/>
- Os protótipos das pontes propostas serão levados à ruína por meio de um ensaio destrutivo, aplicando uma força crescente em um nó central da estrutura (ver figura abaixo).



fonte (IFGO¹)

¹ <https://www.ifg.edu.br/attachments/article/5451/editalpontesdepalito2017.pdf>

- Os projetos serão expostos à revisão periódica e pública na sala de aula (durante o curso) explorando aspectos da disciplina Física da estrutura da ponte;
- A ponte deverá ser indivisível, de tal forma que partes móveis ou encaixáveis não serão admitidas;
- A construção deverá ser realizada utilizando apenas palitos de picolé e cola de madeira. As dimensões dos palitos de picolé deverão ser próximas ao "padrão" indicado pelo professor. Ou seja, não são aceitas pontes com "super palitos" de especificações distantes ao que se vê de forma mais usual no mercado (devendo ter aceitação prévia do professor).
- A ponte deverá ser capaz de vencer um vão livre de 0,8 m, estando, simplesmente, apoiada nas suas extremidades, de tal forma que não será admitida a fixação ou encaixe das mesmas. Cada extremidade da ponte deverá ter um apoio de 0,1 m, totalizando o comprimento total de 1,0 m;
- A ponte deverá ter a largura máxima dada pelo comprimento do próprio modelo de palito de picolé usado na construção do protótipo;
- O modelo computacional deve ser executado com auxílio do software ftool e as características físicas e geométricas dos materiais podem ser estimados empiricamente pelos alunos ou consultados na literatura existente, desde que referenciadas.
- O modelo matemático deve dar respostas aos valores fornecidos pelo software, então o aluno deve fornecer a memória de cálculo de seu modelo físico utilizando preferencialmente o software MathCAD. Para isso, recomendamos a utilização do método dos nós ou o método das secções.

A.1.2 MODELO DE RELATÓRIO DO PI



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
LABORATÓRIO DE INOVAÇÃO DIDÁTICA EM FÍSICA

NOME DO INTEGRANTE DA EQUIPE
NOME DO INTEGRANTE DA EQUIPE

RELATÓRIO DO PROJETO INTEGRADOR LIDF

BELÉM
2023

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
1.1 Visão Geral	3
1.2 Objetivos	3
2. IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE	4
3. DIAGRAMA DE GANTT	6
4. DIÁRIO DE BORDO	7
5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	8
5.1 LISTA DE MATERIAIS	8
5.2 METODOLOGIA	8
6. SÍNTESE DE APRENDIZADO	9
7. CONCLUSÃO	10
REFERÊNCIAS	11
APÊNDICE A - ESBOÇO DO MODELO FÍSICO	12
APÊNDICE B - IMAGEM DO MODELO COMPUTACIONAL	13
APÊNDICE C - TABELA DE CONCEITOS E/OU MAPA CONCEITUAL	14
APÊNDICE D - QUESTÕES DESAFIADORAS	15



1. INTRODUÇÃO

1.1 Visão Geral

Nesta seção, a equipe deve escrever um texto introdutório apresentando a temática das competições de construção de pontes e sua importância para o ensino nas engenharias, falando a respeito das justificativas desta atividade ser importante para o aprendizado dos estudantes universitários.

1.2 Objetivos

Nesta seção, a equipe deve destacar os objetivos da equipe de acordo com o que foi solicitado no pelo Guia do Projeto Integrador LIDF. Na CONCLUSÃO, a equipe dissertará a respeito de esses objetivos terem sido alcançados ou não e as justificativas do que ocorreu no decorrer da atividade.

2. IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE

Nesta seção, a equipe deverá fazer a identificação dos membros que compõem o grupo na apresentação final e, opcionalmente, pode-se colocar algum título da função deste membro (pode ser colocada mais de uma função desempenhada por um determinado membro da equipe, caso necessário). Não devem ser colocados os nomes dos membros que abandonaram a equipe. Além do nome dos membros, deve ser identificado o “nome fantasia” da equipe. Recomenda-se a apresentação na forma de um quadro conforme exemplificado abaixo.



Quadro 1 - Membros da equipe “Lendas da Física”

Equipe Lendas da Física	
Galileu Galilei	Mestre da Construção das Pontes
Isaac Newton	Redator do Diário de Bordo
Max Planck	Gestor dos Recursos e Construtor das Pontes
Albert Einstein	Modelador do Ftool
Richard Feynman	Líder e Construtor das Pontes

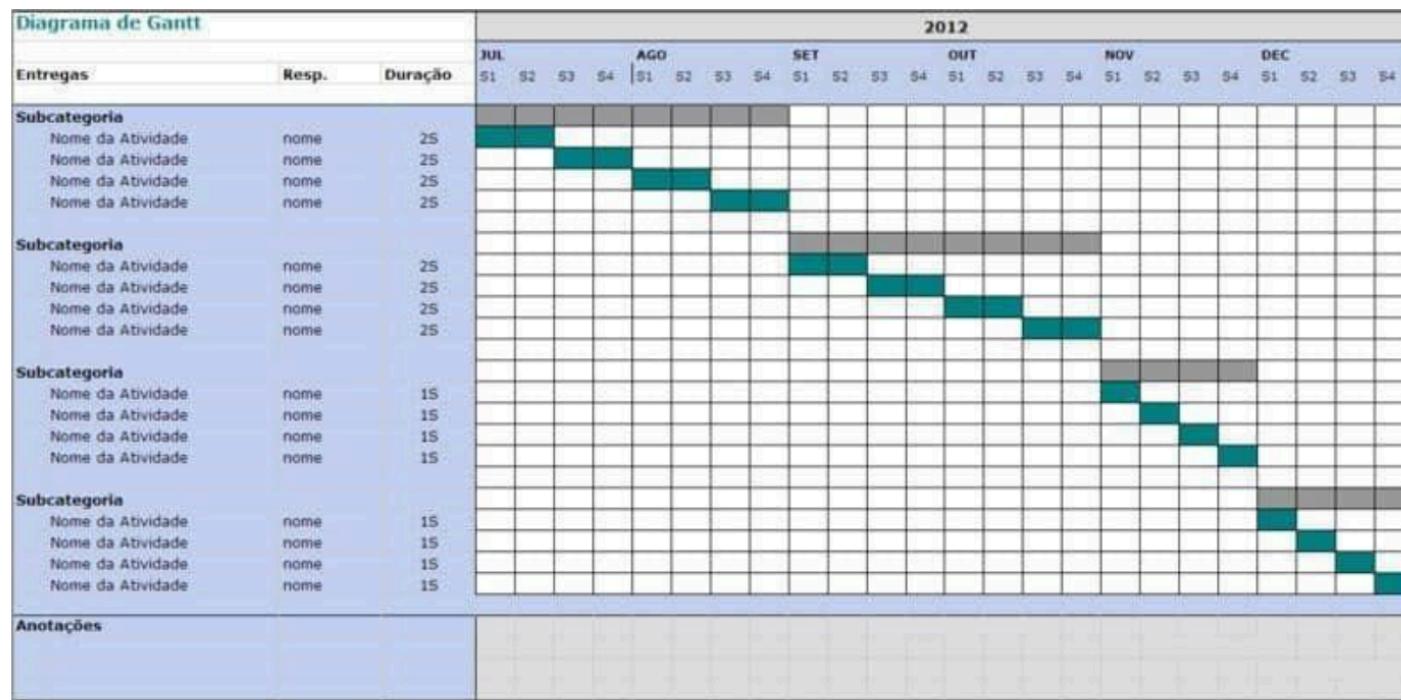
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

3. DIAGRAMA DE GANTT

Nesta seção, a equipe deve colocar o diagrama de Gantt final da equipe. Já com as devidas alterações no planejamento devido a imprevistos e com o registro das prováveis redistribuições de tarefas devido a entrada de novos membros e/ou saída de membros anteriores. Recomenda-se colocar o diagrama orientado no modo paisagem, de forma que se priorize o texto ficar legível na página, conforme exemplo abaixo.



7





4. DIÁRIO DE BORDO

Nesta seção, a equipe deve colocar o seu diário de bordo, indicando datas importantes para o desenvolvimento do Projeto Integrador, como as de reuniões entre os membros (seja na modalidade presencial ou online), as de orientações com a equipe LIDF, as de compra de materiais, as de construção das pontes, as de ensaios das pontes, etc. Recomenda-se que este diário de bordo seja feito na forma de um quadro simples conforme exemplificado a seguir. No entanto, a equipe pode escolher outra forma de apresentá-lo, o importante é ficarem explícitas as datas e uma breve descrição da atividade exercida pela equipe no respectivo dia.

Quadro 2 - Diário de Bordo (Parte 1).

Datas	Atividades
25/04/23	Primeira reunião presencial da equipe. O membro Richard Feynman foi escolhido como líder.
01/05/23	Os membros Galileu Galilei e Max Planck foram ao comércio pesquisar os preços de palitos de picolé e cola de madeira mais em conta.
10/05/23	O membro Albert Einstein começou a estudar pelo site youtube um curso de operação de Ftool.
11/05/23	O membro Isaac Newton baixou em seu computador o programa GanttProject e começou a elaborar o diagrama de Gantt da equipe.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

5.1 LISTA DE MATERIAIS

Nesta seção, a equipe deve listar os materiais utilizados para a construção das pontes. Esta lista pode ser diferente daquela entregue na etapa anterior do Projeto Integrador.

5.2 METODOLOGIA

Nesta seção, a equipe deve descrever com o máximo de detalhes possíveis o procedimento de construção das pontes, podendo incluir figuras, quadros, tabelas, o que for mais conveniente para a apresentação do procedimento utilizado. Abaixo, um exemplo de figura de acordo com os padrões ABNT.

Figura 1 - Professor Alexandre observando balança mecânica, óleo sobre tela.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).



6. SÍNTESE DE APRENDIZADO

A equipe tem um espaço entre 2 e 5 laudas para organizar os conhecimentos e saberes de toda ordem adquiridos ao longo do processo. Para isso, recomenda-se que se leve em conta todos os documentos e orientações e formações fornecidas aos membros, bem como, tudo aquilo que a própria equipe precisou correr atrás para aprender a fim de solucionar o desafio. Também é adequado levar em conta nesta seção as dificuldades e/ou questões que promoveram aprendizado significativo, mesmo que para um único membro da equipe. Ao se destacar na escrita a contribuição de cada membro da equipe, este item estará finalizado.

7. CONCLUSÃO

Nesta seção, a equipe deve construir um texto conclusivo quanto a tudo o que foi feito, explicitando se os objetivos iniciais foram alcançados e, opcionalmente, deixando sugestões para trabalhos futuros sobre como estes podem ser melhores de acordo com o que foi aprendido neste trabalho. Eventualmente, os pontos mais importantes do item anterior (SÍNTESE DO APRENDIZADO) podem fazer parte deste item de forma sintética, se os membros da equipe considerarem que foi algo realmente relevante e/ou instigante para as suas formações.

REFERÊNCIAS

Nesta seção, a equipe deve colocar todas as referências de estudo que foram necessárias e citadas para a elaboração deste relatório. Principalmente aquelas relacionadas ao referencial teórico por trás do cálculo estrutural das pontes. A formatação deve seguir as normas ABNT, com espaçamento simples, sem indentação e organizada em ordem alfabética. Abaixo, alguns exemplos.

BEER, F. tradução técnica José Benaque Rubert, Walter Libardi. Mecânica dos materiais. – 5. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : AMGH, 2011.



BLIKSTEIN, Paulo. "Bifocal Modeling". Proceedings of the 14th ACM International Conference on Multimodal Interaction - ICMI 12, 2012.

HIBELLER, R. C. Tradução: Joaquim Pinheiro Nunes. Revisão Técnica: Wilson Carlos da Silva. Ed. Pearson Prentice Hall, 2004.

SEARS, F.; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.; ZEMANSKY, M. W. Física 2 – Termodinâmica e Ondas. 12a ed. São Paulo: Pearson, 2008.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. Física para Cientistas e Engenheiros - Vol. 1, 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

APÊNDICE A - ESBOÇO DO MODELO FÍSICO

Nesta seção, a equipe deve simplesmente colocar uma ou mais imagens do esboço do modelo físico das pontes. Não é necessário colocar título nem legenda nas imagens.

APÊNDICE B - IMAGEM DO MODELO COMPUTACIONAL

Nesta seção, a equipe deve simplesmente colocar uma ou mais imagens do modelo computacional das pontes. Não é necessário colocar título nem legenda nas imagens.

APÊNDICE C - TABELA DE CONCEITOS E/OU MAPA CONCEITUAL

Após fazer um mapeamento com todos os conceitos envolvidos na pesquisa, a equipe deve fazer relações desses conceitos em todos os campos de saberes envolvidos na pesquisa. Para os conceitos relacionados à física, apresentem colunas de conceitos segundo grau de importância para o contexto da pesquisa (conceitos principais; conceitos secundários). De posse desses conceitos, opcionalmente, a equipe pode montar um mapa conceitual para estruturar os conceitos trabalhados durante a pesquisa (o mapa conceitual entraria no lugar da tabela, não deve-se fazer os dois).

APÊNDICE D - QUESTÕES DESAFIADORAS

Nesta seção, a equipe deve colocar em sequência as indagações que realmente trouxeram desafios de toda ordem, e, com isso, podem ser consideradas questões que ajudaram a promover aprendizagem significativa e relevante para os membros da equipe.

Obs: Esta seção do questionário não guarda relação com a modalidade de avaliação de portfólio. As questões aqui são relativas somente ao Projeto Integrador e não precisam ser justificadas ou respondidas (embora algum impacto dessas questões devam se fazer presente na seção Síntese de Aprendizado).

A.1.3 ORIENTAÇÕES PARA A CONSTRUÇÃO DO DIÁRIO DE BORDO



Universidade Federal do Pará - UFPA
 Instituto de Tecnologia - ITEC
 Laboratório de Inovação Didática em Física - LIDF

Orientações para o Diário de Bordo

Adaptada de (FEBRACE, 2023)¹

O Diário de Bordo é um registro em arquivo de texto utilizando preferencialmente o software MathCad®, que é um software de cálculo técnico que permite que os usuários resolvam, analisem e documentem relatórios de engenharia.

O que deve conter no Diário de Bordo?

O documento deve contar com o registro das etapas que realizou no desenvolvimento do seu Projeto Integrador. Este registro deve ser detalhado e preciso, indicando datas e locais e fotos de todos os fatos, passos, descobertas e indagações, investigações, testes, resultados e respectivas análises. Como o próprio nome diz, este é um Diário que será preenchido ao longo de todo o trabalho, trazendo as anotações, rascunhos, e qualquer ideia que possa ter surgido no decorrer do desenvolvimento do projeto. Sendo obrigatório os seguintes itens:

- Fotos
- Descrição das etapas;
 - O que foi realizado em cada etapa.
- Registro sintético das reuniões (sugestão no máximo 15 linhas)
 - Dificuldades, questões desafiadoras (o que chamou atenção), qual o foco específico da reunião e quais os encaminhamentos.
- Relatório do modelo e computacionais produzido no FTOOL (uma imagem extraída do software);
- Memória de cálculo da estrutura (resolução do método dos nós);

O Diário de Bordo deve ser enviado para o professor junto com o protótipo a ser ensaiado.

¹ FEBRACE. (2023). Diário de bordo. FEBRACE. Retrieved March 30, 2023, from <https://2018.febrace.org.br/projetos/diario-de-bordo/>

Sumário do Diário de Bordo

IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE (NOME FANTASIA)

INTEGRANTES

DADOS DA DISCIPLINA

SUMÁRIO

1 - Gráfico Gantt

2 - Diário de Bordo

3 - Síntese de Aprendizado

A equipe tem um espaço entre 2 e 5 laudas para organizar os conhecimentos e saberes de toda ordem adquiridos pela equipe ao longo do processo. Para isso recomenda-se que se leve em conta todos os documentos e orientações e formações fornecidas à equipe, bem como, tudo aquilo que a própria equipe precisou correr atrás para aprender a fim de solucionar o desafio. Também é adequado levar em conta neste item as dificuldades e/ou questões que promoveram aprendizado significativo, mesmo que para um único membro da equipe. Ao se destacar na escrita a contribuição de cada membro da equipe, este item estará finalizado.

