

GUSTAVO SARAIVA DE AQUINO LIMA

**PRÁTICAS DE APRENDIZAGEM ATIVA NO
ENSINO DE ENGENHARIA: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA DE LITERATURA E UM SURVEY
COM PROFESSORES**

São Paulo
2024

GUSTAVO SARAIVA DE AQUINO LIMA

**PRÁTICAS DE APRENDIZAGEM ATIVA NO
ENSINO DE ENGENHARIA: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA DE LITERATURA E UM SURVEY
COM PROFESSORES**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para ob-
tenção do Diploma de Engenheiro de
Produção.

São Paulo
2024

GUSTAVO SARAIVA DE AQUINO LIMA

**PRÁTICAS DE APRENDIZAGEM ATIVA NO
ENSINO DE ENGENHARIA: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA DE LITERATURA E UM SURVEY
COM PROFESSORES**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para ob-
tenção do Diploma de Engenheiro de
Produção.

Orientador:

Prof. Dr. Marco Aurélio de Mes-
quita

São Paulo
2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Lima, Gustavo

PRÁTICAS DE APRENDIZAGEM ATIVA NO ENSINO DE ENGENHARIA:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA E UM SURVEY COM
PROFESSORES / G. Lima -- São Paulo, 2024.
95 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Ensino de Engenharia 2.Aprendizagem Ativa 3.Revisão Sistemática
de Literatura 4.Survey I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Produção II.t.

À minha família e aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

A minha família, principalmente aos meus pais, Ana Gabriela e Jorge Luiz. Obrigado por todo apoio e incentivo, que vem desde os meus primeiros anos de vida. Lembro bem do quão difícil e cansativo foi fazer o meu primeiro “vestibular” aos 10 anos. Vocês sempre estiveram lá e sempre reforçaram que o melhor investimento que podem fazer é em mim. Vocês são a minha inspiração. Muito obrigado.

A minha irmã, Cecília, que eu tenho muita sorte de poder acompanhar a jornada, e que sempre acompanhou a minha, em todos os passos, e em breve será engenheira civil pela USP.

A minha namorada Beatriz, que esteve do meu lado, sendo meu porto seguro. Seu apoio incondicional e seu incentivo foram fundamentais para que eu me sentisse capaz de concluir essa etapa.

Aos meus amigos de Salvador em São Paulo, que tornaram a jornada mais leve e fizeram com que eu me sentisse em casa mesmo estando a 2000km de onde viemos.

Aos meus amigos de Salvador em Salvador, que me fizeram lembrar das minhas raízes sempre que voltava para lá durante as férias.

Aos meus amigos de São Paulo, os da sala e os veteranos, que me acolheram desde o primeiro momento.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marco Aurélio de Mesquita, por ter me orientado nessa jornada, pela paciência, empatia, dedicação, parceria e por ter me transmitido todo o conhecimento necessário para construir este trabalho. Por mais docentes como você.

“O segredo de ir em frente é começar.”

– **Mark Twain**

RESUMO

Este trabalho visa mapear as práticas de aprendizagem ativa no ensino de engenharia por meio de uma revisão sistemática de literatura e um survey com professores da Escola Politécnica da USP. A revisão sistemática analisou 51 artigos da base de dados do Scopus e Web of Science, publicados entre 2014 e 2023, que foram posteriormente categorizados por metodologias. Os resultados revelam que as práticas de aprendizagem ativa contribuem para o engajamento e desenvolvimento de conhecimento e habilidade dos alunos. O survey, realizado entre 10 e 30 de setembro, obteve 102 respostas de um total de 445 professores, resultando em uma taxa de resposta de 22,9%. O levantamento explorou o nível de conhecimento e utilização dessas práticas de aprendizagem ativa, bem como as percepções dos docentes sobre essas metodologias e sugestões de melhoria para o ensino-aprendizagem na instituição. Os resultados indicam que, apesar de reconhecerem o valor das práticas de aprendizagem ativa, os docentes enfrentam dificuldades para aplicá-las, como falta de experiência, falta de apoio institucional e problemas relacionados a turmas grandes. Como limitação da revisão sistemática, destaca-se a presença de apenas um revisor. Como lacuna, sugere-se a realização de estudos longitudinais. Quanto ao survey, a limitação foi a abrangência restrita a uma única instituição. Como desdobramento, sugere-se a replicação da pesquisa, incluindo a participação de alunos. Além disso, ambos os levantamentos devem ser refeitos periodicamente, a fim de atualizar o estado da arte e as práticas adotadas.

Palavras-chave: ensino de engenharia, aprendizagem ativa, revisão sistemática de literatura, survey

ABSTRACT

This study aims to map active learning practices in engineering education through a systematic literature review and a survey conducted with professors from the Polytechnic School of USP. The systematic review analyzed 51 articles from the Scopus and Web of Science databases, published between 2014 and 2023, which were subsequently categorized by methodologies. The findings reveal that active learning practices contribute to student engagement and the development of knowledge and skills. The survey, conducted between September 10 and 30, received 102 responses from a total of 445 professors, resulting in a response rate of 22.9%. The survey explored the level of knowledge and use of these active learning practices, as well as teachers' perceptions of these methodologies and suggestions for improving teaching and learning at the institution. The results indicate that, although teachers recognize the value of active learning practices, they face challenges in applying them, such as lack of experience, lack of institutional support, and issues related to large class sizes. As a limitation of the systematic review, the reliance on a single reviewer is highlighted. As a gap, it is suggested to conduct longitudinal studies. Regarding the survey, its limitation was the scope restricted to a single institution. As a future direction, it is suggested to replicate the research, including student participation. Furthermore, both studies should be periodically updated to reflect the state of the art and the practices adopted.

Keywords: engineering education, active learning, systematic literature review, survey.

LISTA DE FIGURAS

1	Distribuição dos artigos por ano	38
2	Mapa de densidade das palavras-chave	40
3	Mapa de rede das palavras-chave	40
4	Mapa de rede coautoria	42
5	Contribuições por país	43
6	Quantidade de respostas por dia	64
7	Nível de conhecimento sobre métodos de ensino-aprendizagem ativa	66
8	Nível de utilização de métodos de ensino-aprendizagem ativa	67
9	Experiência pessoal com métodos de ensino-aprendizagem ativa	68
10	Eficiência no desenvolvimento de conhecimentos pelos estudantes	69
11	Eficiência no desenvolvimento de habilidades pelos estudantes	70
12	Eficiência no desenvolvimento de atitudes pelos estudantes	71
13	Dificuldades de adoção de práticas ativas na Escola Politécnica	73
14	Há quanto tempo você leciona em cursos de engenharia?	75
15	Qual é a sua titulação?	76
16	Qual é a sua área de atuação na engenharia?	76

LISTA DE TABELAS

1	Distribuição dos artigos por periódico	39
2	Universidades com mais contribuições	44
3	Perguntas do questionário do survey	63
4	Artigos excluídos na etapa 3.3	86
5	Artigos selecionados na etapa 3.3	91

LISTA DE ABREVIATURAS

CBL *Challenge-based Learning*

MEC *Ministério da Educação*

PBL *Problem-based Learning*

PjBL *Project-based Learning*

RSL *Revisão Sistemática de Literatura*

TBL *Team-based Learning*

UNESCO *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*

USP *Universidade de São Paulo*

WoS *Web of Science*

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas

1	Introdução	17
1.1	Contexto	17
1.2	Problema	19
1.3	Objetivos	20
1.4	Relevância	20
1.5	Estrutura	21
2	Revisão da Literatura	22
2.1	Educação em engenharia	22
2.2	Aprendizagem Ativa	23
2.3	Principais práticas de aprendizagem ativa	24
2.3.1	Problem-based Learning	24
2.3.2	Project-Based Learning	24
2.3.3	Team-Based Learning	25
2.3.4	Challenge-Based Learning	25
2.3.5	Flipped Classroom	26
2.3.6	Peer Review	26
2.3.7	Virtual Labs	27
2.3.8	Gamificação	27
2.3.9	Estudos de Caso	28
2.3.10	Dinâmicas de Grupo	28
2.3.11	Atividades e práticas laboratoriais	29

2.3.12	Dramatização e simulação (role-playing)	29
3	Método de Pesquisa - Revisão Sistemática de Literatura	30
3.1	Revisão Sistemática de Literatura	30
3.2	Pesquisa de Literatura	31
3.2.1	String	32
3.2.2	Refinamento dos resultados com restrições adicionais	33
3.3	Filtragem para inclusão	33
3.4	Avaliação de Qualidade	34
3.5	Extração de Dados	35
3.6	Análise e Síntese dos Dados	36
4	Análise Descritiva da Literatura	37
4.1	Publicações por ano	37
4.2	Contribuições por periódico	38
4.3	Distribuição de palavras-chave	39
4.4	Distribuição de autores	41
4.5	Contribuições por país	43
4.6	Contribuições por instituição	43
5	Análise de Conteúdo dos Artigos	45
5.1	Project-based Learning	45
5.2	Problem-based Learning	48
5.3	Team-based Learning	49
5.4	Challenge-based Learning	49
5.5	Flipped Classroom	50
5.6	Peer Review	52
5.7	Virtual Labs	52

5.8	Gamificação	54
5.9	Tecnologias Alternativas	55
5.10	Práticas ativas e a pandemia do COVID-19	56
5.11	Temas gerais sobre práticas de aprendizagem ativa	57
6	Método de Pesquisa - Survey com professores	61
7	Análise dos Resultados e Discussão do Survey	65
7.1	Nível de Conhecimento	65
7.2	Nível de Utilização	66
7.3	Experiência Pessoal	67
7.4	Eficiência para o desenvolvimento de conhecimentos	68
7.5	Eficiência para o desenvolvimento de habilidades	69
7.6	Eficiência para o desenvolvimento de atitudes	70
7.7	Dificuldades de Aplicação	71
7.8	Sugestões de Melhoria	73
7.9	Perfil dos Respondentes	75
7.10	Comentários e sugestões sobre a pesquisa	77
8	Conclusão	78
	Referências	80
	Apêndice A – Artigos da RSL	84

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, será apresentado o trabalho de formatura (TF) que foi desenvolvido durante o ano de 2024, fazendo uma breve contextualização do tema, seguida pela apresentação do problema, dos objetivos, da relevância e da estrutura do trabalho.