4 - REFERÊNCIAS

Apêndices

A - Esboço do Modelo Físico

B - Imagem do Modelo Computacional

C - Tabela de Conceitos e/ou Mapa Conceitual

Após fazer um mapeamento com todos os conceitos envolvidos na pesquisa, faça relações desses conceitos em todos os campos de saberes envolvidos na pesquisa. Para os conceitos relacionados à física, apresentem colunas de conceitos segundo grau de importância para o contexto da pesquisa (conceitos principais; conceitos secundários). De posse desses conceitos, opcionalmente, a equipe pode montar um mapa mental para

estruturar os conceitos trabalhados durante a pesquisa (o mapa mental entraria no lugar da tabela).

D - Questões desafiadoras.

Coloque em sequência as indagações que realmente trouxeram desafios de toda ordem para a equipe, e, com isso, podem ser consideradas questões que ajudaram a promover aprendizagem significativa e relevante para os membros da equipe.

Obs: Esse item do questionário, não guarda relação com a modalidade de avaliação de portfólio. As questões deste item são relativas somente ao Projeto Integrador e não precisam ser justificadas ou respondidas (embora algum impacto dessas questões devam se fazer presente no item Síntese de Aprendizado).

A.1.4 - FICHA DE ORIENTAÇÃO PARA APRESENTAÇÃO DO PI



Universidade Federal do Pará - UFPA

Instituto de Tecnologia - ITEC

Laboratório de Inovação Didática em Física - LIDF

O que está em jogo na atividade

Competências estimuladas:

- Desenvolver a capacidade de expressão oral e escrita
- Propiciar ao aluno o conhecimento dos gêneros por meio dos quais ele deverá agir linguísticamente no espaço acadêmico.
- Ler e redigir resumos acadêmicos e relatórios de pesquisa experimental;
- Atuar em equipes multidisciplinares;
- Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais

Como deve ser a apresentação?

A apresentação oral do trabalho deverá ser feita pelos autores do trabalho, por meio de slides entregues ao professor conforme cronograma seguindo a mesma estrutura do relatório.

O tempo de apresentação oral será de até 10 (dez) minutos. Após este tempo, os apresentadores deverão interagir com a comissão avaliadora por até 5 (quatro) minutos, respondendo perguntas de acordo com o conhecimento sobre o projeto desenvolvido.

O momento de interação é muito importante para o trabalho de avaliação da comissão. A comissão avaliadora levantará questões e comentários sobre o trabalho. O apresentador deverá interagir de forma respeitosa, sempre mantendo a cordialidade.

Na elaboração final da apresentação projeto, fique atento aos seguintes pontos da matriz de avaliação.

Matriz de avaliação:

1. Introdução do trabalho ou apresentação da pesquisa (importância do trabalho para si e para os outros)
2. Postura profissional no momento de apresentação (não aparentar desleixo com o seu trabalho e dos avaliadores)
3. Clareza na dicção e uso de linguagem técnica
4. Domínio técnico sobre o assunto tratado (embasamento teórico)
5. Presença sequencial dos principais itens da pesquisa (Objetivos; Identificação da Equipe; Diagrama de Gantt; Diário de bordo; Procedimento Experimental; Ensaio Parcial; Comparações; Síntese de Aprendizado; Conclusões; Apêndices) estiveram contemplados na apresentação.
6. Qualidade dos slides (pouco texto; figuras, tabela e gráficos legíveis; fontes; fundos de slides adequados, etc.)
7. Formulação de perguntas e observações criativas e de interesse da disciplina (ver item Síntese de Aprendizado - Relatório) (PESO 2)
8. Apresentação das Conclusões (tanto as conclusões técnicas quanto às conclusões gerais) (ver sugestões no Item Conclusões - Relatório)
9. Atendimento ao tempo determinado para apresentação
10. ARGUIÇÃO - Habilidade/qualidade das respostas às perguntas pós-apresentação
Média

A.1.5 RUBRICA AVALIATIVA DA APRESENTAÇÃO



Universidade Federal do Pará - UFPA

Instituto de Tecnologia - ITEC

Laboratório de Inovação Didática em Física - LIDF

Identificação

Nome do avaliador:

Nome da Equipe:

Critério de avaliação	Níveis de atendimento		
1. Introdução do trabalho ou apresentação da pesquisa (importância do trabalho para si e para os outros)	1	2	3
2. Postura profissional no momento de apresentação e apresenta clareza na dicção (não aparentar desleixo com o seu trabalho e dos avaliadores) (a postura envolve respeito, confiança e segurança)	1	2	3
3. Coesão na estrutura da apresentação (tem início meio e fim)	1	2	3
4. Domínio técnico sobre o assunto tratado (embasamento teórico)	1	2	3
5. Presença sequencial dos principais itens da pesquisa (Objetivos; Identificação da Equipe; Diagrama de Gantt; Diário de bordo; Procedimento Experimental; Ensaio Parcial; Comparações; Síntese de Aprendizado; Conclusões; Apêndices) estiveram contemplados na apresentação.	1	2	3
6. Qualidade dos slides (pouco texto; figuras, tabela e gráficos legíveis; fontes; fundos de slides adequados, etc.)	1	2	3
7. Formulação de perguntas e observações criativas e de interesse da disciplina (ver item Síntese de Aprendizado - Relatório) (PESO 2)	1	2	3
8. Apresentação das Conclusões (tanto as conclusões técnicas quanto às conclusões gerais) (ver sugestões no Item Conclusões - Relatório) (PESO 2)	1	2	3
9. O grupo atendeu ao tempo determinado para apresentação	1	2	3
10. ARGUIÇÃO - Habilidade/qualidade das respostas às perguntas pós-apresentação (PESO 2)	1	2	3
Comentários:			



Instruções aos avaliadores

A avaliação dos seminários serão com notas tabuladas a partir de uma escala tipo Likert, onde a nota 1 representa um desempenho insuficiente e 5 desempenho excelente.

O que está em jogo na atividade

Uma das principais características desse instrumento é tornar os critérios de avaliação objetivos e explícitos tanto para alunos como para avaliadores.

Competências estimuladas:

- Desenvolver a capacidade de expressão oral e escrita
- Propiciar ao aluno o conhecimento dos gêneros por meio dos quais ele deverá agir linguísticamente no espaço acadêmico.
- Ler e redigir resumos acadêmicos e relatórios de pesquisa experimental;
- Atuar em equipes multidisciplinares;
- Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais

Como deve ser a apresentação?

A apresentação oral do trabalho deverá ser feita pelos autores do trabalho, por meio de slides entregues ao professor conforme cronograma seguindo a mesma estrutura do relatório.

O tempo de apresentação oral será de até 10 (dez) minutos. Após este tempo, os apresentadores deverão interagir com a comissão avaliadora por até 5 (cinco) minutos, respondendo perguntas de acordo com o conhecimento sobre o projeto desenvolvido.

O momento de interação é muito importante para o trabalho de avaliação da comissão. A comissão avaliadora levantará questões e comentários sobre o trabalho. O apresentador deverá interagir de forma respeitosa, sempre mantendo a cordialidade.



Descritores

Critério de avaliação	1º (ausência ou parcial - insatisfatório)	2º (parcial - satisfatório)	3º (completo)
1º. Introdução do trabalho ou apresentação da pesquisa (importância do trabalho para si e para os outros)	Não observou-se uma menção estruturada que introduza o trabalho nem seu significado	Observa-se no slide ou oralmente uma introdução do trabalho	Observou-se no slide e oralmente de forma autêntica a introdução que apresenta o trabalho dando ênfase ao significado para sua formação.
2. Postura profissional no momento de apresentação (não aparentar desleixo com o seu trabalho e dos avaliadores)	Não observou-se empenho em alcançar excelência na apresentação e a equipe está incompleta.	Observou-se empenhado em fazer uma boa apresentação, porém, não houve uma vestimenta especial e/ou a equipe estava incompleta.	Observou-se que os alunos prepararam uma vestimenta especial para o momento e demonstraram empenho em apresentar o trabalho com a equipe completa.
3. Clareza na dicção e uso de linguagem técnica	Ausência de termos técnicos próprios da física de ensino superior.	A aparente falta de domínio evidenciado pela insegurança na apresentação oral de termos técnicos ou alunos apenas lendo o slide quando precisam abordar termos técnicos.	Observou-se plena clareza na dicção e uso de linguagem técnica tanto no slide como oralmente.



4. Domínio técnico sobre o assunto tratado (embasamento teórico)	Não apresenta do início conceitual evidenciados por exemplo: com os conceitos físicos aparecendo no slide, porém apenas lidos pelo apresentador.		Apresentou de forma correta os conceitos físicos no slide e oralmente. Acrescentou também conceitos próprios de resistência de materiais como por exemplo: módulo de elasticidade.
5. Presença sequencial dos principais itens da pesquisa (Objetivos; Identificação da Equipe; Diagrama de Gantt; Diário de bordo; Procedimento Experimental; Ensaio Parcial; Comparações; Síntese de Aprendizado; Conclusões; Apêndices) estiveram contemplados na apresentação.			
6. Qualidade dos slides (pouco texto; figuras, tabela e gráficos legíveis; fontes; fundos de slides adequados, etc.)			

A.1.6 TUTORIAL MATHCAD

Nesta seção, apresenta-se um tutorial introdutório voltado para estudantes que não têm familiaridade com a ferramenta MATHCAD. Começamos com as orientações para o download e, em seguida, apresentamos uma exploração das principais ferramentas e funcionalidades.

Neste contexto, a proposta desta primeira prática integrativa é apresentar o software MathCad. Esta ferramenta poderá auxiliar você, não só nas atividades deste componente curricular, mas durante todo o seu curso e posteriormente no seu ambiente profissional de trabalho, já que ela é uma ótima opção para fazer um “memorial” de cálculo e é utilizada em grandes empresas.

1. Apresentando o software MathCad

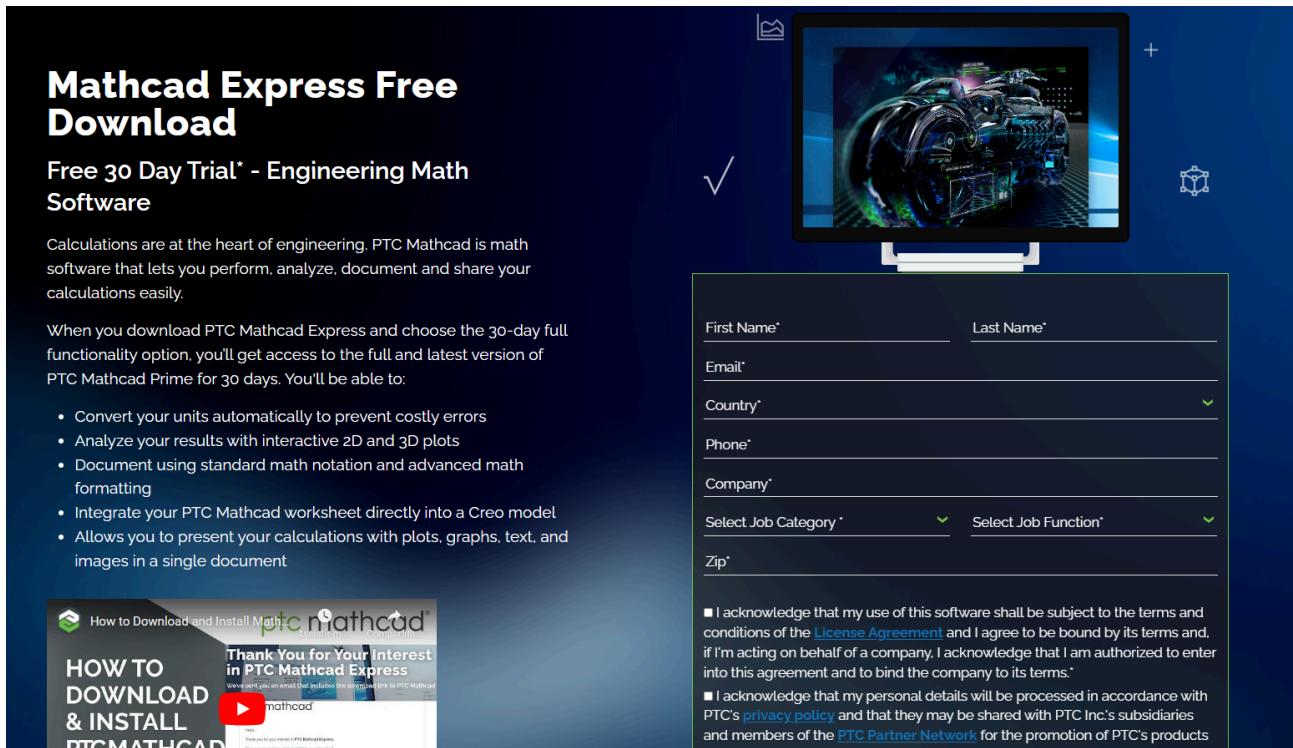
Agora já temos bagagem suficiente para iniciarmos o estudo do MathCad em si. Então este capítulo é voltado para os conceitos iniciais que devem ser abordados, pois eles serão usados até o final do curso.

Aprenderemos a baixar o software, declarar variáveis e atribuir valores as mesmas, além de realizar operações matemáticas e exibir os resultados.

1.1. Instalando o programa

Inicialmente é importante saber que o programa possui uma versão grátis para estudantes(MathCad Express) é uma versão paga (MathCad Prime). Ao fazer o cadastro para baixar o programa no site: <https://www.mathcad.com/en/try-and-buy/mathcad-express-free-download>, você receberá um e-mail com o link para baixar o arquivo executável do programa.

Figura 1: Site para adquirir versão free.



Fonte: Mathcad (2025)

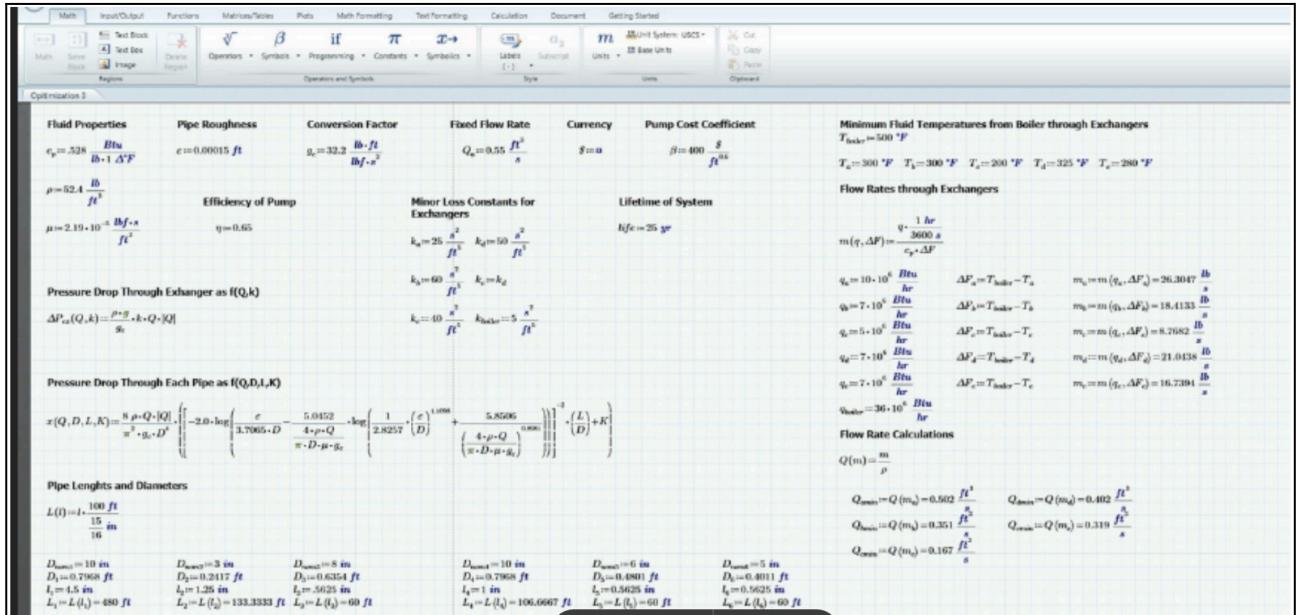
É importante ressaltar que a versão prime fica disponível por 30 dias inicialmente e ao terminar esse prazo fica a critério do usuário comprar a versão prime ou continuar utilizando a versão gratuita para estudante, onde algumas opções do menu de ferramentas passará a mostrar um símbolo de cadeado, que significa que essas funções não estão disponíveis na versão gratuita, todavia mesmo a versão gratuita lhe entrega muitos recursos.

1.2. Primeiro contato com a interface

Ao abrir o programa pela primeira vez podemos ver que a sua área de trabalho assemelha-se a uma folha de papel quadriculado, onde podem ser incluídos textos, expressões matemáticas com uma grande variedade de símbolos matemáticos, gráficos, unidades de medida, etc.

Observando a parte superior, encontra-se uma barra de ferramentas, que oferece diversas funções a serem utilizadas na área de trabalho, sendo o menu principal o “Math”, encontrado no canto superior esquerdo desta barra de ferramentas.

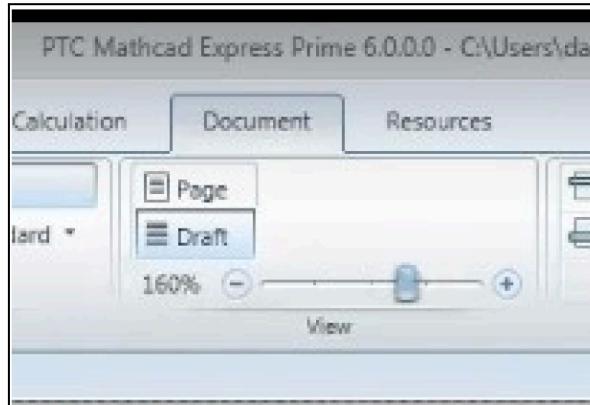
Figura 2: menu Mathcad



Fonte: Autor.

É possível mudar esse formato de área de trabalho para um formato de página indo em “Document” e mudar da opção “Draft” para “Page”, que é a forma que será impressa do seu documento.

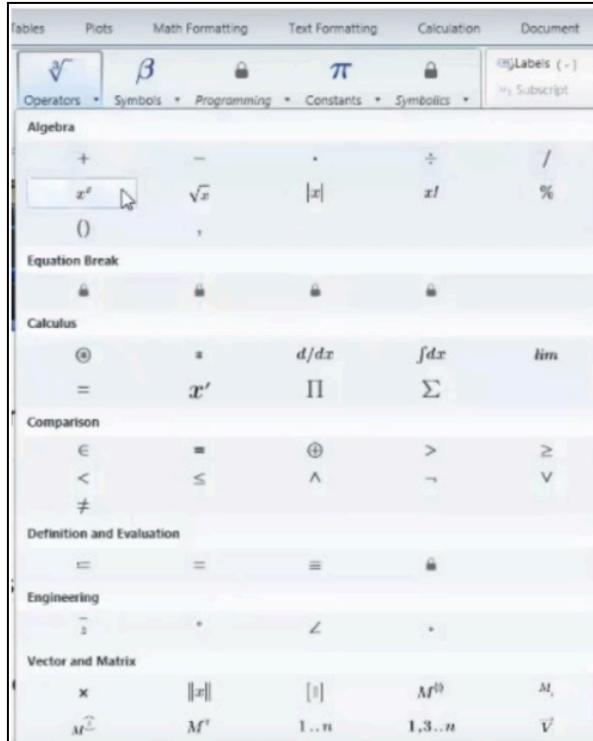
Figura 3: Opções de formato de área de trabalho.



Fonte: Autor.

Indo em uma das opções do menu Math, chamada “Operators”, é aberta uma pequena aba com os mais variados operadores matemáticos divididos por categoria.

Figura 4: Aba Operators.



Fonte: Autores

1.3. Definindo variáveis

Neste contexto, uma variável nada mais é do que um valor que será representado por um ou mais caracteres determinados por você.

Primeiro, vamos testar uma operação bem

simples, uma soma de uma variável “a” com uma variável “b”.

Ao digitar “a:=” na área de trabalho, irá aparecer que a variável não está definida (mostrando: a:=?) e para resolver isso devemos adicionar dois pontos(:) logo após a variável para poder atribuir um valor a ela. Por exemplo:

a:=2.2

b:=4.8

c:=a+b

Observação: Leve em consideração que neste programa deve-se usar ponto(.) ao invés de vírgula(,) em números decimais. Ao digitar: c= , o programa já irá colocar o resultado logo depois do sinal igual(=), ficando:

c=7

Pode-se também, ao invés disso colocar um sinal de igual(=) logo após “c:=a+b” obtendo o mesmo resultado ficando:

c:=a+b=7

Também é importante definir que a ordem em que você organiza os cálculos, terá um grande impacto no resultado, por exemplo, se eu alterar a posição da definição da variável “b” desta maneira:

a:=2.2

b:=4.8

c:=a+b

Ao pedir o valor de “c”, aparecerá como se a variável “b” não estivesse definida por causa da “ordem de leitura” do programa, mostrando:

a:=2.2

b:=4.8

c:=a+b=?

Então, para evitar algum erro do tipo, o ideal é sempre manter uma ordem lógica na digitação dos cálculos de preferência da esquerda para a direita e de cima para baixo. Faça alguns testes simples para compreender melhor essa questão.

Ainda no exemplo anterior, é possível alterar o valor definido de uma ou mais de uma variável o'que imediatamente altera o resultado, por exemplo, ao trocar os valores de a para 6 e b para 10, temos:

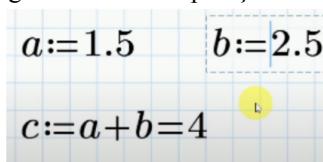
a:=6

b:=10

c:=a+b=16

Mais um exemplo com os valores de “a” e “b” alterados:

Figura 5: teste de operação básica



Fonte: Autor.

Figura 6: Mesma operação, na mesma linha.

$b := 2.5$ $c := a + b = 4$

Fonte: Autor.

Na figura abaixo, a variável “c” não encontrou a definição de “a”, que foi alocada para baixo em relação a “c”, logo aparece que “a” está indefinida.

Figura 7: Erro na variável "c" após mudar a posição de "a".

$b := 2.5$ $c := a + b = ?$

$a := 1.5$

Fonte: Autor.

Assim, observa-se que ao usar “:=” definimos uma variável e lhe damos um valor, já a digitar “=” logo após uma variável, nós pedimos ao programa que nos mostre o seu valor, por isso não é possível “pedir o valor” de uma variável que não foi definida ainda.

1.4. Unidades e conversões

Primeiro é preciso saber que há como fazer operações com uma variável com unidade e uma sem unidade, por exemplo:

Figura 8: Erro em "c".

$a := 1.5 \frac{m}{s}$ $b := 2.5$

$c := a + b = ?$

Fonte: Autor.

Aqui, corrigimos o erro colocando uma unidade em “b”.

Figura 9: Operações com unidades.

$a := 1.5 \frac{m}{s}$ $b := 2.5 \frac{m}{s}$

$c := a + b = 4 \frac{m}{s}$

Fonte: Autor.

O programa também faz conversões de unidade automaticamente, por exemplo, se alterarmos “b” para km/s, “c” logo se adapta a mudança em “b”.

Figura 10: conversão automática do valor em "c" para as unidades ficarem equivalentes

$$a:=1.5 \frac{m}{s} \quad b:=2.5 \frac{km}{s}$$

$$c:=a+b=(2.502 \cdot 10^3) \frac{m}{s}$$

Fonte: Autor.

. Caso seja alterada a unidade de “b” e “c” para km/hr, temos:

Figura 11: Conversão de unidades.

$$a:=1.5 \frac{m}{s} \quad b:=2.5 \frac{km}{hr}$$

$$c:=a+b=7.9 \frac{km}{hr}$$

Fonte: Autor.

Outro exemplo alterando apenas “c”:

Figura 12: alterando apenas a unidade de "c".

$$a:=1.5 \frac{m}{s} \quad b:=2.5 \frac{km}{hr}$$

$$c:=a+b=0.002 \frac{km}{s}$$

Fonte: Autor.

Outro exemplo convertendo a variável “Pressão” que estava em atm para bar:

Figura 13: Conversão de unidades.

$$Pressão:=10 \text{ atm}$$

$$Pbar:=Pressão=(1.013 \cdot 10^6) \text{ Pa}$$

Fonte: Autor.

Neste caso, "Pressão" foi convertida automaticamente para o SI (pascal), mas caso você queira pode escolher outra unidade. Você pode encontrar essas e todas as unidades do programa no menu Math, em Units, todas divididas por categoria.

Figura 14: Units (unidades).

Dose		Sv		
Gy				
Btu	BTU15	cal	cal15	cal20
BTU	decal	erg	IBTU	J
kcal	mBTU	mcal	tBTU	tcal
Flow Rate				
cfm	gpm	mgd		
Force				
dyne	GN	kgf	kip	kN
lbf	MN	N	ozf	TN
tonf	tonnef			
Force Density				
pcf	pci			

Fonte: Autor.

1.5. Exemplos de aplicações específicas.

Vamos utilizar agora alguns símbolos mais aplicadas em engenharia, como o rô (ρ) Para isso basta ir em Symbols no menu Math.

Algo bastante comum que podemos observar ocorreu no exemplo abaixo onde houve um erro na variável mi(μ). Isso ocorreu porque foi colocado ponto(.) ao invés do caractere de multiplicação(*)).

Figura 15: Erro de sintaxe em "mi".

$$\rho := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad v := 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\mu := 0.0001 \text{ Pa.s}$$

Fonte: Autor.

Para corrigir o erro basta substituir o ponto(.) por vezes(*)).

Figura 16: Erro corrigido em "mi".

$$\rho := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad v := 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\mu := 0.0001 \text{ Pa.s}$$

Fonte: Autor.

No exemplo abaixo foi calculado o chamado número de Reynolds (relacionado a transições entre regimes turbulentos e laminares de escoamento de fluidos), onde ρ é a densidade do fluido, v é a velocidade de escoamento, D é uma dimensão característica envolvida no escoamento, por exemplo, o diâmetro do tubo, ou de uma esfera posta no fluido (neste caso está em polegadas), e μ é a viscosidade do fluido (medida em Pa s).

Figura 17: Cálculo automático do número de Reynolds.

$$\rho := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad v := 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\mu := 0.0001 \text{ Pa}\cdot\text{s} \quad D := 1 \text{ in}$$

$$Re := \frac{(\rho \cdot v \cdot D)}{\mu} = 3.81 \cdot 10^5$$

Fonte: Autor.

Observação: Outra opção interessante é a possibilidade de formatar valores, selecionando o valor que se deseja formatar e indo em “Math Formatting” e depois em “5.10⁴ General”, onde pode-se alterar o valor para decimal, notação científica, número de casas após a vírgula, etc.

Utilizando as variáveis do mesmo exemplo, vamos calcular o fator de atrito através da equação de colebrook-white. Para isso vamos criar mais uma variável para ε , onde esta será definida como: $\varepsilon := 2 \text{ mm}$.

Observação: Ao digitar alguma letra, use o atalho de teclado (Ctrl G) para transformá-la em letra grega automaticamente caso desejado.

Para calcular essa equação, vamos criar uma função de 4 variáveis, logo:

Figura 18: Equação de colebrook-white.

$$Re := \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = 2.5 \cdot 10^5$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{\varepsilon / D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

$$eq(f, Re, \varepsilon, D) := \frac{1}{\sqrt{f}} + 2 \cdot \log \left(\frac{\left(\frac{\varepsilon}{D} \right)}{3.7} + \frac{2.51}{Re \cdot f^{\frac{1}{2}}} \right)$$

Fonte: Autor.

Na fórmula da equação a frequência foi posta ao quadrado de duas maneiras diferentes, através do símbolo, encontrado em Operators, e por potenciação.

Agora para achar o fator de atrito definimos uma variável “f” para representá-lo e lhe atribuirmos a função root com a equação.

Figura 19: Fator de atrito.

$$eq(f, Re, \varepsilon, D) := \frac{1}{\sqrt[2]{f}} + 2 \cdot \log \left(\frac{\left(\frac{\varepsilon}{D} \right)}{3.7} + \frac{2.51}{Re \cdot f^2} \right)$$

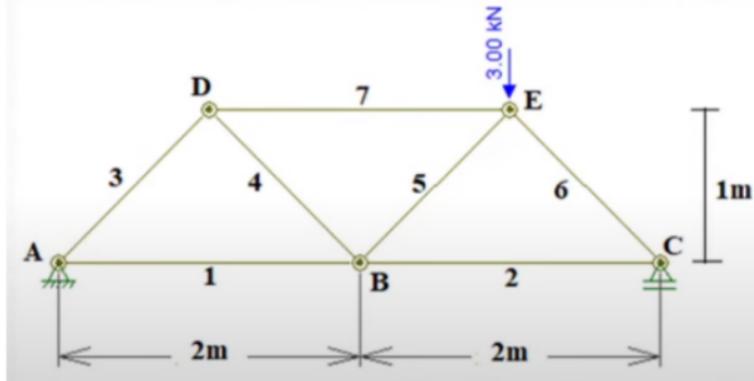
$$f := \text{root}(eq(f, Re, \varepsilon, D), f, 0.0001, 1000) = 0.016$$

Fonte: Autor.

Na função root da variável “f” foi posta a equação com suas variáveis entre (), seguido da variável que eu quero encontrar, neste caso o fator de atrito “f”, seguido do intervalo que queremos encontrar, seguido do sinal de igualdade “=” que logo entrega o resultado.

Agora, vamos usar o programa para nos auxiliar a encontrar as forças suportadas nas barras de uma simples treliça através do método dos nós.

Figura 20: Treliça com barras numeradas de 1 a 7 e nós de A a E.



Fonte: Autor.

Para realizar isso faremos da seguinte forma:

1. Primeiro faremos a determinação das reações de apoio;
2. Começaremos pelos nós com menor número de barras.
3. Após determinar os valores dos esforços, resolver os outros nós, sempre fazendo primeiro pela próxima barra com uma quantia menor de nós.

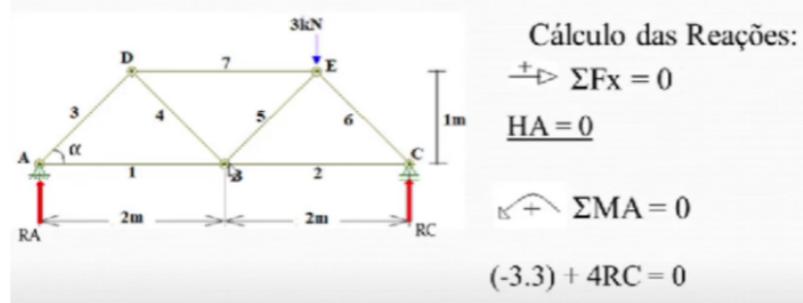
Observação: Será levado em consideração as forças de compressão como negativas e as forças de tração como positivas.