1.1 Contexto

A educação em engenharia no Brasil tem enfrentado um cenário desafiador. O mercado exige mais do que conhecimento técnico, e habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe se tornaram essenciais (CRAWLEY et al., 2014). Nesse cenário, práticas de aprendizagem ativa se destacam por envolverem os alunos de forma mais direta, conectando teoria e prática (PRINCE, 2004). Apesar disso, aplicar esses métodos não é simples. Fatores como infraestrutura insuficiente e a resistência de alguns professores e instituições tornam o processo ainda mais complexo (FELDER; BRENT, 2016). Por isso, é fundamental investigar a aplicação dessas práticas e seu impacto na formação dos futuros engenheiros, alinhando a educação às necessidades da sociedade atual.

Historicamente, um bom professor era visto como alguém com grande reconhecimento no mercado, muitas vezes conquistado por sua trajetória profissional fora da universidade. Esse reconhecimento trazia uma aura de autoridade e prestígio para dentro da sala de aula. Hoje, no entanto, não basta ter conhecimento técnico; os professores também precisam dominar habilidades pedagógicas que facilitem a aprendizagem conectada à realidade dos alunos (FELDER; BRENT, 2016). Por isso, é importante investir na formação continuada dos professores, promovendo a integração de novos métodos que atendam às demandas da educação em engenharia contemporânea.

Em resposta aos desafios identificados acima, o Ministério da Educação do Brasil (MEC) tem se movido em direção a um modelo de formação que prioriza o desenvolvimento de competências práticas, essenciais para enfrentar as complexidades do mundo

moderno (Ministério da Educação, 2018). A abordagem de aprendizagem baseada em competências é focada no desenvolvimento de habilidades práticas nos alunos, preparando-os, não apenas academicamente, mas também para enfrentar os desafios do mercado e da vida cotidiana. Esse modelo, ao contrário do modelo tradicional, valoriza a capacidade do aluno de aplicar conhecimentos em situações práticas (FRANK; SNELL; SHERBINO, 2015).

A movimentação em direção ao ensino orientado ao desenvolvimento de competências já é incentivada e regulamentada pelos órgãos governamentais. Na Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019: (Ministério da Educação, 2019), o MEC aborda as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, e no Art. 4º (“O curso de graduação em Engenharia deve proporcionar aos seus egressos, ao longo da formação, as seguintes competências gerais:”) cita as competências esperadas dos egressos. Posteriormente, a Resolução nº 1, de 26 de março de 2021: (Ministério da Educação, 2021), alterou o Art. 9º da resolução supracitada para: “Todo curso de graduação em Engenharia deve conter, em seu Projeto Pedagógico de Curso, os conteúdos básicos, profissionais e específicos, que estejam diretamente relacionados com as competências que se propõe a desenvolver. A forma de se trabalhar esses conteúdos deve ser proposta e justificada no próprio Projeto Pedagógico do Curso.”.

O modelo CHA (conhecimento, habilidades, atitudes) reflete essa abordagem e tem sido incorporado em algumas instituições, sendo alinhado com as diretrizes do MEC para o ensino superior (Ministério da Educação, 2018). O MEC reforça que a formação em engenharia precisa ir além da teoria, valorizando também o desenvolvimento de habilidades práticas e atitudes profissionais. Na Universidade de São Paulo (USP), algumas disciplinas de cursos de engenharia têm adotado projetos interdisciplinares e atividades práticas que ajudam os alunos a aplicar o que aprendem na sala de aula. Além de consolidar o conhecimento teórico, essas iniciativas incentivam o trabalho em equipe, a ética profissional e outras competências essenciais, preparando os estudantes para lidar com os desafios reais do mercado de trabalho. A própria Escola Politécnica da USP, já passou a adotar em alguns dos seus Programas de Disciplina a descrição do que o estudante deve ser capaz de realizar ao concluir a disciplina, além de elencar as competências que são desenvolvidas através dela.

A Aprendizagem Ativa tem se mostrado um forte aliado a esse objetivo ao permitir que o aluno se torne um colaborador ou empreendedor competitivo na vida profissional (PRINCE, 2004). No entanto, para aplicá-la, muitas vezes é necessário realizar investimentos em infraestrutura e capacitação docente, o que pode ser uma restrição para

algumas organizações, ou ainda ir contra as mentalidades de alunos e professores que não acreditam em modelos diferentes dos tradicionais, baseados em aulas expositivas e provas.

Neste contexto, torna-se fundamental investigar e compreender o impacto dessas práticas na formação de engenheiros, a fim de apoiar sua adoção e aprimoramento em instituições como a Escola Politécnica.

1.2 Problema

A implementação de práticas de aprendizagem ativa no ensino de engenharia no Brasil enfrenta diversos desafios, sendo um deles a escassez de literatura sobre o tema. Em comparação com regiões mais desenvolvidas, como Europa e América do Norte, onde a pesquisa em ensino de engenharia é mais extensa e integrada às práticas pedagógicas (BORREGO; FOSTER; FROST, 2014), o Brasil ainda carece de estudos que forneçam uma base sólida para a adoção desses métodos. Essa lacuna dificulta a adaptação de abordagens inovadoras, especialmente aquelas baseadas em evidências empíricas, às necessidades e peculiaridades do contexto brasileiro.

A ausência de referências acadêmicas locais dificulta tanto o trabalho de educadores, que precisam de orientações claras para aplicar práticas de ensino mais eficazes, quanto o de pesquisadores, que enfrentam desafios para acessar dados consistentes sobre os efeitos dessas abordagens no Brasil. Por isso, é essencial explorar o que já foi feito nessa área e identificar as lacunas que ainda existem (FELDER; BRENT, 2016).

Outro ponto crítico é a falta de um levantamento sistemático sobre as percepções e experiências dos educadores em relação às práticas de aprendizagem ativa. A adoção desses métodos depende, não apenas de evidências acadêmicas, mas também do quanto os professores se sentem preparados e abertos a utilizá-las. No entanto, pouco se sabe sobre como essas práticas são realmente aplicadas no dia a dia das instituições brasileiras, especialmente nos cursos de engenharia.

Portanto, além da escassez de estudos na literatura acadêmica, há também uma lacuna no entendimento empírico da experiência dos educadores com esses métodos, o que reforça a necessidade de um levantamento sistemático sobre o uso e a percepção dessas práticas no ambiente de ensino. Assim, esta monografia é orientada pelas seguintes questões de pesquisa:

QP1: Qual é o estado da arte sobre aprendizagem ativa na engenharia?

QP2: Qual é a visão dos professores sobre as práticas de aprendizagem ativa no ensino de engenharia?

1.3 Objetivos

Um dos objetivos deste trabalho é mapear o estado da arte sobre práticas de aprendizagem ativa no ensino de engenharia. Esta revisão visa identificar as abordagens e estratégias que têm sido aplicadas em diferentes contextos educacionais e geográficos, bem como entender qual o objetivo buscado e o método aplicado pelos pesquisadores e as conclusões de cada um dos trabalhos.

O segundo objetivo deste estudo é levantar a opinião dos professores sobre as práticas de aprendizagem ativa na Escola Politécnica da USP. Através de um survey, busca-se avaliar o nível de conhecimento e utilização desses métodos no ensino de engenharia, bem como levantar a opinião dos professores sobre sua eficácia, aplicabilidade e os desafios enfrentados na sua implementação. Esse levantamento pretende não apenas mapear o estado atual das práticas de aprendizagem ativa na Escola Politécnica, mas também fornecer subsídios para futuras iniciativas de melhoria no ensino.

Assim, com este estudo, espera-se contribuir para a melhoria da formação em engenharia, tornando-a mais qualificada e alinhada às demandas do mercado.

1.4 Relevância

A engenharia é fundamental para o desenvolvimento e o progresso da sociedade, pois impulsiona a inovação tecnológica e ajuda a resolver problemas complexos (BORREGO, 2007). Para que continue a desempenhar esse papel essencial, é importante que a formação dos engenheiros seja de alta qualidade, abrangendo não apenas conhecimentos técnicos, mas também habilidades práticas.

Uma revisão sistemática de literatura (RSL) sobre práticas de aprendizagem ativa no ensino da engenharia permite mapear o estado da arte e identificar as lacunas na literatura existente. Revisões sistemáticas de trabalhos anteriores contribuem para o avanço do campo, facilitando o acesso à literatura tanto para pesquisadores quanto para professores, e permitindo uma análise mais crítica dos esforços passados, além de identificar lacunas e propor novas direções para a pesquisa.

A escassez de trabalhos de revisão de literatura sobre práticas de aprendizagem ativa e

a falta de dados sobre sua implementação no ensino de engenharia tornam difícil o avanço dessa formação prática. Neste contexto, o levantamento das percepções dos professores por meio do survey contribui diretamente para suprir essa lacuna, trazendo uma visão atualizada sobre o uso e a aceitação desses métodos na prática acadêmica. Ao fornecer dados concretos sobre a adoção e a eficácia das práticas de aprendizagem ativa, este estudo pode apoiar as tomadas de decisão acadêmicas e governamentais, visando uma educação de engenharia mais alinhada com as exigências do mercado e com a preparação de engenheiros qualificados para os desafios do futuro.

Além disso, o autor está inserido no contexto do ensino da engenharia, fazendo parte do corpo docente da USP, uma das melhores universidades do mundo e referência na área da engenharia. Nesse sentido, o autor tem a preocupação e a curiosidade quanto a adoção de práticas de ensino centradas no aluno, e busca entender qual é a percepção dos professores de sua universidade com relação ao tema.

1.5 Estrutura

O Trabalho de Formatura foi dividido em 8 capítulos. Primeiro tem-se a Introdução, já apresentada. Ela contém o contexto, problema, objetivos, relevância e estrutura. No Capítulo 2, é apresentada a revisão da literatura relevante. No Capítulo 3, é apresentada a metodologia adotada para a RSL. O Capítulo 4 apresenta o estado atual da literatura, discutindo os resultados da análise descritiva dos artigos revisados, e o Capítulo 5 traz a análise de conteúdo dos artigos. No capítulo 6, o método de pesquisa do survey é apresentado e, no capítulo 7, são apresentados os resultados e discussão. Por fim, o Capítulo 8 finaliza o trabalho com uma síntese, delineando as principais descobertas e suas implicações práticas, as limitações do estudo e considerações finais do autor, além de sugerir direções para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção será apresentada a literatura necessária para a compreensão do restante do trabalho.

2.1 Educação em engenharia

A engenharia é uma profissão que, ao longo dos séculos, passou de uma atividade prática para uma disciplina estruturada e científica, sendo hoje uma área essencial para o desenvolvimento tecnológico e econômico. Seu papel fundamental está em resolver problemas complexos que impactam diretamente a sociedade, o que reforça a importância de uma formação alinhada às demandas práticas do mercado (BORREGO, 2007).

A educação tem como objetivo preparar profissionais para atuar no mercado de trabalho e contribuir para o desenvolvimento da sociedade. No contexto moderno, busca-se cada vez mais incluir métodos que desenvolvam habilidades práticas e competências além do conhecimento teórico, atendendo às exigências de um mundo em constante transformação.

A educação em engenharia evoluiu para incluir não apenas a teoria, mas também a aplicação prática e o desenvolvimento de competências, acompanhando a demanda por profissionais mais bem preparados para resolver problemas reais. Essa mudança reflete a importância de formar engenheiros que dominem tanto o conhecimento técnico quanto habilidades como pensamento crítico e trabalho em equipe, essenciais no mercado atual (BORREGO; FOSTER; FROST, 2014).

Essa disciplina enfrenta desafios para integrar práticas rigorosas de revisão sistemática que aprimorem a pesquisa na área e alinhem-se com as demandas contemporâneas de competência tecnológica (POWER, 2021). Esse tipo de revisão permite uma síntese clara e relevante do corpo crescente de estudos, destacando o valor de práticas de open science, como dados abertos e relatórios transparentes, para uma pesquisa mais eficaz e impactante. Assim, a revisão sistemática emerge como um recurso vital para consolidar

o campo, que, embora em expansão, ainda carece de consenso e integração (BORREGO, 2007).

De maneira similar, HÖLTTA-OTTO et al. (2022) enfatiza a importância de avaliar o pensamento crítico e de adotar metodologias que melhorem estratégias educacionais a partir de revisões sistemáticas, fortalecendo as bases da educação em engenharia e tornando-a mais acessível para adaptação e replicação. BORREGO; FOSTER; FROST, (2014) apontam que as revisões sistemáticas promovem desenvolvimento conceitual e metodológico na educação em engenharia, consolidando o campo e oferecendo um direcionamento claro para novas pesquisas.

O interesse por práticas como aprendizado experiencial, gamificação e métodos baseados em desafios reflete a relevância de uma educação que prepara engenheiros para contextos reais e dinâmicos. PRINCE (2004) destaca que o aprendizado experiencial, enriquecido com teoria, pode ser essencial para preparar os estudantes para desafios complexos e variáveis. Em um cenário que exige cada vez mais habilidades práticas e inovação, a aplicação desses métodos no ensino de engenharia oferece uma abordagem que vai ao encontro das necessidades atuais do mercado e da sociedade.

2.2 Aprendizagem Ativa

A literatura recente explora o impacto dos métodos de aprendizagem ativa em comparação com o ensino expositivo tradicional, demonstrando uma adoção crescente de práticas que colocam o aluno no centro do processo de aprendizagem e que têm mostrado melhorar o desempenho acadêmico (FREEMAN et al., 2014). A aprendizagem ativa é definida como uma abordagem em que os estudantes participam ativamente por meio de atividades e discussões, promovendo o pensamento crítico e o trabalho colaborativo (BONWELL; EISON, 1991).

No entanto, há desafios para sua implementação, pois muitos professores ainda hesitam em adotar a aprendizagem ativa devido à falta de estrutura, restrições de tempo e receio da resposta dos alunos. Esses desafios são particularmente presentes em cursos de engenharia, que tradicionalmente priorizam uma abordagem centrada no professor (NETO; AMARAL, 2024). A falta de consenso sobre definições e métodos de avaliação de aprendizagem ativa dificulta a comparação de estudos e a aplicação prática, pois diferentes estratégias de ativação exigem variações nos métodos.

A introdução de novos métodos requer uma base sólida de evidências sobre a eficácia

da aprendizagem ativa, sendo essa abordagem recomendada por organizações como a UNESCO para promover maior engajamento no ensino. Pesquisas-ação oferecem um caminho para que educadores de engenharia testem e aprimorem esses métodos de forma iterativa, permitindo uma melhor compreensão de suas limitações e benefícios específicos (PRINCE, 2004). Ainda assim, a diversidade de definições e a carência de métricas de avaliação confiáveis indicam que mais estudos são necessários para validar essas práticas de maneira uniforme (GOSEN; WASHBUSH, 2004).

2.3 Principais práticas de aprendizagem ativa

Nesta seção serão abordadas as principais práticas de aprendizagem ativa, que servirão como base para compreender os artigos revisados e o survey.

2.3.1 Problem-based Learning

Problem-based Learning (PBL) é uma abordagem pedagógica ativa que se originou nas décadas de 1960 e 1970 e é amplamente utilizada no ensino de engenharia. O PBL incentiva os alunos a resolver problemas reais e complexos de forma colaborativa, em vez de simplesmente absorver informações passivamente (SUKACKÉ et al. 2022). No contexto da educação em engenharia, essa metodologia é relevante para o desenvolvimento de habilidades técnicas e transversais necessárias para enfrentar os desafios do mundo atual, como a sustentabilidade e a rápida evolução tecnológica.

De acordo com SUKACKÉ et al. (2022), o PBL baseia-se em algumas características essenciais: (i) os problemas são “abertos”, reais e não estruturados, o que motiva os alunos a buscar soluções; (ii) a resolução desses problemas serve como veículo para a aquisição de conhecimento e o desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico; (iii) a aprendizagem é colaborativa, onde os estudantes trabalham em equipes, e o professor atua como facilitador, auxiliando na orientação do processo de aprendizado, ao invés de transmitir conhecimento diretamente; (iv) o processo de aprendizagem é reflexivo, promovendo a construção contínua de conhecimento e a autoavaliação dos estudantes.

2.3.2 Project-Based Learning

O *Project-Based Learning* (PjBL) é uma metodologia de ensino ativa centrada no aluno, que se caracteriza pela realização de projetos que envolvem a solução de problemas

práticos e reais, geralmente em um contexto interdisciplinar. Nessa abordagem, os estudantes trabalham em equipes, aplicando conhecimentos teóricos e técnicos para resolver desafios complexos, o que estimula o desenvolvimento de habilidades essenciais, como a colaboração, a comunicação, o pensamento crítico e a resolução de problemas (SUKACKÉ et al. 2022).

No PjBL, os projetos são estruturados de modo que os alunos assumem a responsabilidade pelo aprendizado, enquanto os professores atuam como facilitadores e mentores. O processo de ensino se concentra na produção de um resultado concreto, que pode ser um produto, um relatório ou uma apresentação, sendo que o projeto é guiado por uma questão inicial ou um desafio que os estudantes devem resolver (SUKACKÉ et al. 2022). Essa abordagem se diferencia do PBL, pois, enquanto o PBL é mais voltado para a aquisição de conhecimento por meio da resolução de problemas, o PjBL está mais focado na aplicação de conhecimento para a criação de algo tangível.

2.3.3 Team-Based Learning

O *Team-based Learning* (TBL) é uma metodologia pedagógica ativa que se destaca por promover o aprendizado colaborativo em pequenos grupos dentro de turmas maiores. Originalmente desenvolvido para o ensino em escolas de negócios, o TBL tem sido amplamente adotado em diversas áreas, incluindo a educação médica e a engenharia, com o objetivo de aumentar o engajamento dos alunos e melhorar a retenção de conhecimento. Nessa abordagem, que pode ser combinada com outros métodos, os estudantes são organizados em equipes fixas de 5 a 7 membros, cuidadosamente formadas para garantir uma diversidade de habilidades e perspectivas, o que facilita a troca de conhecimento e a colaboração contínua entre os participantes (MICHAELSEN et al., 2004)

2.3.4 Challenge-Based Learning

O *Challenge-based Learning* (CBL) é um método ativo de ensino que envolve os alunos em desafios reais e complexos, visando soluções inovadoras e sustentáveis. Essa abordagem surgiu em 2008 com o projeto “Apple Classrooms of Tomorrow-Today” e, desde então, tem sido amplamente utilizada em diferentes níveis de ensino, incluindo a educação superior, especialmente em áreas como engenharia. No CBL, os estudantes trabalham em equipes para identificar, analisar e resolver problemas que são pertinentes ao contexto social, econômico e ambiental, buscando soluções que sejam tecnicamente viáveis e sustentáveis (SUKACKÉ et al. 2022).