Figura 21: Tipos de forças envolvidas.



Fonte: Autor.

Figura 22: Treliça.



Fonte: Autores

Levaremos em conta que o somatório das forças em F_x é 0 e que não há forças horizontais neste exemplo, logo a altura de 1 m (HA) é 0, sendo desconsiderada.

Primeiro será calculado o somatório do momento no ponto A para descobrir uma das reações verticais, dada pelo somatório das forças de F_y .

Abaixo considere o -3 como a força da carga e o 3 como a distância do ponto A até o vetor da força aplicada pela carga, o 4 como a distância de A à C e RC sendo as reações em C.

$$\sum MA = 0$$

$$(-3 \cdot 3) + 4 \cdot RC = 0$$

$$-9 + 4 \cdot RC = 0$$

$$RC = 9/4 = 2.25 \text{ kN}$$

Tendo RC, pode-se achar RA. Para isso acharemos o somatório das forças em F_y , que deve ser 0, onde as forças apontando para cima devem se igualar as forças apontando para baixo, mas como só há uma única força que aponta para baixo temos:

$$\sum F_y = 0$$

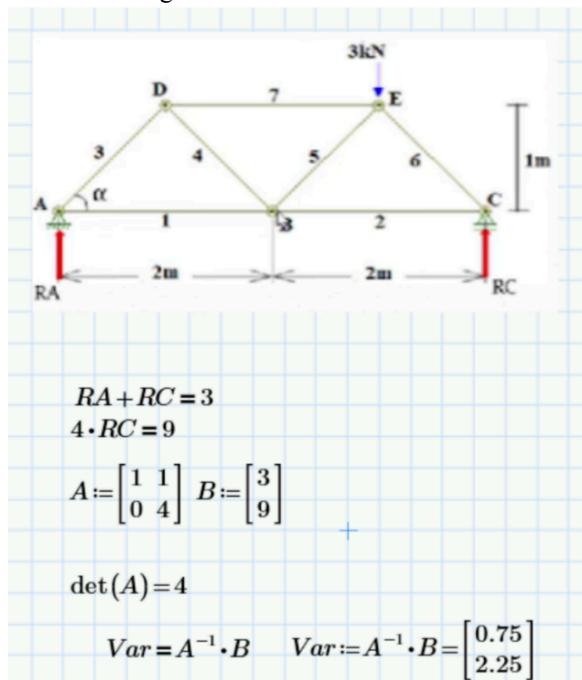
$$RA + RC - 3 = 0$$

$$RA + 2.25 = 3$$

$$RA = 0.75 \text{ kN}$$

Pelo MathCad os valores de RC e RA podem ser achados de uma só vez pelo tratando o problema como uma operação com sistemas lineares.

Figura 23: Achando RA e RC.



Fonte: Autor.

O método adotado aqui, foi utilizando matrizes da seguinte maneira:

Nas duas primeiras linhas apenas foi colocado o sistema de equações para facilitar o entendimento, pois não é necessário para a operação a seguir.

Depois foi montado duas matrizes pelo menu Matrices/Tables, uma com os coeficientes do sistema de equações (antes do sinal =) e outra apenas com os resultados do sistema.

Como esse método só funciona se o determinante da matriz A for diferente de 0, foi pedido o determinante ao digitar “ $\det(A) =$ ”. Se o resultado der diferente de 0, prosseguimos fazendo o seguinte:

Criando uma variável e botando o sinal de comparação representado por uma igualdade em negrito “=”, que pode ser achada no menu Math>Operators>Comparison. Após o sinal foi feita a inversa da matriz A vezes a matriz B, depois definida a variável “var” e pedido seu resultado que foi entregue pelo programa através de um vetor.

Observação: Foi usado o operador “=” no lugar de “==” para não aparecer mensagem de erro. Além disso esse mesmo cálculo poderia ser feito também usando a keyword “solve”(que está em Symbolics, no menu Math) e a função “find” ,mas o método escolhido foi através de operações matriciais. Abaixo você pode ver um exemplo usando solve e find.

Figura 24: Solve e find.

Solve

$$Find_v2(p1, v1, p2) := p1 \cdot v1 = p2 \cdot v2 \xrightarrow{\text{solve}, v2} \frac{p1 \cdot v1}{p2}$$

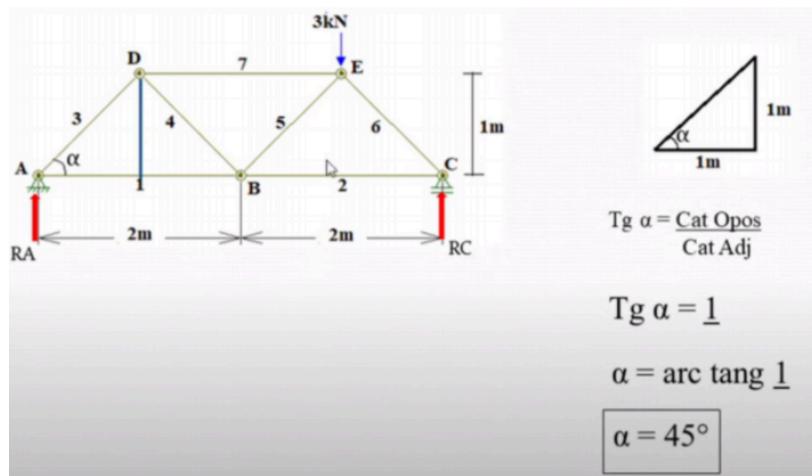
$$P_{init} := 500 \text{ psi} \quad V_{init} := 300 \text{ mL} \quad P_{final} := 770 \text{ psi}$$

$$P_{final} := Find_v2(P_{init}, V_{init}, P_{final}) = 194.805 \text{ mL}$$

Fonte: Autor.

Após determinar as reações, primeiro passo da resolução, vamos encontrar o ângulo alfa (α). Para isso calculamos o arctan de α .

Figura 25: Achando ângulo alfa.



Fonte: Autor.

Sabendo que a tangente de α é C.O/C.A, que nesse caso é 1/1, ou seja, $\text{tg}(\alpha)=1$, podemos calcular α passando a tangente pro outro lado e calculando sua inversa. No programa basta digitar “atan(1)” que dará o resultado em radianos, para transformar para graus digite “deg” logo após o resultado e de Enter, como no exemplo abaixo.

Figura 26: Achando alfa pelo MathCad.

$$\alpha := \text{atan}(1) = 0.785$$

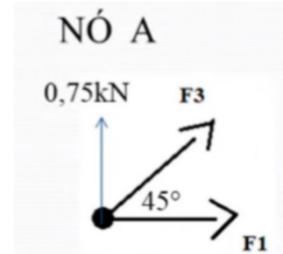
Fonte: Autor.

Figura 27: Transformação de alfa para graus.

$$\alpha := \text{atan}(1) = 45 \text{ deg}$$

Fonte: Autor.

Figura 28: NÓ A.



Fonte: Autor.

Agora seguimos para o cálculo do nó A, lembrando que só podemos iniciar por um nó com no máximo duas incógnitas (barras), nesse caso A ou C.

Aqui será considerado as forças sempre saindo do nó, pois o sinal final que indicará se a barra está sendo comprimida ou tracionada. Também considere F3 como a barra 3 e F1 como a barra 1.

Agora há duas formas de continuar, usar o somatório de forças em F_x , onde terá que decompor F3 em x para achar a força em F1, ou usar o somatório de forças em F_y que será o método adotado aqui primeiramente para achar F3, ficando:

$$\sum F_y = 0$$

$$0.75 + \cos 45^\circ * F_3 = 0$$

$$F_3 = -0.75 / \cos 45^\circ$$

$$F_3 = -1.06 \text{ kN (C)}$$

No programa pode-se achar F3 ao digitar:

$$F_3 := -0.75 / \cos(45) =$$

Logo na barra 3 há uma força de compressão de 1.06 kN.

Para achar F1 (barra 1), fica:

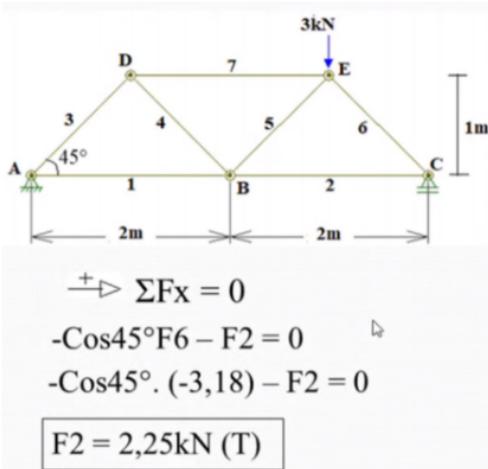
$$\cos(45) * (-1.06) + F_1 = 0$$

$$F_1 = 0.75 \text{ kN (T)}$$

Logo na barra 1 há uma força de tração de 0.75 kN.

Para o nó C usa-se o mesmo método do nó A, só que para achar F_6 (barra 6) e F_2 (barra 2). Os ângulos são os mesmos e muda a reação que em C é 2.25 kN ao invés de 0.75 kN. Logo:

Figura 29: Achando F_2 e Achando F_6 .

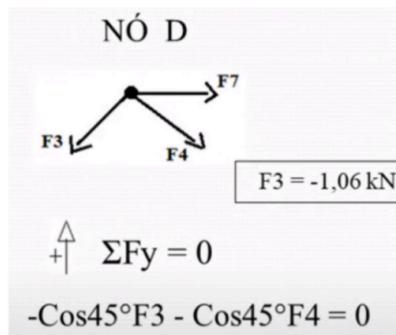


Fonte: Autor.

Observação: O seno de 45 é devido aos dois ângulos ao lado de F_3 no triângulo retângulo serem 45°, que somados dão 90°.

Agora vamos para o nó D, lembrando que temos o valor de F_3 e os valores de F_3 e F_4 são negativos já que estão apontando para baixo.

Figura 30: Nô D.



Fonte: Autor.

Como nos nós anteriores, faremos o mesmo processo para achar as forças de tração ou compressão nas barras. A diferença é que terá 3 barras, todavia sabemos o valor de uma delas, permitindo achar F_4 , então fica:

$$-\cos(45^\circ)F_3 - \cos(45^\circ)F_4 = 0$$

$$-0.707 \cdot (-1.06) = 0.707 \cdot F_4$$

$$F_4 = 1.06\text{kN (T)}$$

Agora o somatório em f_x :

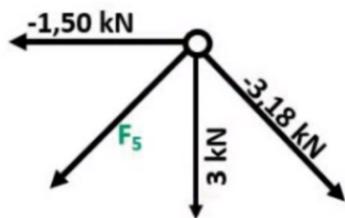
Figura 32: Achando F7.

$$\begin{aligned}
 \rightarrow \sum F_x &= 0 \\
 -\cos 45^\circ F_3 + \cos 45^\circ F_4 + F_7 &= 0 \\
 -0,707 \cdot (-1,06) + 0,707 \cdot 1,06 + F_7 &= 0 \\
 F_7 &= -1,5 \text{ kN (C)}
 \end{aligned}$$

Fonte: Autores.

Para finalizar, falta só o nó E, onde além das barras há a força de 3kN.

Figura 33: Nô E.



Fonte: Autor.

Observe que a força peso de 3 kN está saindo do nó e os outros valores correspondem a F7 e F6. Logo, temos:

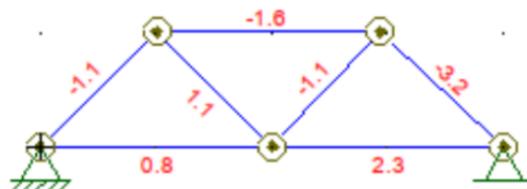
Figura 34: Achando F5.

$$\begin{aligned}
 \uparrow \sum F_y &= 0 \\
 -3 - \cos 45^\circ F_5 - \cos 45^\circ F_6 &= 0 \\
 -3 - 0,707 \cdot F_5 - 0,707 \cdot (-3,18) &= 0 \\
 F_5 &= -0,75 / 0,707 \\
 F_5 &= -1,06 \text{ kN (C)}
 \end{aligned}$$

Fonte: Autor.

Logo, chegamos ao fim da resolução uma vez que todas as forças de tensão e compressão nas barras foram encontradas. Abaixo é mostrado uma modelagem feita no Ftool.

Figura 35: Modelo computacional feito no Ftool.



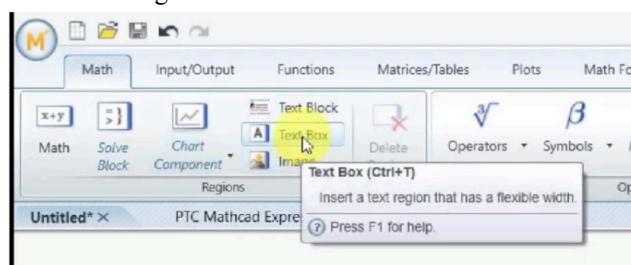
Fonte:

Observação: Os valores no Ftool estão aproximados devido a configuração do programa.

1.6. Inserção de textos

Como visto anteriormente, sabe-se que ao usar “:=” após uma variável, estamos definindo-a para poder utilizá-la em cálculos dentro do programa. Porém, se quisermos escrever textos que não serão usados em cálculos basta dar um click onde se deseja inserir o texto e no menu Math, ir em “Text Box”. O tamanho, largura e posição desse box de texto podem ser ajustados manualmente com o mouse.

Figura 36: Inserindo caixa de texto.



Fonte: Autor.

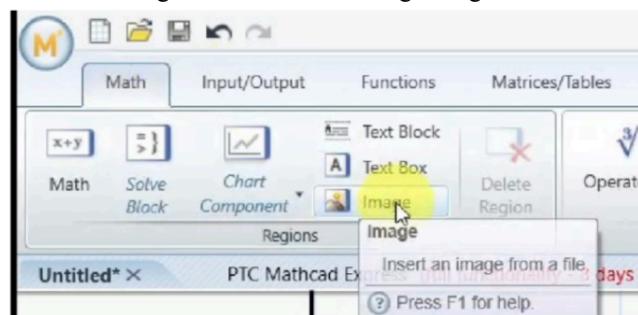
Para formatar o texto vá no menu “Text Formatting”. Lá é possível alterar várias coisas, como o tamanho, fonte, deixar centralizado, por numeração, por tópicos, em negrito, itálico, mudar cor de fundo, etc.

Observação: Você também pode copiar um texto de outro documento, do Word por exemplo, e colar na área de trabalho do MathCad.

1.7. Inserindo imagens

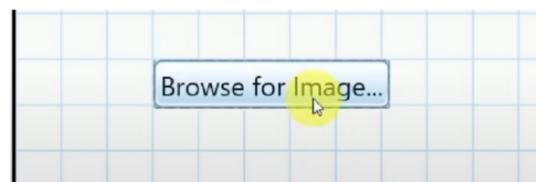
Semelhante a inserção de texto, também no menu Math, vá em em “Image” (logo abaixo de “Text Box”)e aparecerá um botão (Browse for image) na área de trabalho para procurar uma imagem salva no computador.

Figura 37: Inserindo imagem/figura.



Fonte: Autor.

Figura 38: Botão de buscar imagem.