Uma das principais características do CBL é seu foco na interdisciplinaridade e na colaboração entre diferentes stakeholders, incluindo professores, alunos e profissionais da indústria ou da comunidade. Ao contrário de outros métodos, como o PBL ou o PjBLL, o CBL enfatiza a criação de soluções que consideram múltiplas perspectivas e que tenham impacto direto em desafios do mundo real, como problemas sociais ou ambientais (SUKACKÉ et al. 2022).

2.3.5 Flipped Classroom

Flipped Classroom, ou sala de aula invertida, representa uma abordagem pedagógica que inverte a dinâmica tradicional de ensino, transferindo o conteúdo teórico para o momento de estudo individual dos alunos e reservando o tempo de aula para atividades interativas e aplicação prática do conteúdo. Nessa metodologia, os alunos têm acesso ao material didático previamente, geralmente na forma de leituras ou vídeos gravados, e, durante a aula presencial, o tempo é utilizado para debates, resolução de problemas e atividades colaborativas que incentivam a participação ativa (LUCKE; DUNN; CHRISTIE, 2017).

O principal objetivo dessa abordagem é maximizar o tempo em sala de aula para promover interações mais ricas entre estudantes e professores, permitindo que o professor atue mais como facilitador do que como transmissor de conteúdo. Assim, o foco da aula passa a ser a resolução de dúvidas, a aplicação prática dos conceitos estudados e o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, trabalho em equipe e comunicação. Esse modelo tem sido amplamente utilizado em cursos de engenharia, pois permite que os alunos obtenham os fundamentos teóricos em casa e utilizem o tempo em sala para trabalhar em problemas mais complexos e relacionados à prática profissional (LAPITAN; TIU; FLORES, 2023).

2.3.6 Peer Review

Peer review ou revisão/avaliação por pares é um processo no qual estudantes avaliam e fornecem feedback sobre o trabalho de seus colegas. Essa prática é fundamental em ambientes acadêmicos, pois permite que os alunos reflitam criticamente sobre o conteúdo, melhorem suas habilidades de análise e desenvolvam um entendimento mais profundo do assunto (FOGG-ROGERS; HIGHAM; LINTOTT, 2017). O peer review também incentiva a responsabilidade, pois os alunos devem justificar suas opiniões e sugestões de melhorias.

Essa prática envolve a colaboração entre estudantes para apoiar o aprendizado mútuo por meio de trabalhos em grupo e discussões. Essa abordagem não apenas melhora a compreensão e a retenção de informações, mas também busca desenvolver habilidades interpessoais importantes, como comunicação e trabalho em equipe, essenciais nas áreas de STEM (FOGG-ROGERS; HIGHAM; LINTOTT, 2017).

2.3.7 Virtual Labs

Virtual labs são ambientes simulados que replicam a experiência de laboratório físico por meio de recursos digitais, permitindo que estudantes conduzam experimentos sem a necessidade de equipamentos físicos ou presença no local. Esses laboratórios virtuais têm sido amplamente utilizados em educação, especialmente em cursos de engenharia, devido às suas diversas vantagens, como a redução de custos operacionais, a flexibilidade de acesso e a segurança em comparação aos laboratórios físicos (MENÉNDEZ; MORALES-MORGADO; MARTÍNEZ, 2019).

Ao contrário dos laboratórios físicos, onde os estudantes manipulam diretamente o equipamento, os laboratórios virtuais permitem que os alunos realizem simulações de experimentos e visualizem fenômenos que, muitas vezes, não são observáveis em ambientes reais, como campos magnéticos ou variações microscópicas. Isso oferece aos estudantes a oportunidade de repetir experimentos diversas vezes e entender melhor os conceitos, já que as variáveis podem ser controladas de forma precisa e os resultados são apresentados instantaneamente (HERAS; PEREZ; LOPEZ, 2021).

2.3.8 Gamificação

A gamificação, como método ativo de aprendizagem, é uma estratégia pedagógica que utiliza elementos de jogos em contextos educacionais para engajar e motivar os estudantes a participarem de atividades de aprendizado. A aplicação de gamificação no ensino tem como objetivo transformar o processo de aprendizagem em uma experiência mais interativa e envolvente, promovendo a participação ativa dos alunos e facilitando a assimilação de conteúdos complexos por meio de atividades lúdicas e desafiadoras (FLOR; GARCÍA; PÉREZ, 2020).

No contexto da educação em engenharia, a gamificação tem sido utilizada com crescente frequência, uma vez que ajuda a superar desafios comuns no ensino de disciplinas mais técnicas e complexas. Por meio da aplicação de atividades como jogos sérios e es-

cape rooms, os alunos são expostos a situações de resolução de problemas em cenários práticos de forma lúdica, o que contribui para o desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais, como o pensamento crítico, a cooperação em equipe e a capacidade de resolução de problemas sob pressão (GARCÍA; DELGADO; TORREZ, 2020).

2.3.9 Estudos de Caso

Estudos de caso são uma metodologia pedagógica ativa amplamente utilizada no ensino superior para conectar o conhecimento teórico à prática real. Essa abordagem oferece aos alunos a oportunidade de analisar situações concretas e complexas, desenvolvendo habilidades de resolução de problemas e tomada de decisão em um ambiente seguro e controlado (YIN, 2018).

Segundo Yin (2018), os estudos de caso envolvem a apresentação de um cenário detalhado, baseado em situações reais ou simuladas, no qual os alunos devem investigar e propor soluções ou decisões fundamentadas. Além disso, essa metodologia é valorizada por seu potencial de desenvolver habilidades de comunicação e colaboração, já que as atividades geralmente envolvem discussões em grupo e apresentações das soluções propostas. O papel do professor nessa metodologia é o de facilitador, promovendo o engajamento dos estudantes e ajudando-os a refletir criticamente sobre as decisões tomadas e os resultados esperados (MERRIAM, 2009).

2.3.10 Dinâmicas de Grupo

Dinâmicas de grupo são uma metodologia ativa utilizada amplamente em contextos educacionais e organizacionais para desenvolver habilidades interpessoais, como comunicação, trabalho em equipe e resolução de conflitos. Elas envolvem a realização de atividades coletivas que promovem a interação entre os participantes, facilitando a aprendizagem experiencial (JOHNSON; JOHNSON, 2017). No ambiente educacional, dinâmicas de grupo são particularmente eficazes para engajar os alunos e estimular o desenvolvimento de competências essenciais para o mercado de trabalho, como liderança e capacidade de trabalho em equipe (FORSYTH, 2018).

De acordo com JOHNSON; JOHNSON, (2017), as dinâmicas de grupo baseiam-se em princípios da psicologia social e podem assumir diferentes formas, desde atividades de quebra-gelo até exercícios mais estruturados que simulam situações do mundo real.

2.3.11 Atividades e práticas laboratoriais

Atividades e práticas laboratoriais oferecem aos alunos a oportunidade de aplicar conhecimentos teóricos em experimentos práticos, desenvolvendo habilidades técnicas e reforçando a compreensão dos conceitos estudados. Além de promover o aprendizado por meio da experiência direta, as atividades laboratoriais incentivam a resolução de problemas, o trabalho em equipe e o pensamento crítico (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004).

Segundo HOFSTEIN; LUNETTA (2004), as práticas laboratoriais melhoram a compreensão científica dos alunos, proporcionando um ambiente onde eles podem explorar fenômenos naturais e realizar investigações de maneira prática.

O papel do professor em atividades laboratoriais é facilitar o aprendizado, oferecendo suporte e orientação para que os alunos conduzam os experimentos com autonomia e segurança. A reflexão e a análise dos resultados são etapas importantes para consolidar o aprendizado, permitindo que os alunos discutam as implicações de seus experimentos e relacionem os achados com os conceitos teóricos (HOFSTEIN, 2017).

2.3.12 Dramatização e simulação (role-playing)

Dramatização e simulação são práticas de aprendizagem ativa que permitem aos alunos vivenciarem situações reais ou fictícias em um ambiente controlado, facilitando a compreensão de conceitos complexos por meio da experiência prática. Esses métodos são amplamente utilizados na educação para promover o engajamento, o pensamento crítico e a tomada de decisão, essenciais para o desenvolvimento profissional (BLATNER, 2002).

A dramatização envolve a encenação de papéis, onde os alunos simulam personagens em contextos específicos, como negociações, entrevistas ou situações de conflito. Esse método incentiva a empatia e o desenvolvimento de habilidades de comunicação, permitindo que os alunos compreendam diferentes perspectivas. Por outro lado, a simulação recria ambientes ou processos reais, como laboratórios virtuais ou cenários de engenharia, oferecendo aos alunos a oportunidade de aplicar conhecimentos teóricos em condições próximas à realidade (GABA, 2007).

3 MÉTODO DE PESQUISA - REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Nesse capítulo será apresentado o método utilizado para a RSL.