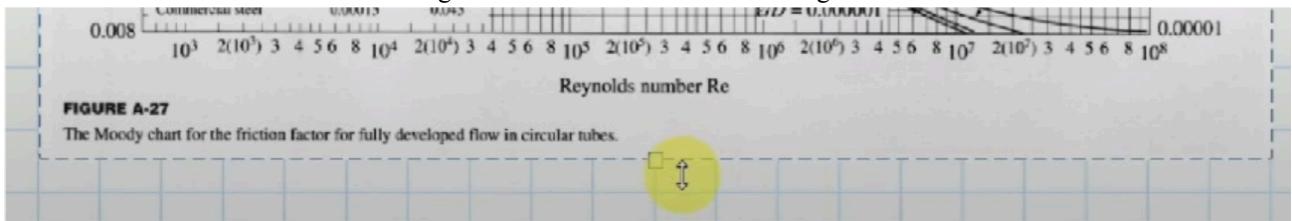


Fonte: Autores

Após inserir a imagem, você pode ajustar a posição e o tamanho manualmente com o mouse da seguinte maneira:

Para ajustar o tamanho, com a imagem selecionada, observe que aparece um pequeno quadrado na parte inferior da figura. Então, pressione ele e arraste para aumentar ou diminuir a imagem.

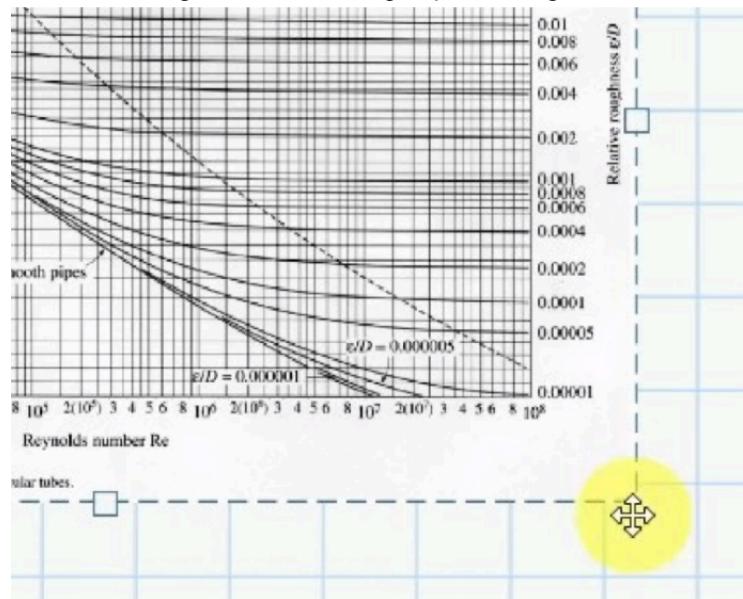
Figura 39: Alterando tamanho de imagem.



Fonte: Autor.

Para mudar a imagem de posição, você faz o mesmo processo, só que ao invés de pressionar o quadrado você irá pressionar o canto inferior direito da imagem e arrastá-la para a posição desejada.

Figura 40: Alterando posição de imagem.



Fonte: Autor.

1.8. Plotando Gráficos

Para fazer o gráfico, vamos fazer um exemplo definindo uma função na área de trabalho em uma variável “ $f(x)$ ” , outra em uma variável “ $g(x)$ ” e outra em uma variável “ $h(x)$ ”. Neste exemplo usaremos três funções com condicionais usando a função “ if ”. Para usar esta ou outra função condicional vá em Programming, no menu Math.

Observação: Esses recursos não serão aprofundados aqui já que o objetivo deste tutorial é mostrar as principais funções e a sintaxe mais básica do programa, mas será mostrado um gráfico com essas funções para mostrar que existe essa possibilidade.

Por exemplo, usando “ if ” podemos definir uma função $j(x)$ e dizer a máquina: Se $x = 5$, a função vale x^2 , se x não vale 5 (sinal de diferença), a função vale x^3 . Essas funções funcionam da mesma forma que linguagens de programação e podem ser usadas para definir intervalos ou condições especiais.

Seguindo esse segmento vamos ao exemplo:

Figura 41: Funções com "if".

$$\begin{aligned}
 1. \quad f(x) &:= \begin{cases} \text{if } x \neq 1 \\ \quad \quad \quad \parallel \\ 5x - 3 \\ \text{if } x = 1 \\ \quad \quad \quad \parallel \\ 1 \end{cases} \\
 2. \quad g(x) &:= \begin{cases} \text{if } x \leq -2 \\ \quad \quad \quad \parallel \\ 1 + x \\ \text{if } -2 < x \leq 2 \\ \quad \quad \quad \parallel \\ 2 - x \\ \text{if } x > 2 \\ \quad \quad \quad \parallel \\ 2x - 1 \end{cases} \\
 3. \quad h(x) &:= \begin{cases} \text{if } -5 < x < 0 \\ \quad \quad \quad \parallel \\ x \neq -3 \\ \quad \quad \quad \parallel \\ \frac{x^3 + 27}{x^3 + 3x^2 + 3x + 9} \\ \text{if } 0 \leq x < 5 \\ \quad \quad \quad \parallel \\ x \neq 3 \\ \quad \quad \quad \parallel \\ \frac{x^2 - 9}{x^2 - 2x - 3} \\ \text{if } x = -3 \\ \quad \quad \quad \parallel \\ \frac{9}{4} \\ \text{if } x = 3 \\ \quad \quad \quad \parallel \\ \frac{3}{2} \end{cases}
 \end{aligned}$$

Fonte: Autores.

Agora para fazer os gráficos, você dá um click na área de trabalho onde deseja colocar o gráfico e vá no menu “Plots” , na barra de ferramentas, e em “Insert Plot”.

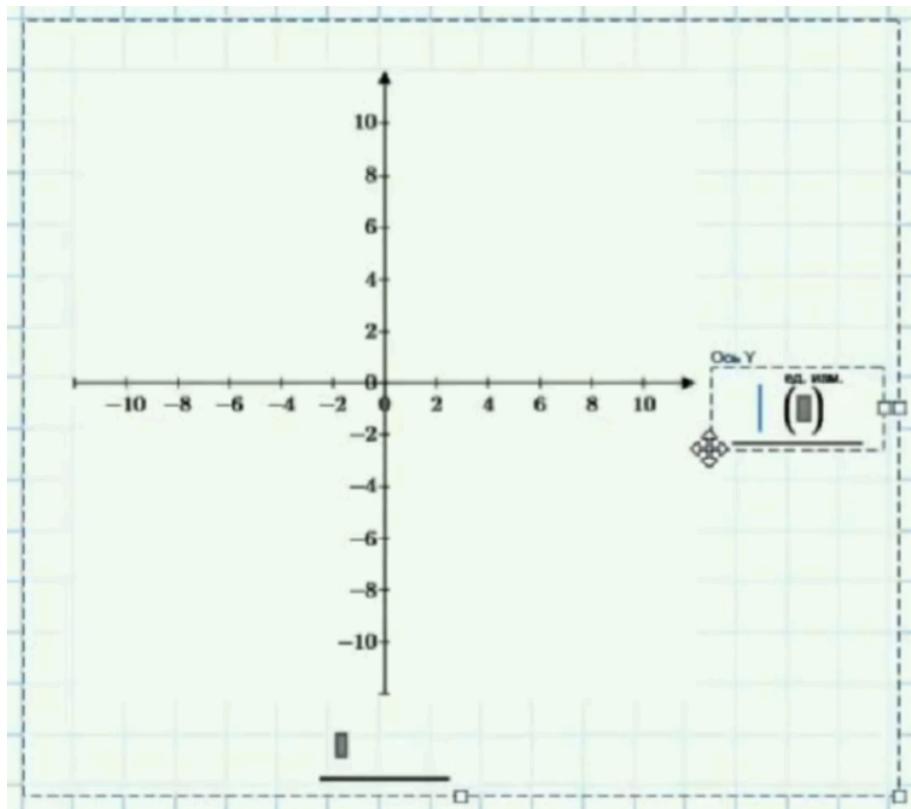
Figura 42: Função inserir gráfico.



Fonte: Autor.

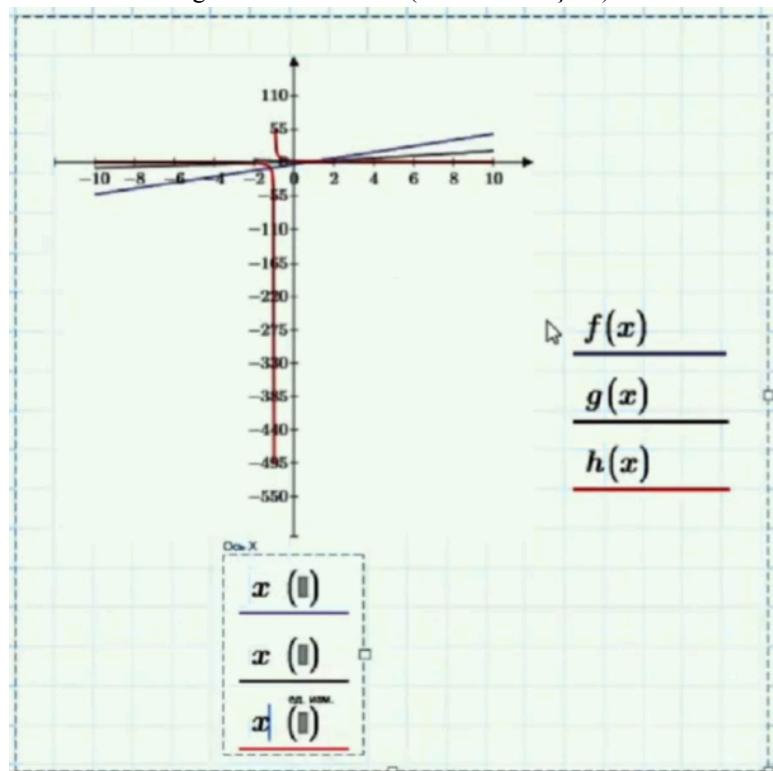
Quando aparecer o gráfico, terá dois boxes dentro do gráfico onde você colocará a variável da função no box que está a direita e o “x” da função no box que está em baixo .

Figura 43: Gráfico 2D (ainda sem as funções).



Fonte: Autor.

Figura 44: Gráfico 2D(com as 3 funções).



Fonte: Autor.

No gráfico acima foram colocadas as variáveis das três funções no box do eixo y e o “x” de cada uma, mas se desejado poderia ter sido feito um gráfico pra

Página | 33

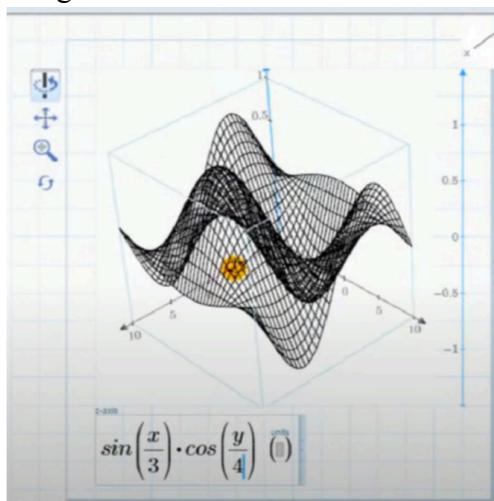
34 PRÁTICAS INTEGRATIVAS – CAPÍTULO 1

cada função separadamente.

Observação: Para mudar o tamanho do gráfico você pressiona o canto inferior direito e arrastar e para mudar de posição pode-se pressionar a parte superior do gráfico e arrastar.

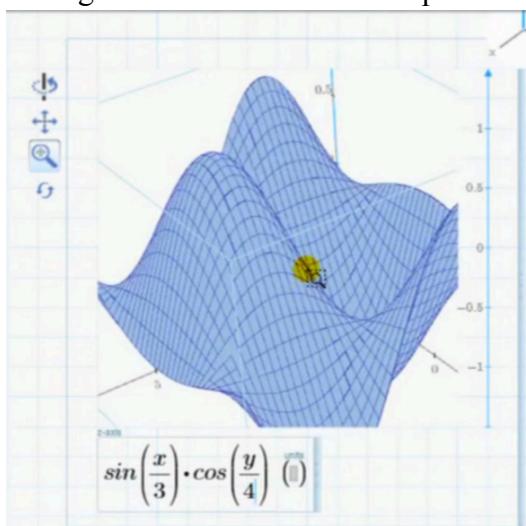
Também é possível fazer gráficos 3D indo no menu Plots, em “Insert Plot”, em “3D Plot”. Você pode criar uma variável com a função (da mesma forma do gráfico 2D), ou inserir a função desejada diretamente no box “z-axis”, desta forma:

Figura 45: Gráfico 3D translúcido.



Fonte: Autor.

Figura 46: Gráfico 3D azul opaco.



Fonte: Autor.

Podemos mudar a cor da textura do gráfico no menu Plots em "Trace Color" e "Surface F", além de várias outras formatações.

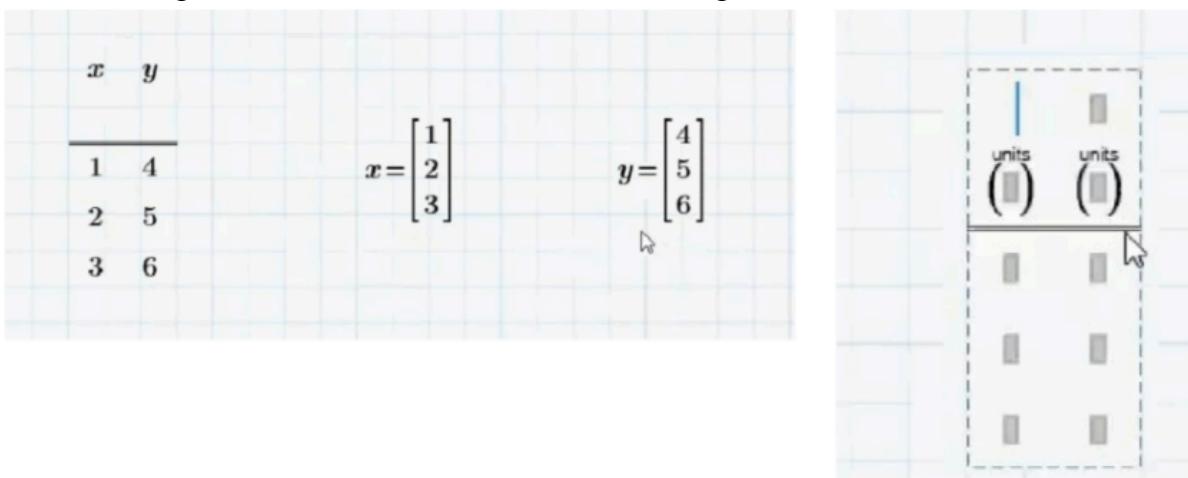
Também podemos fazer outras ações, como mudar o ângulo do gráfico diretamente com o mouse e dar zoom no símbolo de lupa.

1.9. Inserindo matrizes e tabelas

Para colocar uma matriz, click na área de trabalho onde deseja colocar a matriz e vá no menu "Matrices e Tables" e em "Insert Matrix". Aparecerá uma janela para escolher a dimensão da matriz.

Para inserir tabelas é o mesmo processo, porém você vai em "Insert Table" ao invés de "Insert Matrix".

Figura 47: Tabela de 3 linhas e 2 colunas. Figura 48: Tabela e vetores.



Fonte: Autor.

Como o programa trata a tabela como um vetor, você deve dar um nome para as colunas e você pode ou não entrar com unidades. Caso você peça o valor de uma das colunas, o programa lhe mostrará o vetor coluna indicado por você, como no exemplo acima.

Você pode fazer operações com esses vetores como multiplicar/dividir x por um escalar ou somar/subtrair x de y e vice versa. Essas operações também podem ser feitas com as matrizes desde que elas sejam compatíveis entre si para a operação desejada, como por exemplo a soma de matrizes, que só pode ser feita se as duas tiverem a mesma dimensão.