3.1 Revisão Sistemática de Literatura

A RSL é um método detalhado e reproduzível para sintetizar pesquisas bibliográficas, em que se adota um procedimento transparente para buscar, avaliar e compilar literatura relevante sobre um tema específico (XIAO; WATSON, 2019). Este método se distingue das revisões convencionais pelo seu caráter sistemático e sua capacidade de reprodução, destacando-se por:

1. Definição rigorosa do método: isso envolve critérios bem definidos para a pesquisa bibliográfica, seleção de estudos, avaliação da qualidade, extração de dados e métodos de síntese.
2. Transparência e capacidade de reprodução: o processo é desenhado para permitir que outros pesquisadores possam replicar o estudo com precisão, o que reforça a validade dos resultados ao minimizar os vieses de seleção e análise.
3. Adoção de protocolos padronizados: a revisão sistemática segue protocolos estruturados para identificar, escolher e avaliar criticamente as pesquisas pertinentes a uma questão de investigação definida, garantindo assim que a síntese das evidências seja completa e isenta de parcialidades.
4. Análise crítica da literatura: diferentemente de uma revisão narrativa, que pode refletir interpretações ou opiniões pessoais do autor, uma revisão sistemática busca oferecer uma análise objetiva e abrangente do estado atual dos estudos sobre o tema.
5. Enfoque em questões de pesquisa bem definidas: as revisões sistemáticas focalizam-se em questões de pesquisa específicas, possibilitando uma exploração mais concen-

trada e meticulosa.

Esta abordagem é amplamente reconhecida em várias áreas do conhecimento, notadamente na medicina e nas ciências da saúde, e vem conquistando espaço em áreas como a educação e a engenharia pela sua eficácia em produzir uma compilação de evidências rigorosas e fundamentadas na literatura existente. Segundo XIAO; WATSON (2019), os passos que devem ser seguidos para a realização de uma revisão sistemática são:

1. Formulação da questão de pesquisa: já citada na introdução do trabalho.
2. Desenvolver e validar o protocolo de revisão: descrever o propósito do estudo e perguntas de pesquisa (ambos já citados na introdução), critérios de inclusão, estratégias de busca, critérios de avaliação da qualidade e procedimentos de triagem, estratégias para extração de dados.
3. Pesquisa de literatura: realiza-se uma busca abrangente em bases de artigos científicos utilizando palavras-chave relacionadas ao tópico em questão.
4. Filtro para inclusão: realiza-se uma triagem dos estudos para determinar quais são adequados e devem ser incluídos para análise detalhada.
5. Avaliação da qualidade: os estudos selecionados passam por uma rigorosa avaliação de qualidade, para garantir que apenas as fontes mais confiáveis e pertinentes sejam utilizadas.
6. Extração de dados: dados relevantes são extraídos dos estudos selecionados, preparando-os para a análise.
7. Análise e síntese dos dados: os dados extraídos são analisados e sintetizados para formar conclusões fundamentadas que respondam às questões de pesquisa estabelecidas.

3.2 Pesquisa de Literatura

O primeiro passo para realizar uma RSL consiste em localizar materiais bibliográficos relevantes para a análise. A qualidade da revisão está intrinsecamente ligada à qualidade dos materiais coletados; por isso, a RSL depende de um processo metódico para a busca de literatura (XIAO; WATSON, 2019).

Bases de dados eletrônicas são geralmente o ponto inicial para buscas, pois representam a principal fonte de coleções de literatura publicada (PETTICREW; ROBERTS, 2008). Assim, optou-se por iniciar a busca através de bases de dados eletrônicas, escolhendo inicialmente o Scopus devido à sua abrangência como a maior base de resumos e citações de literatura revisada por pares (SCHOTTEN et al., 2017). Além dele, a Web of Science (WoS) serviu como fonte secundária, para cruzar os resultados com os obtidos na Scopus e cobrir um número maior de artigos (THOMÉ; SCAVARDA; SCAVARDA, 2016).

3.2.1 String

O processo de definição das *strings* ocorreu em duas fases. Inicialmente, optou-se por termos diretamente relacionados ao tema de ensino da engenharia. Com o desenvolvimento do trabalho e a escolha de focar nas práticas de aprendizagem ativa, foi necessário refinar a pesquisa para limitar os resultados de busca.

Devido à relevância dos operadores “AND” e “OR” nas *strings* de busca, diversas plataformas de pesquisa, incluindo o Scopus, suportam o uso desses operadores booleanos (XIAO; WATSON, 2019). As *strings* de busca são geralmente estruturadas utilizando “AND” para conectar os termos principais e “OR” para incluir sinônimos, ampliando o escopo da pesquisa (BRERETON et al., 2007).

A *string* utilizada no Scopus foi: TITLE-ABS-KEY (“engineering education”AND (“active learning”)) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , “ar”)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , “English”)).

No WoS, utilizou-se a ferramenta de pesquisa avançada, e buscou-se por “engineering education”AND “active learning”na categoria *Topic*, que envolve título, abstract e palavras-chave, semelhante à pesquisa feita no Scopus.

Além disso, é válido documentar a data de cada busca realizada para permitir que futuros pesquisadores possam rastrear e replicar a pesquisa. Essa prática garante a identificação de novos artigos que possam ter sido publicados após a pesquisa inicial (OKOLI; SCHABRAM, 2010). A pesquisa foi feita no dia 13/08/2024.

A busca inicial na base de dados do Scopus identificou 424 artigos, enquanto a busca do WoS identificou 184. Os resultados obtidos em cada base foram exportados para planilhas distintas para depois de aplicados alguns filtros, serem comparados para a identificação e eliminação de duplicatas.

3.2.2 Refinamento dos resultados com restrições adicionais

Frequentemente, utiliza-se um intervalo de datas de publicação para restringir a busca a períodos específicos. Estudos mais recentes tendem a ser mais pertinentes ao contexto atual, oferecendo, assim, percepções mais valiosas. Para o presente trabalho, foram selecionados apenas artigos publicados nos últimos 10 anos.

A seleção do idioma de publicação é uma escolha comum para refinar a seleção de artigos nas fases iniciais, pois os revisores estão limitados aos idiomas que conseguem compreender (XIAO; WATSON, 2019). Assim, o idioma dos artigos foi uma restrição adicional imposta durante o processo de busca, limitando-se aos artigos em inglês.

Uma restrição adicional incluída pelo autor da presente dissertação foi a filtragem de artigos com cinco ou mais citações por ano, o que permitiu selecionar os trabalhos mais relevantes, independente do ano de publicação dele.

Essa restrição reduziu o número de artigos do Scopus de 424 para 69 e do WoS de 184 para 13.

3.3 Filtragem para inclusão

Após a compilação da lista de artigos na etapa anterior, é necessário avaliar cada um para determinar se devem ser incluídos para extração e análise de dados. Uma maneira eficiente é seguir um procedimento de duas etapas: inicialmente, os artigos são avaliados para inclusão com base na análise dos resumos, seguida por uma avaliação de qualidade mais detalhada a partir da revisão do texto completo (XIAO; WATSON, 2019).

O foco da triagem inicial é eliminar da revisão sistemática os artigos cujo conteúdo não se aplicasse às questões de pesquisa ou cujo tema não era pertinente, sem necessidade de analisar os textos completos (XIAO; WATSON, 2019). Neste passo, deve-se adotar uma postura inclusiva, ou seja, em caso de dúvida, os artigos devem ser mantidos e encaminhados para as etapas subsequentes para uma avaliação mais aprofundada (OKOLI; SCHABRAM, 2010).

Como parâmetro, somente artigos focados em temas de práticas de aprendizagem ativa no ensino de engenharia foram selecionados. O método utilizado nos estudos também foi um critério decisivo, excluindo-se artigos de revisão de literatura por não contribuírem diretamente para os objetivos de pesquisa desta monografia. Vale ressaltar que a verificação desses critérios pode ser realizada de maneira simples através da análise das

palavras-chave e dos resumos, eliminando a necessidade de examinar os textos completos.

Além disso, é importante fazer o cruzamento entre os resultados das duas bases de dados, buscando eliminar duplicatas, isto é, artigos que constam em ambas. Como até aqui o Scopus apresentou mais resultados quando comparado ao WoS, o caminho mais prático foi procurar quais dos 13 artigos da planilha do WoS não constavam na do Scopus. Após o cruzamento das bases foi possível identificar que todos os artigos do WoS constavam no Scopus. Sendo assim, pôde-se prosseguir analisando somente os artigos da base de dados do Scopus.

Quanto ao processo de triagem geral, é comumente recomendado que ao menos dois avaliadores atuem de forma independente para analisar os estudos que atendam aos critérios pré-definidos de inclusão e exclusão na revisão (GOMERSALL et al., 2015; BRERETON et al., 2007; TEMPLINER; PARÉ, 2015). Para o presente trabalho, o único avaliador dos estudos foi o autor da dissertação.

A decisão de inclusão é tomada a partir da avaliação dos resumos dos artigos. Se o resumo não oferecer dados suficientes para a análise, recomenda-se a leitura da seção de conclusões (BRERETON et al., 2007). O processo de avaliação deve ser abrangente, assim, em situações de incerteza, opta-se por incluir o artigo em questão.

Além disso, a lista de artigos que foram excluídos nesta fase deve ser mantida. Esse registro não apenas promove a transparência, mas também fortalece a confiabilidade entre os pesquisadores, permitindo que outros possam replicar e validar os procedimentos adotados pelo autor da revisão sistemática (OKOLI; SCHABRAM, 2010; FINK, 2005). A Tabela 4 mostra os 18 artigos que foram excluídos nesta etapa e a Tabela 5 os 51 artigos que foram selecionados para análise.