Observação: Você pode dividir dois vetores mas para multiplicar e obter o resultado da multiplicação de cada componente, você deve dividir um vetor pela inversa do outro, caso contrário o programa irá fazer a multiplicação e somar tudo dando um escalar. Desse modo:

Figura 49: Tabela e operações básicas com vetores. Figura 50: Matrizes e operações básicas com vetores.

x	y
(\mathbf{m})	(\mathbf{m})
1	4
2	5
3	6

$$x = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix} \mathbf{m}$$

$$y = \begin{bmatrix} 4 \\ 5 \\ 6 \end{bmatrix} \mathbf{m}$$

$$2 \cdot x = \begin{bmatrix} 2 \\ 4 \\ 6 \end{bmatrix} \mathbf{m}$$

$$x + 2 \mathbf{m} = \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ 5 \end{bmatrix} \mathbf{m}$$

$$\frac{x}{2} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 1 \\ 1.5 \end{bmatrix} \mathbf{m}$$

$$x + y = \begin{bmatrix} 5 \\ 7 \\ 9 \end{bmatrix} \mathbf{m}$$

$$\frac{x}{y} = \begin{bmatrix} 0.25 \\ 0.4 \\ 0.5 \end{bmatrix}$$

$$x \cdot y = 32 \mathbf{m}^2$$

$$\frac{x}{y^{-1}} = \begin{bmatrix} 4 \\ 10 \\ 18 \end{bmatrix} \mathbf{m}^2$$

$$A := \begin{vmatrix} 1 & 3 & -1 & 2 \\ 2 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 5 & 2 & 2 \\ 1 & 4 & 2 & -1 \end{vmatrix} \quad B := \begin{vmatrix} 1 & 5 & 3 & 7 \\ 8 & 1 & 3 & 6 \\ 1 & 4 & 9 & 0 \\ 0 & 5 & 1 & 7 \end{vmatrix}$$

$$A - B = \begin{vmatrix} 0 & -2 & -4 & -5 \\ -6 & 0 & -2 & -4 \\ 0 & 1 & -7 & 2 \\ 1 & -1 & 1 & -8 \end{vmatrix} \quad A + B = \begin{vmatrix} 2 & 8 & 2 & 9 \\ 10 & 2 & 4 & 8 \\ 2 & 9 & 11 & 2 \\ 1 & 9 & 3 & 6 \end{vmatrix}$$

$$A \cdot B = \begin{vmatrix} 24 & 14 & 5 & 39 \\ 11 & 25 & 20 & 34 \\ 43 & 28 & 38 & 51 \\ 35 & 12 & 32 & 24 \end{vmatrix}$$

Fonte: Autor.

Ao observar o menu Matrices/Tables, você tem várias opções de formatação, como as de inserir/apagar uma determinada coluna. Também é possível copiar e colar tabelas do Excel no MathCad ou criar gráficos com tabelas.

Observação: Ao citar textos não numéricos na tabela, deve-se colocá-los entre aspas duplas, para o programa não confundir com uma variável.

A.2 RECURSOS REFERENTES À ATIVIDADE MÃO NA MASSA

A implementação de atividades experimentais investigativas no ensino de Física para cursos de Engenharia pode enfrentar diversas dificuldades. Superar essas dificuldades exige, entre outras coisas, uma abordagem estruturada. O Artigo 4, apresentado na seção 3 deste trabalho, demonstra o resultado de uma pesquisa que desenvolveu e avaliou um recurso que apoia o atendimento dos objetivos do artefato, a Atividade Mão na Massa.

O quadro 1, abaixo, traz um conjunto de AMMs, apresenta o tema, o que é explorado nela e ainda disponibiliza em um link o exemplo do roteiro desenvolvido e testado em um dos ciclos de design do artefato. Em seguida é apresentado na seção A.2.1 um exemplo de AMM, na seção A.2.2 é apresentado a ferramenta de instrução para a construção do relatório da atividade e na seção A.2.3 é apresentado o modelo do respectivo relatório.

Quadro 1:

Tema	O que é explorado no roteiro?	Link para o repositório
Vetores e diagrama de forças	Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia.	 MÃO NA MASSA...
Momento de Inércia	Analizar e compreender o conceito de Momento de Inércia	 MÃO NA MASSA...
Cinemática e lançamento vertical	Analizar e compreender a cinemática do movimento em duas dimensões	 MÃO NA MASSA...
Terceira Lei de Newton	Analizar e compreender a Terceira Lei de Newton	 AMM - 3^a LEI D...
Deformação, peso e tração	Analizar e compreender fenômenos de deformação elástica envolvendo peso e tração	 AMM - DEFOR...
Diagrama do corpo livre, decomposição de força, estática	Analizar e compreender fenômenos de forças previstos pela lei de Newton em um modelo de guindaste.	 AMM - GUINDA...
Leis de Newton e roldanas	Analizar e compreender fenômenos previstos pela lei de Newton.	 AMM - LEIS DE ...

A.2.1 EXEMPLO 1: MÁQUINA DE ATWOOD



Universidade Federal do Pará - UFPA
 Instituto de Tecnologia - ITEC
 Laboratório de Inovação Didática em Física - LIDF

Atividade Mão na Massa - Máquina de Atwood

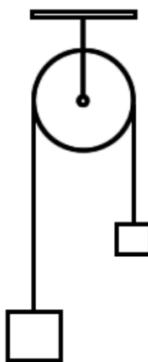
Questão motivadora

A chamada máquina de Atwood, inventada por George Atwood em 1784 é usada em experiências de Física básica para diversas finalidades no estudo da Mecânica enquanto grande área da Física. Entre essas várias finalidades, pode-se pensar nessa referida máquina como sendo um protótipo didático de um elevador, o qual é um meio de transporte importante, principalmente nos grandes centros urbanos. Graças a esse meio de transporte, as edificações verticais para moradia e para uso comercial puderam se desenvolver como opções viáveis para a vida contemporânea nos grandes centros urbanos.

Desafio

A figura 1 abaixo mostra um desenho esquemático de uma máquina de Atwood.

Figura 1 - Desenho esquemático de uma máquina de Atwood.



Fonte: LIDF (2024)

Nela, percebe-se objetos de massas distintas ligados por um fio que passa por uma polia. Sendo as massas distintas, o objeto mais massivo acelera verticalmente em sentido ao solo, enquanto que o menos massivo sobe aceleradamente. Esse dispositivo pode ser usado didaticamente para fornecer uma medida indireta do valor da aceleração da gravidade, ou mesmo para fornecer o valor do momento de inércia da polia para o eixo de rotação em questão.

A figura 2 mostra um aparato experimental montado no Laboratório de Inovação Didática em Física que corresponde ao desenho esquemático da figura 1.

Figura 2 - Aparato Experimental da máquina de Atwood montado no LIDF.



Fonte: LIDF (2024)

Com auxílio do aparato experimental diante de você nesta Atividade Mão na Massa, conclua os seguintes desafios:

- Monte o sistema de equações que resulta da aplicação da 2^a Lei de Newton em cada um dos corpos que faz parte do experimento;
- Calcule o valor do módulo da aceleração adquirida pelos blocos utilizando a 2^o Lei de Newton;
- Liste todas as hipóteses utilizadas no cálculo anterior;
- Calcule o valor do módulo da aceleração adquirida pelos blocos na máquina de Atwood utilizando a análise de movimento pela cinemática;
- Compare os resultados das acelerações obtidas pelos dois métodos descritos acima;
- Calcule o valor da tração no fio.

Questões Instigantes

- Que escolhas precisam ser feitas para proceder-se com a medição da aceleração pelo ponto de vista da cinemática?
- Os resultados das grandezas físicas obtidas foram próximos um do outro? Quais as razões para as possíveis diferenças?

A.2.3 INSTRUÇÕES PARA RELATÓRIO DE AMM



Universidade Federal do Pará (UFPA)
 Instituto de Tecnologia (ITEC)
 Laboratório de Inovação Didática Richard Feynman

Instruções para Relatório de Atividade Mão na Massa

Este documento é um produto LIDF com instruções para a produção de relatório de Atividade Mão na Massa realizada. O desempenho do aluno na atividade será avaliado de acordo com a qualidade de seu relatório. A pontuação da avaliação será de acordo com a apresentação geral, a compreensão da atividade por parte do aluno, a descrição do procedimento experimental e dos resultados obtidos, a discussão sobre estes resultados e a conclusão explicitando se os objetivos foram alcançados com sucesso.

A seguir, faz-se uma descrição detalhada do mínimo que se espera de cada seção do relatório. **Não atender a estes padrões resultará em penalidades na pontuação final da avaliação do relatório.**

Elementos Pré-Textuais

Os elementos pré-textuais que devem estar presentes no relatório são: **capa, folha de rosto e sumário**. Não há necessidade de fazer-se resumo, abstract, lista de figuras, lista de tabelas, entre outros, ainda que os requisitos necessários para que estes se tornem obrigatórios de acordo com a ABNT sejam cumpridos, como, por exemplo, o relatório possuir mais que 10 figuras. Uma sugestão de título de relatório é "Relatório de Atividade Mão na Massa Sobre [tema da atividade]", onde o texto em colchetes representa o tema da atividade em questão (copiar a sugestão de título exatamente como apresentada entre aspas neste documento será interpretado como gesto de má fé e resultará em penalidade na pontuação final do relatório).

Introdução

Nesta seção do relatório, o autor deve apresentar sua compreensão sobre o que está em jogo na atividade realizada. Espera-se uma subseção com a **visão geral** da importância da atividade no contexto do aprendizado de física e quais as competências estimuladas no contexto das engenharias. Além desta, espera-se uma subseção com os **objetivos** da atividade, explicitando os objetivos de aprendizagem, o desafio proposto (obrigatório) e as questões instigantes que se deseja responder. A avaliação desta seção será de acordo com a compreensão da importância da atividade realizada e de acordo com a quantidade de questões instigantes apresentadas nos objetivos.

Procedimento Experimental

Nesta seção do relatório, o autor deve apresentar em detalhes técnicos como a atividade foi realizada. Espera-se uma subseção com uma descrição breve dos **materiais** utilizados e uma subseção com a descrição da **metodologia** com o devido referencial teórico que justifique as decisões tomadas. Nesta seção, é essencial que se apresente toda a argumentação científica que justifique cada decisão tomada apresentando os conceitos físicos relevantes, as hipóteses necessárias e as equações matemáticas utilizadas. É essencial que se indique as fontes do conhecimento apresentado, utilizando-se de **citações diretas e indiretas para evitar-se plágio**. Recomenda-se a apresentação de diversas figuras nesta seção, porém, o relatório que não apresentar figuras não será penalizado caso a descrição textual seja suficiente para se entender o procedimento experimental.

Resultados e Discussão

Nesta seção do relatório, o autor deve apresentar os dados experimentais obtidos e deve fazer a discussão sobre estes resultados tomando como base o que foi apresentado na seção anterior. **Atenção: não se deve apresentar novos referenciais teóricos nesta seção.** Esta seção é somente para a apresentação dos resultados e a discussão sobre o que estes significam. Espera-se uma subseção com as **medidas** realizadas em forma de tabelas e/ou gráficos, uma subseção com os **resultados** obtidos a partir dos cálculos matemáticos utilizando as equações apresentadas na seção anterior e uma subseção com a **discussão** a respeito do significado físico dos resultados obtidos, comentando se estes estão de acordo com a predição da teoria ou se o que se observa experimentalmente não está de acordo com a modelagem realizada.

Conclusão

Nesta seção, o autor deverá apresentar todas as conclusões sobre tudo o que foi apresentado no relatório. Espera-se **uma única seção** em que se explicita se os objetivos foram alcançados ou não. É opcional apresentar sugestões para experiências futura. **Importante: não se deve fazer citações nesta seção.** A **conclusão** deve ser autoral baseada no **desenvolvimento do trabalho**.

Referências

Nesta seção, o autor deverá apresentar todas as fontes de suas citações e de figuras presentes no trabalho que não forem autorais. A apresentação das referências deverá estar de acordo com o padrão ABNT e será avaliada a qualidade das fontes consultadas. Fontes provenientes de literatura acadêmica como livros, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado, teses de doutorados, artigos de congressos, de revistas científicas receberão pontuação máxima. **Deve-se evitar usar como fontes blogs, canais de youtube, apostilas e outras fontes informais cuja confiabilidade seja duvidosa.**

Sobre a Formatação do Relatório

Espera-se que o relatório esteja bem formatado de acordo com o padrão ABNT, com tamanho e tipo de fonte adequados, margens padronizadas, parágrafos devidamente indentados, numeração de páginas no canto superior direito, figuras com o padrão correto de título e fonte, espaçamento adequado entre linhas, etc. Espera-se um padrão profissional de apresentação de relatório, então deve-se atentar para estes detalhes de modo que não se tenha penalidade na pontuação final da avaliação.

Mensagem da Equipe LIDF

A equipe do Laboratório de Inovação Didática em Física Richard Feynman espera estar contribuindo de forma positiva com o aprendizado e crescimento profissional daqueles que experimentam nossos cursos de física fundamental para as engenharias. Temos a certeza de que todo o esforço ao realizar nossas atividades trará excelentes frutos em sua vida acadêmica, profissional e pessoal. Desejamos que todos possam aprender a aprender e que nosso mundo se torne repleto de pessoas competentes, éticas e com paixão pela função que escolherem desempenhar em nossa sociedade. Tudo é fácil depois que já está feito, mas para isso, sempre vamos precisar dos corajosos que começem a fazer. Por que não você?

A.2.4 MODELO DE RELATÓRIO DA AMM



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
LABORATÓRIO DE INOVAÇÃO DIDÁTICA EM FÍSICA**

NOME DO INTEGRANTE DA EQUIPE
NOME DO INTEGRANTE DA EQUIPE

RELATÓRIO DE ATIVIDADE MÃO NA MASSA SOBRE [INSERIR O TEMA]

BELÉM
2023



1. INTRODUÇÃO

Nesta seção do relatório, o autor deve apresentar sua compreensão sobre o que está em jogo na atividade realizada.

1.1 VISÃO GERAL

Espera-se uma subseção com a visão geral da importância da atividade no contexto do aprendizado de física e quais as competências estimuladas no contexto das engenharias.

1.2 OBJETIVOS

Espera-se uma subseção com os objetivos da atividade, explicitando os objetivos de aprendizagem, o desafio proposto (obrigatório) e as questões instigantes que se deseja responder. A avaliação desta seção será de acordo com a compreensão da importância da atividade realizada e de acordo com a quantidade de questões instigantes apresentadas nos objetivos.



2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Nesta seção do relatório, o autor deve apresentar em detalhes técnicos como a atividade foi realizada.

2.1 LISTA DE MATERIAIS

Espera-se uma subseção com uma descrição breve dos materiais utilizados. A seguir, um exemplo de lista de materiais.

- Gerador de ondulações Pasco Scientific WA-9777
- Conjunto de roldanas CIDEPE
- Balança mecânica Dial O Gram
- Gancho metálico
- Peso metálico em formato de disco
- Fita métrica
- Barbante

2.2 METODOLOGIA

Espera-se uma subseção com a descrição da metodologia com o devido referencial teórico que justifique as decisões tomadas. Nesta seção, é essencial que se apresente toda a argumentação científica que justifique cada decisão tomada apresentando os conceitos físicos relevantes, as hipóteses necessárias e as equações matemáticas utilizadas. É essencial que se indique as fontes do conhecimento apresentado, utilizando-se de citações diretas e indiretas para evitar-se plágio. Recomenda-se a apresentação de diversas figuras nesta seção, porém, o relatório que não apresentar figuras não será penalizado caso a descrição textual seja suficiente para se entender o procedimento experimental.

Figura 1 - Professor Alexandre observando balança mecânica, óleo sobre tela.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção do relatório, o autor deve apresentar os dados experimentais obtidos e deve fazer a discussão sobre estes resultados tomando como base o que foi apresentado na seção anterior. **Atenção:** não se deve apresentar novos referenciais teóricos nesta seção. Esta seção é somente para a apresentação dos resultados e a discussão sobre o que estes significam

3.1 MEDIÇÕES

Espera-se uma subseção com as medições realizadas em forma de tabelas e/ou gráficos.