3.4 Avaliação de Qualidade

Após o processo de triagem inicial com base nos resumos, é necessário que os pesquisadores adquiram os textos completos dos artigos selecionados para a fase de avaliação de qualidade. Este processo constitui a fase final de preparação do conjunto de dados para extração e análise (XIAO; WATSON, 2019), sendo um meio para compreender cada estudo antes de prosseguir para as etapas de comparação e integração dos resultados (LUDVIGSEN et al., 2016).

A necessidade de avaliação da qualidade varia conforme o tipo de revisão realizada (Xiao e Watson, 2019). De acordo com OKOLI; SCHABRAM (2010), essa etapa não

deve necessariamente servir para a exclusão de artigos, mas como um recurso para que os revisores identifiquem e reconheçam as variações na qualidade dos estudos. O objetivo é incluir uma variedade ampla de estudos para capturar uma visão abrangente do estado atual da literatura, contando com artigos de diferentes níveis de qualidade. Este passo é essencial para confirmar a relevância dos artigos selecionados na fase de triagem e para notar as diferenças entre eles, o que pode ajudar o autor a pensar nas próximas etapas. A consideração mais importante para esta etapa é que os critérios sejam razoáveis e defensáveis.

3.5 Extração de Dados

A categoria da revisão da literatura científica influencia diretamente os métodos utilizados para a extração de dados. Ela determina o método de síntese e, consequentemente, afeta como os dados são extraídos (XIAO; WATSON, 2019). Nesta monografia, a revisão sistemática realizada é classificada como descritiva, com o objetivo de explorar e mapear o panorama atual da literatura.

Como já mencionado, um total de 51 artigos foram escolhidos para análise. O processo de extração de dados iniciou-se com a coleta de informações fundamentais de cada artigo. Portanto, para cada artigo revisado, as seguintes informações foram coletadas em uma planilha do Excel, fornecendo uma visão geral dos artigos incluídos na revisão sistemática:

1. título
2. ano de publicação
3. periódico
4. palavras-chave
5. autores
6. instituição dos autores
7. país da instituição

Além disso, para permitir um mapeamento do estado atual da literatura, cada artigo foi classificado de acordo com o tipo principal de prática ativa de aprendizagem que aborda, o que permitiu dividi-los entre os seguintes grupos:

1. Project-based Learning
2. Problem-based Learning
3. Team-based Learning
4. Challenge-based Learning
5. Flipped Classroom
6. Peer Review
7. Virtual Lab
8. Gamificação
9. Tecnologias alternativas
10. Temas gerais sobre práticas de aprendizagem ativa
11. Práticas ativas durante a pandemia do COVID-19

3.6 Análise e Síntese dos Dados

Após a finalização do processo de extração de dados, estes foram organizados seguindo a categoria determinada para a revisão da literatura, frequentemente a partir da utilização de gráficos, tabelas e descrições textuais (XIAO; WATSON, 2019). Nesta análise sistemática descritiva, todos os artigos escolhidos foram detalhados e suas características, conforme mencionadas anteriormente, foram compiladas no Capítulo 4, representando o estado atual da literatura. O único critério utilizado para separar os artigos na fase de análise e síntese foi o tipo de prática ativa de aprendizagem que ele aborda. Essa divisão foi feita para delinear as investigações realizadas para cada tipo, facilitando na identificação de lacunas que possibilitam a execução de pesquisas futuras.

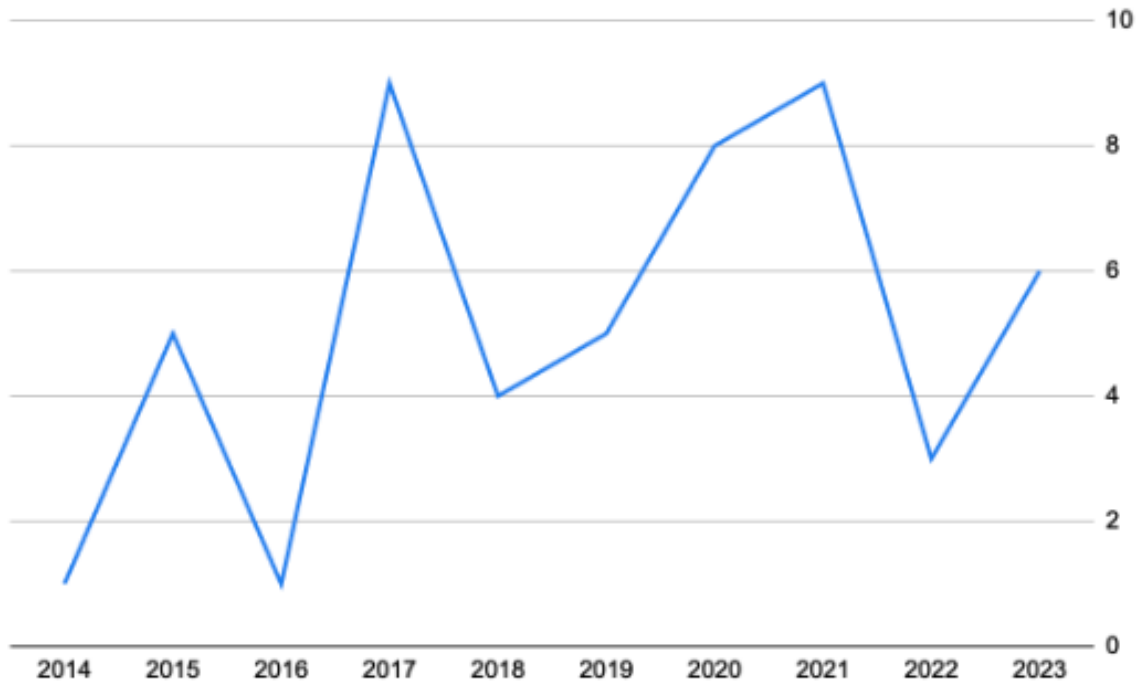
4 ANÁLISE DESCRITIVA DA LITERATURA

A análise descritiva dos artigos selecionados é utilizada em revisões sistemáticas da literatura para categorizar as principais informações, sendo a distribuição de frequência das publicações por ano, por categoria de estudo, por países, instituições e periódicos as análises mais frequentes (HANEEM et al., 2017).

4.1 Publicações por ano

A Figura 1 mostra o número de artigos revisados, classificados por ano de publicação. Vale ressaltar que a literatura revisada foi publicada entre 2014 e 2023, o que garante que as referências e as conclusões desta monografia sejam atuais e atualizadas. Como mostrado na figura, dos 51 artigos incluídos na revisão da literatura, 28 foram publicados entre os anos de 2020 e 2023, o que pode indicar um aumento do interesse acadêmico pelas práticas de aprendizagem ativa durante e depois da pandemia. Os anos com o maior número de artigos publicados foram 2017 e 2020, com 9 artigos cada.

Figura 1: Distribuição dos artigos por ano



Fonte: Elaboração própria.

4.2 Contribuições por periódico

Como já mencionado, os artigos revisados foram retirados exclusivamente de periódicos. A principal fonte foi o *European Journal of Engineering Education*, com 8 artigos revisados publicados neste periódico. Esta fonte é seguida pelos periódicos *Education for Chemical Engineers*, *IEEE Transactions on Education* e *Journal of Engineering Education*. A Tabela 1 mostra os 24 periódicos utilizados como fonte, juntamente com o número de artigos retirados de cada um.

Journal	Quantidade de artigos
European Journal of Engineering Education	8
Education for Chemical Engineers	6
IEEE Transactions on Education	5
Journal of Engineering Education	4
Education Sciences	3
IEEE Access	2
International Journal on Interactive Design and Manufacturing	2
Computers in Human Behavior	2
International Journal of Engineering Education	2
Acta Astronautica	2
International Journal of Mechanical Engineering Education	2
Computer Applications in Engineering Education	1
Computers and Education	1
International Journal of Artificial Intelligence in Education	1
Journal of Computing in Higher Education	1
Journal of Chemical Education	1
Sustainability (Switzerland)	1
Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje	1
Computers in the Schools	1
Advances in Space Research	1
Computer Standards and Interfaces	1
Technology, Knowledge and Learning	1
Production	1
Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice	1

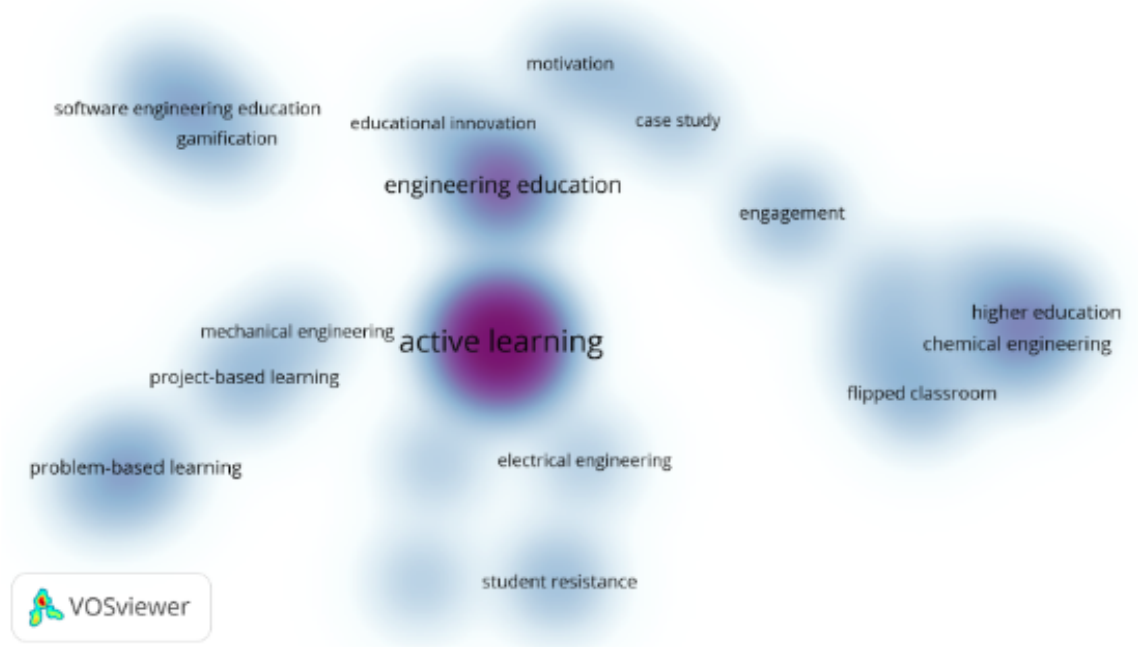
Tabela 1: Distribuição dos artigos por periódico