3.2 RESULTADOS

Espera-se uma subseção com os resultados obtidos a partir dos cálculos matemáticos utilizando as equações apresentadas na seção anterior.



3.3 DISCUSSÃO

Espera-se uma subseção com a discussão a respeito do significado físico dos resultados obtidos, comentando se estes estão de acordo com a predição da teoria ou se o que se observa experimentalmente não está de acordo com a modelagem realizada.



4. CONCLUSÃO

Nesta seção, o autor deverá apresentar todas as conclusões sobre tudo o que foi apresentado no relatório. Espera-se **uma única seção** em que se explicita se os objetivos foram alcançados ou não. É opcional apresentar sugestões para experiências futuras. **Importante: não se deve fazer citações nesta seção. A conclusão deve ser autoral baseada no desenvolvimento do trabalho.**



REFERÊNCIAS

Nesta seção, o autor deverá apresentar todas as fontes de suas citações e de figuras presentes no trabalho que não forem autorais. A apresentação das referências deverá estar de acordo com o padrão ABNT e será avaliada a qualidade das fontes consultadas. Fontes provenientes de literatura acadêmica como livros, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado, teses de doutorados, artigos de congressos, de revistas científicas receberão pontuação máxima. Deve-se evitar usar como fontes blogs, canais de youtube, apostilas e outras fontes informais cuja confiabilidade seja duvidosa. Abaixo, alguns exemplos de referências.

BEER, F. tradução técnica José Benaque Rubert, Walter Libardi. Mecânica dos materiais. – 5. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : AMGH, 2011.

BLIKSTEIN, Paulo. “Bifocal Modeling”. Proceedings of the 14th ACM International Conference on Multimodal Interaction - ICMI 12, 2012.

HIBELLER, R. C. Tradução: Joaquim Pinheiro Nunes. Revisão Técnica: Wilson Carlos da Silva. Ed. Pearson Prentice Hall, 2004.

SEARS, F.; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.; ZEMANSKY, M. W. Física 2 – Termodinâmica e Ondas. 12a ed. São Paulo: Pearson, 2008.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. Física para Cientistas e Engenheiros - Vol. 1, 6^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

A.3 O QUE ESTÁ EM JOGO



Universidade Federal do Pará (UFPA)
Instituto de Tecnologia (ITEC)
Laboratório de Inovação Didática Richard Feynman

Professor: Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues **Turma:** T02 (Manhã)

Discente: _____ **Matrícula:** _____

Período Letivo: 2023.4

Belém, 30 de novembro de 2023.

2ª Avaliação de Física Fundamental I

Questão 1 - O seu professor de Física lhe colocou a seguinte situação-problema. Considere dois blocos de massas distintas ligados por corda e por uma polia fixa. Considere que cada um desses blocos está sobre planos inclinados de inclinações distintas. Faça as previsões de (módulo) aceleração de cada bloco e de tração na corda para os seguintes casos particulares. a) um bloco de massa igual a 200 g sobre um plano inclinado em 30º e um bloco de 50 g sobre um plano inclinado em 50º, ambos com atrito desprezível. b) Mesmas informações angulares, mas o coeficiente de atrito cinético entre o bloco mais massivo e o seu plano inclinado é igual a 0,20 enquanto que para o outro bloco e seu respectivo plano é igual a 0,10. Obs: Cite as hipóteses utilizadas; rotule todos os dados e incógnitas do problema; **desenvolva a equação de forma literal até a parte final do problema** e então faça a substituição dos dados numéricos.

Questão 2 - Você está estudando o seguinte modelo de balanço girante conforme ilustrado na figura ao lado. O modelo consiste em um eixo vertical de 80 cm com um cabo de 40 cm. O cabo é preso a um braço que está a uma distância de 20 cm do eixo vertical. a) Encontre uma **expressão geral** para a tração no cabo em função da carga no cabo e em função do ângulo que o cabo faz com a horizontal durante o giro. Explique em forma de texto o comportamento da equação que você achou. b) Argumente o seguinte. Este problema lida com um tipo particular de força resultante? Quem faz este papel desta força resultante? c) Suponha que o ângulo com a vertical é igual a 40º. Qual o valor da aceleração centrípeta para esse caso? d) Suponha um valor de carga adequado (realizável) para esse modelo e calcule a tração no cabo em função da sua suposição e do dado do item anterior. e) Suponha agora que o rotor é posto para girar com uma velocidade de 2 rotações por segundo. Calcule a aceleração centrípeta para essa configuração. (Siga as mesmas observações colocadas na Questão 1)



Questão 3 - Dada a sua experiência adquirida em estudos e em resoluções de problemas de Mecânica, responda o seguinte: a) Que tipos de problema foram abordados e resolvidos até este momento do curso? (Obs: Se ficar mais fácil para você argumentar, pode colocar os conhecimentos adquiridos e as aplicações em problemas abordados até o momento.) b) Para demonstrar que você não resolve os problemas por sorte, explice, bem do início, **todo** o procedimento que você utiliza para resolver os problemas de Mecânica. **Observação:** Procure partir o mais do início que você conseguir e tente não deixar nenhuma etapa de fora, principalmente as mais fundamentais. Como parte essencial da resposta, explique em detalhes o que é um diagrama de corpo livre? Quais as precauções que devem ser tomadas para evitar equívocos? Que perguntas você costuma fazer para si mesmo para evitar equívocos? (Sugestões: Se quiser utilizar um problema da prova para ilustrar as etapas, fique a vontade. A itemização das etapas facilita a leitura e a escrita. Procure ser completo na resposta, incluindo tudo do início ao fim da resposta.)

Cada uma das questões busca relacionar os princípios teóricos da Física com sua aplicação prática, ao mesmo tempo em que promove o desenvolvimento de habilidades analíticas e de resolução de problemas.

O que está em jogo na questão 1?

Contextualizar a aplicação das leis de Newton a sistemas de corpos interligados em planos inclinados. Demonstrar a relevância de conceitos de força, aceleração e atrito na modelagem e resolução de problemas físicos. Estimular a habilidade de representar situações físicas utilizando equações e interpretá-las de forma prática.

O que está em jogo na questão 2?

Proporcionar uma compreensão prática das forças resultantes em sistemas rotativos. Relacionar o conceito de aceleração centrípeta à dinâmica de objetos em movimento circular. Desenvolver a capacidade de generalizar expressões matemáticas para aplicação em situações específicas, conectando teoria à prática experimental.

O que está em jogo na questão 3?

Refletir sobre os métodos e processos usados na solução de problemas de Mecânica, consolidando o aprendizado do ciclo estudado. Promover o domínio de ferramentas analíticas, como o diagrama de corpo livre, e incentivar a organização e clareza no raciocínio para evitar erros. Contextualizar o aprendizado como um conjunto de habilidades comuns em diferentes problemas físicos.

A.4 OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM



Universidade Federal do Pará (UFPA)
Instituto de Tecnologia (ITEC)
Laboratório de Inovação Didática Richard Feynman

Professor: Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues

Turma: T02 (Manhã)

Discente:

Matrícula:

Período Letivo: 2023.4

Belém, 30 de novembro de 2023.

2ª Avaliação de Física Fundamental I

Questão 1 - O seu professor de Física lhe colocou a seguinte situação-problema. Considere dois blocos de massas distintas ligados por corda e por uma polia fixa. Considere que cada um desses blocos está sobre planos inclinados de inclinações distintas. Faça as previsões de (módulo) aceleração de cada bloco e de tração na corda para os seguintes casos particulares. a) um bloco de massa igual a 200 g sobre um plano inclinado em 30º e um bloco de 50 g sobre um plano inclinado em 50º, ambos com atrito desprezível. b) Mesmas informações angulares, mas o coeficiente de atrito cinético entre o bloco mais massivo e o seu plano inclinado é igual a 0,20 enquanto que para o outro bloco e seu respectivo plano é igual a 0,10. Obs: Cite as hipóteses utilizadas; rotule todos os dados e incógnitas do problema; **desenvolva a equação de forma literal até a parte final do problema** e então faça a substituição dos dados numéricos.

Questão 2 - Você está estudando o seguinte modelo de balanço girante conforme ilustrado na figura ao lado. O modelo consiste em um eixo vertical de 80 cm com um cabo de 40 cm. O cabo é preso a um braço que está a uma distância de 20 cm do eixo vertical. a) Encontre uma **expressão geral** para a tração no cabo em função da carga no cabo e em função do ângulo que o cabo faz com a horizontal durante o giro. Explique em forma de texto o comportamento da equação que você achou. b) Argumente o seguinte. Este problema lida com um tipo particular de força resultante? Quem faz este papel desta força resultante? c) Suponha que o ângulo com a vertical é igual a 40º. Qual o valor da aceleração centrípeta para esse caso? d) Suponha um valor de carga adequado (realizável) para esse modelo e calcule a tração no cabo em função da sua suposição e do dado do item anterior. e) Suponha agora que o rotor é posto para girar com uma velocidade de 2 rotações por segundo. Calcule a aceleração centrípeta para essa configuração. (Siga as mesmas observações colocadas na Questão 1)



Questão 3 - Dada a sua experiência adquirida em estudos e em resoluções de problemas de Mecânica, responda o seguinte: a) Que tipos de problema foram abordados e resolvidos até este momento do curso? (Obs: Se ficar mais fácil para você argumentar, pode colocar os conhecimentos adquiridos e as aplicações em problemas abordados até o momento.) b) Para demonstrar que você não resolve os problemas por sorte, explique, bem do início, **todo** o procedimento que você utiliza para resolver os problemas de Mecânica. **Observação:** Procure partir o mais do início que você conseguir e tente não deixar nenhuma etapa de fora, principalmente as mais fundamentais. Como parte essencial da resposta, explique em detalhes o que é um diagrama de corpo livre? Quais as precauções que devem ser tomadas para evitar equívocos? Que perguntas você costuma fazer para si mesmo para evitar equívocos? (Sugestões: Se quiser utilizar um problema da prova para ilustrar as etapas, fique a vontade. A itemização das etapas facilita a leitura e a escrita. Procure ser completo na resposta, incluindo tudo do início ao fim da resposta.)

Objetivos de verificação de aprendizagem - Prova P2				
#	Verbos no infinitivo - Bloom / Dimensão do Conhecimento (Factual; Procedimental; Conceitual; Metacognitivo)	Objetos de conhecimento	Modificadores do verbo	Forma que se espera observar
1º	Construir /Procedimental (3o. Nível - Aplicar representação de forças sobre o objeto em estudo) 1a. e 2a. Questões	DCL	de modo	a orientar a apresentação das forças atuantes sobre o objeto de estudo de forma correta em quantidade (apenas forças reais sem ficar nenhuma de fora) e em orientação espacial (direção e sentido)
2º	Escolher /Procedimental (3o. Nível - Aplicar escolha de sist. coordenadas) 1a. Questão	sistema de coordenadas	com vistas	a permitir a decomposição de forças que simplifique a resolução do problema.
3º	Aplicar /Conceitual, Procedimental (3o. Nível - Aplicar conceito de roldana ideal) 1a. Questão	fenomenologia de roldana ideal	em problemas com mediação de forças via corda	com vistas a apresentar simplificação adequada ao problema tratado.
4a.	Aplicar /Conceitual, Procedimental (3o. Nível - Aplicar conceito e expressões analíticas das forças) 1a. Questão	fenomenologia de forças de contato (normal e tangencial e força de tração via corda)	em situações planos inclinados	de forma a resolver adequadamente o problema.
5a.	Aplicar /Conceitual, Procedimental (3o. Nível - Aplicar conceito e expressões analíticas das forças) 2a. Questão	2a. Lei de Newton	em problemas de Mov. circular	de forma a determinar Força Resultante e velocidade linear, utilizando também relações entre grandezas lineares e angulares.
6º	Discriminar /Factual e Procedimental (4o. Nível - Analisar a pertinência de cada uma das hipóteses) 1a. e 2a. Questões	as hipóteses	contidas na resolução na resolução de problemas, enumerando-as e utilizando-as para representar vetores quando conveniente aplicando-as	de forma adequada a permitir as simplificações cabíveis para a solução do problema.
7º	Comparar /Procedimental (4a. Nível - Analisar e justificar as diferenças nas expressões e nos valores dos resultados para cada item) 1a. Questão - item d.	soluções	para casos particulares, analiticamente e numericamente	de forma a explicar o porquê das diferenças em cada caso.

8º	Avaliar /(Procedimental) (4a. Nível - Analisar e justificar casos numéricos hipotéticos, casos limites, caso de equilíbrio mecânico e casos fora do equilíbrio mecânico) 2a. Questão, item c.	soluções	com base em casos numéricos hipotéticos, casos limites, caso de equilíbrio mecânico e casos fora do equilíbrio mecânico.	de forma a extrair toda a informação possível de uma solução analítica literal.
9º	Descrever, explicar, dar /(Conceitual e Factual) 2o. Nível - Compreender, descrever e dar exemplos sobre tipos de problemas e aplicações sobre Mecânica. 3a. Questão item a.	exemplos sobre os tipos de problemas e de aplicações da Mecânica	por via de aplicação das Leis de Newton trabalhados no curso de Física I	com vistas a clarificar as aplicações abordadas no curso em problemas da engenharia e da vida real.
10a	Nominar /(Procedimental, Factual e Conceitual) 1o. Nível - Conhecer e Listar dados e incógnitas com base em simbologia adequada 2o. Nível - Compreender e dar significado às representações dos dados e incógnitas de forma adequada, passando de uma representação textual (implícita ou explícita) para uma representação algébrica e/ou gráfica. 2. Nível - Conhecer e descrever dados e incógnitas com base em texto adequado para expressar com clareza o que eles são 1a. e 2a. Questões	os dados e incógnitas dos problemas	de forma a mudar e a explicitar a representação (informação textual)	para uma forma algébrica de modo que permita prosseguir com a solução analítica do problema.
11a	Sintetizar /(Procedimental) 5. Nível - Avaliar procedimento de resolução de forma sistêmica e crítica 3a. Questão - item b.	os procedimentos de resolução de problemas de Mecânica	refletindo sobre os motivos e o passo a passo de cada proceder	com vistas a obter domínio cognitivo de ordem superior (capacidade de análise de casos particulares; checagem de solução e de procedimento; metacognição)

A.5 LISTA CONCEITUAL



Universidade Federal do Pará (UFPA)
Instituto de Tecnologia (ITEC)
Laboratório de Inovação Didática Richard Feynman



Lista Conceitual de Introdução à Dinâmica

Questão 1 - Sobre o que tratam os problemas da Mecânica?

Questão 2 - Em poucas palavras, do que trata a Dinâmica como subárea dentro da Mecânica (área da Física)?

Questão 3 - Explicite, separadamente, sobre o que trata cada uma das três leis de Newton (observação: comece a partir de uma linguagem simples)

Questão 4 - Porque ao falarmos na 1^a Lei de Newton temos que falar implícita ou explicitamente em sistema de referência? O que isso significa?

Questão 5 - O que é um referencial inercial? Você poderia dar algum exemplo prático?

Questão 6 - O que é um referencial não-inercial?

Questão 7 - Qual a importância da 1a. Lei de Newton? A 1a. Lei é um mero caso particular da 2a. Lei de Newton?

Questão 8 - O que é um estado de equilíbrio pelo ponto de vista da Mecânica (área da Física)

Questão 9 - Força é realmente uma grandeza vetorial? Com base em que você afirmaria que sim? (observação: parta de uma linguagem simples, até chegar ao ponto de estruturar a sua resposta de maneira mais precisa, matematicamente falando).

Questão 10 - O que é a Força resultante? Como obtê-la matematicamente falando? Como obtê-la fisicamente falando?

Questão 11 - Que tipos de problemas serão tratados no curso de Física I?