4.3 Distribuição de palavras-chave

A análise das palavras-chave utilizadas nos artigos revisados foi feita por meio do VOSviewer, uma ferramenta de software para construção e visualização de redes bibliométricas. O VOSviewer foi adotado para gerar um mapa de densidade de palavras-chave, mostrado na Figura 2, e um mapa de rede, mostrado na Figura 3. O número mínimo de ocorrências de uma palavra-chave para ser exibida no mapa foi considerado como dois para limitar o número de palavras-chave e permitir uma visualização adequada. O tamanho do círculo está relacionado ao número de vezes que essas palavras são citadas e as cores estão re-

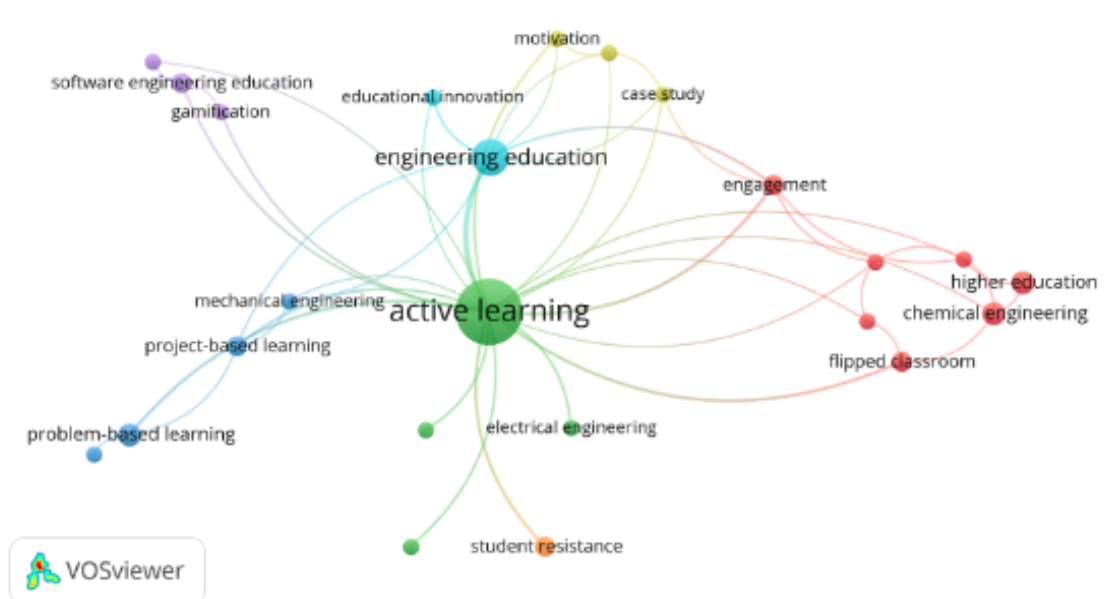
lacionadas às interconexões entre essas palavras. *Active learning* é a palavra-chave mais frequente, com 34 ocorrências.

Figura 2: Mapa de densidade das palavras-chave



Fonte: Elaboração própria.

Figura 3: Mapa de rede das palavras-chave

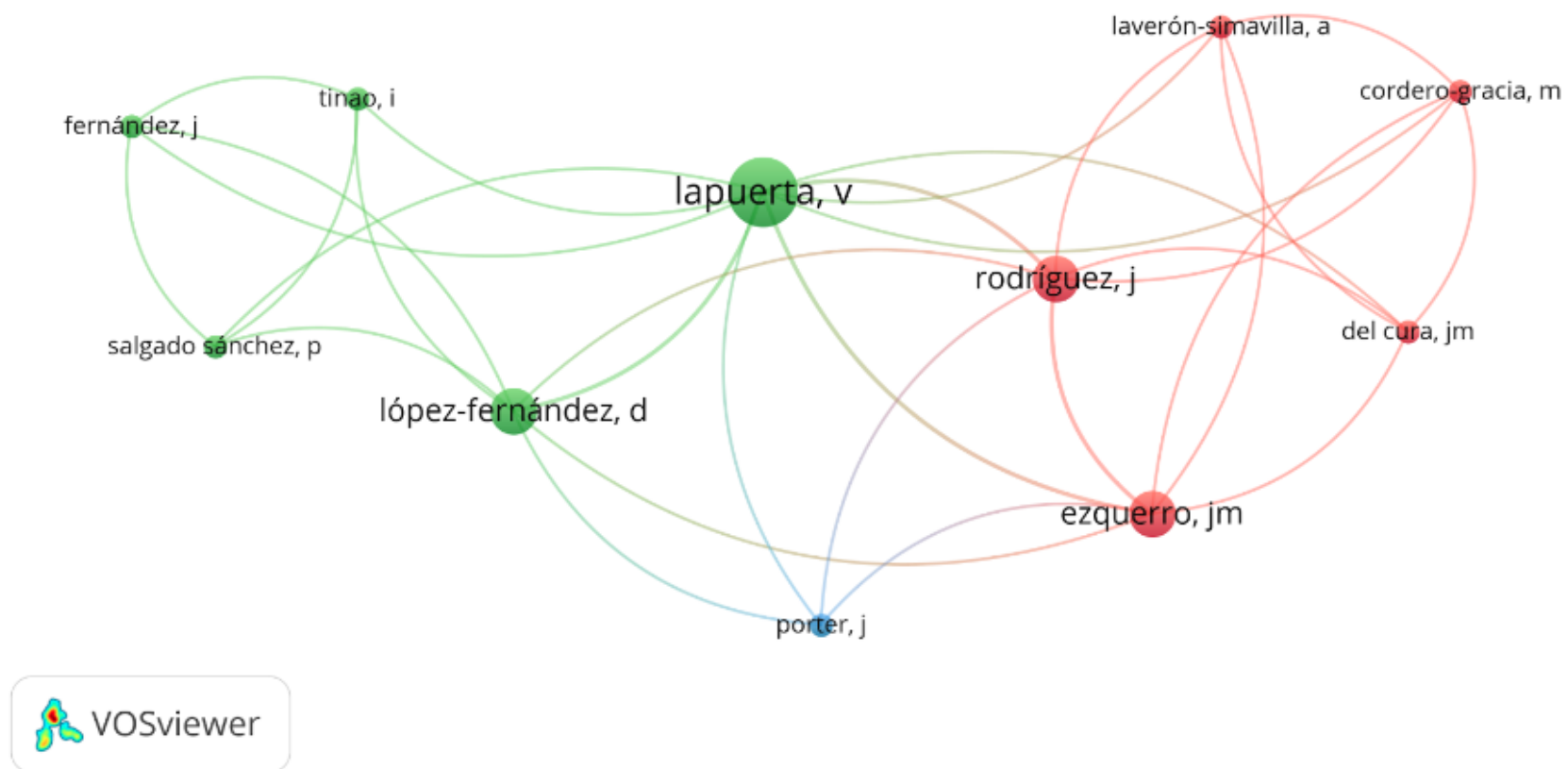


Fonte: Elaboração própria.

4.4 Distribuição de autores

O VOSviewer também foi utilizado para fazer uma análise da coautoria dos artigos selecionados. O tamanho dos círculos está relacionado à quantidade de artigos publicados e as cores estão relacionadas às interconexões entre os autores. O maior conjunto de itens conectados possível é composto por 11 autores, conforme mostra a Figura 4. Os nomes completos dos autores são: José Javier Fernández, Ignacio Tinao, Pablo Salgado Sánchez, Daniel López-Fernández, Victoria Lapuerta, Jacobo Rodríguez, Ana Laverón-Simavilla, Marta Cordero-Gracia, Juan Manuel del Cura, José Miguel Ezquerro e Jeff Porter.