A.6 TESTE DE LEITURA

25/01/2025, 20:54
Teste de Leitura -TL vetores

Teste de Leitura -TL vetores

Depois de ler o material instrucional disponibilizado responda o teste de leitura.

benicio.fisica@gmail.com [Mudar de conta](#)

* Indica uma pergunta obrigatória

E-mail *

Seu e-mail

1) Cite duas características que distinguem grandezas vetoriais de
grandezas escalares? 1 ponto

Sua resposta

2) O que significa saber trabalhar com vetores? 1 ponto

Sua resposta

3) Cite duas regras operacionais que todo e qualquer vetor deve obedecer? 1 ponto
Se possível, resuma em poucas palavras o que essas regras definem.

Sua resposta

Enviar
[Limpar formulário](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Does this form look suspicious? [Relatório](#)

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc7OioxhtyQk5ib7Q-QaQuonwgHyUzFAnzEV0g8RQbcCXurcw/viewform> 1/3

A.7 RECURSO DE RESOLUÇÃO DIALOGADA DE LISTA



Universidade Federal do Pará (UFPA)
 Instituto de Tecnologia (ITEC)
 Laboratório de Inovação Didática Richard Feynman

Lista Conceitual 04 - (Potencial Elétrico)

Questão 01. Como definir fisicamente e matematicamente a função diferença de energia potencial eletrostática?

RESPOSTA:

A partir da definição de trabalho realizado pela força eletrostática para deslocar uma carga de teste (desde "muito, muito longe, matematicamente, $x_i \rightarrow \infty$). Mais especificamente, $\Delta U = - \int_{x_i}^{x_f} \vec{F} \cdot d\vec{x}$

Sendo essa força eletrostática, a qual é uma força conservativa. Por ser uma força conservativa, é possível definir de maneira bem determinada (consistente matematicamente) a quantidade de trabalho realizada pela força eletrostática sobre a carga teste para trazê-la de uma região distante até uma determinada posição na presença de uma carga q . Em acordo com o teorema trabalho-energia, temos então que

$$\Delta U = U(x_f) - U(x_i) = - \int_{x_i}^{x_f} \vec{F} \cdot d\vec{x} = -W_{x_i \rightarrow x_f} = -\Delta K = - (K_f - K_i)$$

Logo:

$$U(x_f) - U(x_i) = - (K_f - K_i)$$

Ou seja,

Mas, o que isso quer dizer? Isso significa que estudando a quantidade de trabalho realizado pela força eletrostática em um sistema físico composto por duas cargas elétricas (e livre da presença de qualquer força não-conservativa), obtemos o conhecido resultado da conservação da energia mecânica. Ou seja, em um sistema composto por duas cargas, sendo uma carga elétrica sendo deslocada na presença de outra carga (e livre de forças não-conservativas), a soma da energia potencial (de natureza elétrica) com a energia cinética se mantém constante.

(OBS.: Essa conservação se mantém verdadeira para um sistema contendo um número arbitrário de cargas, desde que considerando que haja a atuação apenas de forças conservativas no sistema em estudo. Se for considerado a presença de outras forças conservativas em questão, deve ser levado em conta a presença das respectivas energias potenciais associadas a tais forças conservativas).

Questão 02. Por que o conceito de potencial elétrico é importante?

RESPOSTA:

Por vários motivos.

Primeiramente, uma vez que a diferença de potencial elétrico é definido em termos da função diferença de energia potencial, temos que o conceito de potencial elétrico pode ser visto como a porta de entrada para o conceito operacional de energia no contexto da eletrostática.

O potencial elétrico nos dá uma descrição escalar para a distribuição de cargas elétricas, sejam essas de natureza discreta ou contínua.

O conceito de potencial elétrico nos permite referenciar (calcular) a quantidade de energia potencial eletrostática relativa a uma configuração de um sistema de partículas carregadas.

Questão 03. Que cuidados você precisa tomar com o conceito de potencial elétrico?

RESPOSTA:

Toda vez que se fala em potencial elétrico, existe uma convenção "escondida".

Vejamos,

$$\Delta V = V(x) - V(x_0)$$

sendo $V(x_0) = 0$.

É necessário destacar qual é o ponto em que se estabelece o valor nulo para o potencial. Para isso, é necessário destacar qual é o referencial que está sendo tomado para o cálculo de referencial.

Questão 04. Por que o conceito de potencial elétrico é necessário, ao invés de se trabalhar apenas com energia potencial elétrica?

RESPOSTA:

Provavelmente por conta do conceito de campo elétrico. Sendo o campo elétrico definido Força/carga, é interessante ter também o conceito de Energia/carga (potencial elétrico).

Questão 05. Expresse as relações entre os conceitos potencial elétrico e campo elétrico.

RESPOSTA:

Para obter o potencial em função do campo,

$$\Delta V = V(x) - V(x_0) = - \int_{x_0}^x \vec{F} \cdot d\vec{x}$$

Para obter o campo em função do potencial,

$$\vec{E} = - \operatorname{grad} V = - \left(\hat{i} \frac{\partial V}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial V}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial V}{\partial z} \right)$$

Em 1D, temos:

$$\vec{E} = - \frac{V}{\partial x} \hat{i}$$

Ou seja, para obter o potencial, integramos o campo elétrico no espaço.

Tendo o potencial, calcula-se a derivada parcial do mesmo para obter o campo.

(OBS.: Não esquecer o sinal negativo em cada uma das expressões.)

Questão 06. Por que o sinal negativo é necessário na definição de potencial? Como justificar matematicamente e fisicamente esse sinal?

RESPOSTA:

Sendo o conceito de potencial decorrente do conceito de energia potencial, vamos construir a justificativa em cima do conceito de energia potencial.

Conforme vimos, o conceito de energia potencial é definido em função do trabalho realizado por uma força conservativa. Utilizando a definição da função diferença de potencial e o teorema trabalho-energia, obtemos o seguinte resultado:

$$\Delta U = - \Delta K.$$

Ou seja, a variação da energia potencial é numericamente igual à variação da energia cinética, com o sinal trocado. Isso quer dizer que quando a variação da energia potencial é positiva, a variação da energia cinética é negativa, e vice-versa. Desta forma, obtém-se que a soma da energia potencial com a energia cinética é constante:

$$U(x_f) + K_f = U(x_i) + K_i.$$

A soma é uma constante (não nula), justamente pelo fato da variação da energia potencial ter o sinal invertido em relação à variação da energia cinética.

Questão 07. NÃO TEM.

RESPOSTA:

A.8 AVALIAÇÃO ESCRITA INDIVIDUAL



Universidade Federal do Pará (UFPA)
 Instituto de Tecnologia (ITEC)
 Laboratório de Inovação Didática Richard Feynman

Professor: Dr. Alexandre Guimarães Rodrigues

Turma: T02 (Manhã)

Discente:

Matrícula:

Período Letivo: 2023.4

Belém, 30 de novembro de 2023.

2ª Avaliação de Física Fundamental I

Questão 1 - O seu professor de Física lhe colocou a seguinte situação-problema. Considere dois blocos de massas distintas ligados por corda e por uma polia fixa. Considere que cada um desses blocos está sobre planos inclinados de inclinações distintas. Faça as previsões de (módulo) aceleração de cada bloco e de tração na corda para os seguintes casos particulares. a) um bloco de massa igual a 200 g sobre um plano inclinado em 30º e um bloco de 50 g sobre um plano inclinado em 50º, ambos com atrito desprezível. b) Mesmas informações angulares, mas o coeficiente de atrito cinético entre o bloco mais massivo e o seu plano inclinado é igual a 0,20 enquanto que para o outro bloco e seu respectivo plano é igual a 0,10. Obs: Cite as hipóteses utilizadas; rotule todos os dados e incógnitas do problema; **desenvolva a equação de forma literal até a parte final do problema** e então faça a substituição dos dados numéricos.

Questão 2 - Você está estudando o seguinte modelo de balanço girante conforme ilustrado na figura ao lado. O modelo consiste em um eixo vertical de 80 cm com um cabo de 40 cm. O cabo é preso a um braço que está a uma distância de 20 cm do eixo vertical. a) Encontre uma **expressão geral** para a tração no cabo em função da carga no cabo e em função do ângulo que o cabo faz com a horizontal durante o giro. Explique em forma de texto o comportamento da equação que você achou. b) Argumente o seguinte. Este problema lida com um tipo particular de força resultante? Quem faz este papel desta força resultante? c) Suponha que o ângulo com a vertical é igual a 40º. Qual o valor da aceleração centrípeta para esse caso? d) Suponha um valor de carga adequado (realizável) para esse modelo e calcule a tração no cabo em função da sua suposição e do dado do item anterior. e) Suponha agora que o rotor é posto para girar com uma velocidade de 2 rotações por segundo. Calcule a aceleração centrípeta para essa configuração. (Siga as mesmas observações colocadas na Questão 1)



Questão 3 - Dada a sua experiência adquirida em estudos e em resoluções de problemas de Mecânica, responda o seguinte: a) Que tipos de problema foram abordados e resolvidos até este momento do curso? (Obs: Se ficar mais fácil para você argumentar, pode colocar os conhecimentos adquiridos e as aplicações em problemas abordados até o momento.) b) Para demonstrar que você não resolve os problemas por sorte, explique, bem do início, **todo** o procedimento que você utiliza para resolver os problemas de Mecânica. **Observação:** Procure partir o mais do início que você conseguir e tente não deixar nenhuma etapa de fora, principalmente as mais fundamentais. Como parte essencial da resposta, explique em detalhes o que é um diagrama de corpo livre? Quais as precauções que devem ser tomadas para evitar equívocos? Que perguntas você costuma fazer para si mesmo para evitar equívocos? (Sugestões: Se quiser utilizar um problema da prova para ilustrar as etapas, fique a vontade. A itemização das etapas facilita a leitura e a escrita. Procure ser completo na resposta, incluindo tudo do início ao fim da resposta.)

A.9 ORIENTAÇÕES PARA EXECUÇÃO DO PORTFÓLIO

Laboratório de Inovação Didática em Física



Apresenta

Orientações para a Elaboração do Portfólio

Belém
2024

Sumário

- 1 Definições**
- 2 A aposta**
- 3 O que é fundamental?**
- 4 Vantagens**
- 5 Algumas dicas**
- 6 Alguns recursos**
- 7 O modelo**
- 8 Acompanhamento**
- 9 Síntese**
- 10 Critérios de valoração**

1 Definições

- Portfólio (v. lat. *portáre* “portar, trazer, transportar” + *folium* “folha”).
- Dossiê ou documento individual de habilitações ou de experiências.
- Conjunto ou coleção daquilo que está ou pode ser guardado num porta-fólio.



1 Definições

- O portfólio LIDF pode ter qualquer tipo de pergunta (conceitual, filosófica, operacional, informal) e de qualquer ordem (conceitos, problemas, questões, temas).
- Nem toda pergunta será respondida “de bate-pronto”.
- Nem toda pergunta é de resposta fechada, única, do tipo certo ou errado.



2 A apostar



Vale a pena ser sistemático, organizado e “gastar” tempo para produzir para si um conhecimento que seja de fato pertinente e significativo?

3 O que é fundamental?

Que se mantenha o **compromisso** e o **engajamento** em continuar estudando para responder as perguntas da forma mais **completa** e **profunda** possível.



3 O que é fundamental?

Mas quando uma questão é verdadeiramente interessante e/ou importante para mim? E o que significa ter compromisso com a questão levantada?



4 Vantagens

- Inúmeras vantagens em relação à avaliação tradicional (prova): tempo, inúmeras fontes de consulta, oportunidade para melhorar e aprofundar continuamente sua resposta (aprofundamento e amadurecimento).
- Neste instrumento é você quem atribui significado e quem decide o que é importante, interessante, estimulante.
- Um questionamento consistente pode levá-lo a outras questões mais profundas relacionadas entre si.
- É você o responsável por demonstrar **todo** o seu conhecimento e escolher como e porque fazê-lo.

4 Vantagens

Um portfólio de qualidade implica em organização, foco, reflexão, dedicação e maturidade. Esses valores podem trazer bons resultados para sua vida acadêmica.



5 Algumas dicas

- Estar atento a pequenos detalhes das aulas.
- Ser organizado (no mínimo, anotar para si as perguntas).
- Pedir orientação.
- Compartilhar as questões com os colegas.
- Ter em mente que o processo leva tempo (tempo de aprendizagem, tempo de pesquisa, tempo de maturação).
- Lembrar que as respostas não tem padrão definido (nem tampouco as perguntas).
- Priorizar o passo a passo. Quanto mais contínuo e sistemático, melhor.

5 Algumas dicas

Em hipótese alguma deixe para construir o portfólio no final do curso!



6 Alguns recursos

- Qual a importância disso? O que significa? O que está relacionado a que?
- Por que eu acho essa questão importante? O que eu vou precisar aprender para me aprofundar?
- Como meus conhecimentos se relacionam com esse tema? Quais os desdobramentos desse tema para a minha formação, carreira, profissão?
- Repensar
- Aprofundar
- Buscar novos significados e novas relações.

7 Acompanhamento

- Entrega é ao término de cada módulo do curso.
- No compasso das aulas, serão utilizadas técnicas de construção coletiva, tanto para as perguntas quanto para as respostas.
- Orientação e acompanhamento a cada final de aula ou de duas em duas aulas no máximo!



8 Modelo

Modelo de Portfólio para a disciplina Física Fundamental III

Escreva sua questão:

Grau de interesse	Elevado	Mediano	Baixo
Grau de entendimento prévio	Elevado	Mediano	Baixo
Grau de entendimento posterior	Elevado	Mediano	Baixo

Responda sua questão:

Justifique sua escolha:

Fonte(s) utilizada(s) na construção da resposta:

Modelo de Portfólio: Rodrigues (2016)

9 Síntese

1. Uma questão produzida por um aluno pode ser significativa também para outros alunos (os portfólios são individuais, mas eles podem trocar informações a respeito ≠ copiar do **outro**);
2. Nem toda pergunta é respondida de ‘bate-pronto’ na sala de aula;
3. Nem toda pergunta é de resposta fechada (única, do tipo certo ou errado). Em geral as respostas não possuem padrão definido, nem tampouco as perguntas;
4. Vocês, alunos devem estar atentos aos pequenos detalhes da aula;
5. Devem ser organizados (no mínimo anotar a pergunta para si mesmo, para posteriormente decidir sobre a pertinência da questão para pertencer ao portfólio);
6. Não devem se furtar a pedir orientação para a equipe LIDF;
7. Devem ter em mente que o processo de elaboração tanto das perguntas quanto das respostas levam tempo (tempo de aprendizagem; tempo de pesquisa; tempo de maturação);
8. Para atingir os objetivos previstos vocês devem priorizar o “passo-a-passo”;
9. Quanto mais contínuo e sistemático, melhor;
10. **Não deixem a construção do portfólio para o final do curso!**

10 Critérios de Valoração

1. Fidelidade às instruções fornecidas. (campos todos preenchidos)
2. Correção conceitual.
3. Aprofundamento e avanço em relação ao que foi produzido em sala.
4. Qualidade da escrita.
5. Qualidade da justificativa apresentada.
6. Valor máximo: **até 1,0 pt** em cada avaliação

maaaaaaaaaassss

É fácil perceber diferença entre



Vista de Mini Mundo em
Gramado-RS:<https://minimundo.com.br/>



Autor desconhecido.

Bônus: Mensagem final

A equipe LIDF deseja que todos possam trabalhar com capricho, não apenas no portfólio, mas em tudo na vida. Tenham a certeza de que estamos fazendo o nosso melhor enquanto não podemos fazer melhor ainda e esperamos sempre o melhor de vocês. Tudo é fácil depois que já está feito, mas alguém precisa fazer primeiro. Por que não você?

Obrigado pela atenção!