Figura 4: Mapa de rede coautoria

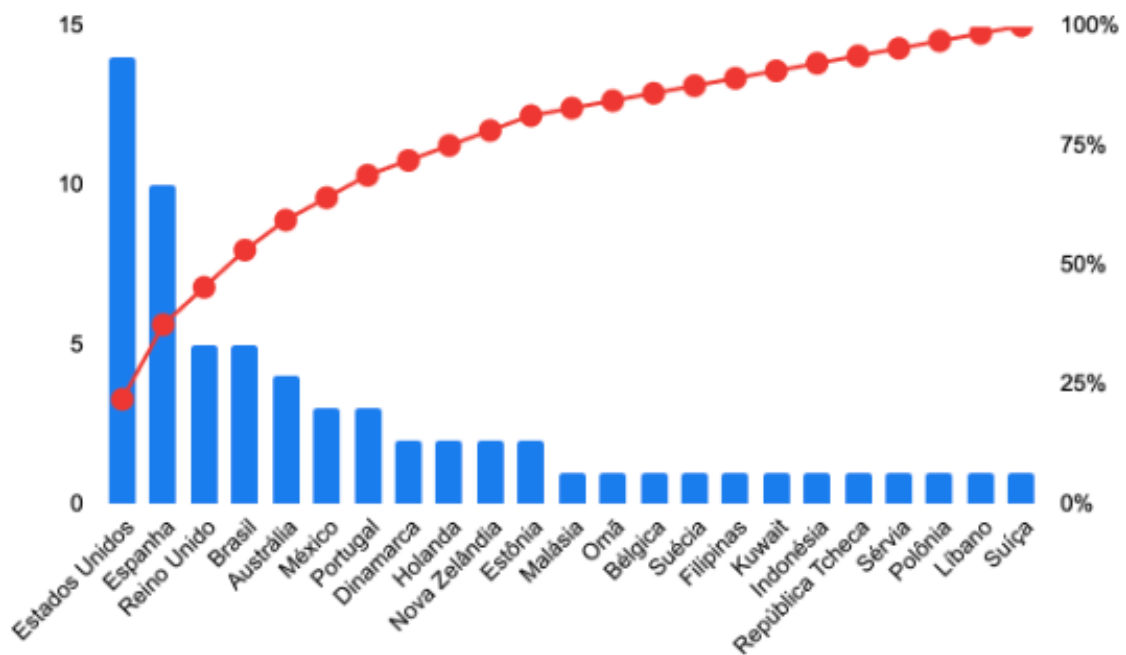


Fonte: Elaboração própria.

4.5 Contribuições por país

Os artigos reuniram autores de 23 países, com predominância de autores dos Estados Unidos, Espanha, Reino Unido, Brasil e Austrália, com 59% de participação acumulada. O critério de contagem exclui países que se repetem dentro de um mesmo artigo. A Figura 5 mostra o número de contribuições por país.

Figura 5: Contribuições por país



Fonte: Elaboração própria.

4.6 Contribuições por instituição

A Tabela 2 apresenta as instituições com duas ou mais contribuições dentre os artigos analisados. O critério de contagem exclui instituições que se repetem dentro de um mesmo artigo.

Instituição	Número de contribuições	País
Universidad Politécnica de Madrid	5	Espanha
University of Michigan	4	Estados Unidos
Bucknell University	3	Estados Unidos

North Carolina A&T State University	3	Estados Unidos
Tecnologico de Monterrey	2	México
University of the Sunshine Coast	2	Austrália
Carnegie Mellon University	2	Estados Unidos
University of Texas at Austin	2	Estados Unidos
Western Michigan University	2	Estados Unidos
University of Auckland	2	Nova Zelândia
Purdue University	2	Estados Unidos

Tabela 2: Universidades com mais contribuições

5 ANÁLISE DE CONTEÚDO DOS ARTIGOS

No capítulo anterior, foi apresentada uma análise descritiva dos artigos de revisão selecionados (51 artigos) para fornecer uma visão geral da pesquisa em práticas de aprendizagem ativa no ensino da engenharia. Esta seção apresenta uma análise de conteúdo dos artigos selecionados, agrupados em 11 categorias principais:

1. *Project-based Learning*
2. *Problem-based Learning*
3. *Team-based Learning*
4. *Challenge-based Learning*
5. *Flipped Classroom*
6. *Peer Review*
7. *Virtual Lab*
8. Gamificação
9. Tecnologias alternativas
10. Temas gerais sobre práticas de aprendizagem ativa
11. Práticas ativas durante a pandemia do COVID-19

5.1 Project-based Learning

Rodríguez et al. (2015) descreveram a implementação de PjBL no curso de engenharia espacial da Universidade Politécnica de Madrid, em colaboração com o Centro de Suporte e Operações da Agência Espacial Europeia (ESA). Os alunos trabalhavam em projetos de design conceitual de missões espaciais, integrando subsistemas de satélites

em um ambiente de aprendizagem prático. O estudo mostrou que o PjBL não apenas melhora as habilidades técnicas dos alunos, mas também promove o desenvolvimento de competências genéricas, como trabalho em equipe e liderança. Os resultados mostram que essa abordagem aumenta significativamente a motivação e o desempenho dos estudantes, mas exigem maior dedicação dos professores.

Reis et al. (2017) conduziram um estudo bibliométrico sobre a aplicação do PjBL no ensino de engenharia. A pesquisa analisou artigos publicados entre 2000 e 2016, destacando a crescente popularidade do PjBL e seus benefícios, como o aumento na absorção de conteúdo técnico e no desenvolvimento de habilidades interpessoais e multidisciplinares. O estudo também mapeou as principais publicações e autores que contribuíram para o avanço da metodologia PjBL, além de identificar tendências emergentes e lacunas para futuras pesquisas na área de engenharia.

López-Fernández et al. (2020) investigaram o impacto motivacional de métodos de aprendizagem ativa, como o PjBL, em estudantes de engenharia aeroespacial da Universidade Politécnica de Madrid. O estudo comparou duas disciplinas: uma com uso de métodos tradicionais de ensino e outra com uso de PjBL, em que os alunos desenvolveram o design preliminar de uma missão espacial. Utilizando o instrumento de diagnóstico motivacional MDI-EE, o estudo constatou que o PjBL teve um impacto positivo significativo na motivação dos alunos, melhorando não apenas sua compreensão dos conceitos técnicos, mas também sua satisfação e engajamento com o curso. Esses resultados destacam a importância de incorporar métodos ativos em áreas complexas, como a engenharia aeroespacial, para aumentar a motivação e o desempenho acadêmico.

Mitchell e Rogers (2020) exploraram as percepções de docentes envolvidos na aplicação do PjBL em cursos de engenharia. O estudo, realizado na University College London, identificou que os professores, especialmente os iniciantes, enfrentaram desafios para se adaptarem ao novo papel de facilitadores, e dar mais autonomia aos alunos. O trabalho destaca a importância de uma formação docente específica para promover o PjBL, permitindo que os docentes desenvolvam habilidades de facilitação, ao invés de focarem apenas no conteúdo técnico. O estudo também revelou que a confiança e a capacidade de os professores adaptarem-se às necessidades dos alunos são essenciais para o sucesso do PjBL.

Abellán-Nebot (2020) apresentou uma experiência de PjBL em engenharia mecânica, na qual os alunos participaram de atividades reais de um projeto em manufatura ao longo de quatro anos de curso. O projeto consistiu em planejar o processo de fabricação

de uma peça real, incluindo todas as etapas de planejamento de processos de fundição e usinagem. Os alunos desenvolveram habilidades práticas, como criação de programas CNC, seleção de ferramentas e verificação geométrica. A experiência resultou em maior satisfação dos alunos, melhoria no desempenho em exames e um aumento na inscrição no curso de mestrado em manufatura. O estudo mostra a importância de integrar atividades práticas reais ao ensino teórico de engenharia.

Ruslan et al. (2021) descreveram a aplicação de PjBL integrado (IPjBL) para alunos do primeiro ano de engenharia química na Universiti Teknologi PETRONAS. O projeto consistiu na construção de um macaco hidráulico Do-It-Yourself (DIY), que envolveu o uso de princípios de mecânica dos fluidos e engenharia química. O estudo visava melhorar a compreensão dos alunos ao integrar o conhecimento de duas disciplinas distintas, promovendo habilidades como resolução de problemas, liderança e comunicação. Com 100% dos alunos desenvolvendo protótipos funcionais em cinco semanas, o projeto foi considerado bem-sucedido em fornecer uma experiência de aprendizado prática e imersiva, aumentando a conexão entre teoria e prática.

Morais et al. (2021) relataram a aplicação do PjBL em um curso de Engenharia de Software para melhorar o engajamento dos alunos e o aprendizado. O estudo foi conduzido em três disciplinas interconectadas: Desenvolvimento de Sistemas de Informação, Estruturas de Dados e Tecnologias da Web. A aplicação do PjBL visava proporcionar uma experiência prática do ciclo de vida de desenvolvimento de software, incentivando os alunos a compreenderem a interdependência entre as disciplinas e a aplicarem seus conhecimentos em projetos reais. Os resultados mostraram uma melhora significativa no engajamento e nas taxas de sucesso dos alunos, além de promover habilidades como pensamento crítico e trabalho em equipe.

Alves e Duarte (2023) relataram uma experiência de PjBL no ensino de materiais cerâmicos para engenharia mecânica na Universidade do Porto. Os alunos foram desafiados a pesquisar e apresentar o processo de produção de componentes cerâmicos, integrando conhecimentos de ciências dos materiais e de processos de fabricação. O projeto exigiu que os estudantes aplicassem suas habilidades experimentais e computacionais para desenvolver soluções para problemas reais, além de produzir relatórios em formatos acadêmicos. O estudo mostrou que, apesar de desafiador, o método PjBL aumentou a motivação dos alunos e os preparou melhor para a vida profissional, promovendo o desenvolvimento de competências transversais, como trabalho em equipe e comunicação.

Barros et al. (2023) exploraram o uso combinado de PjBL e metodologias ágeis, como

Scrum, para ensinar inteligência artificial a alunos de graduação em computação. O estudo envolveu 30 estudantes, divididos em grupos, que desenvolveram modelos de aprendizado de máquina para prever o risco de câncer de mama. A abordagem proporcionou uma experiência prática na resolução de problemas reais e no desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais, como pensamento crítico, comunicação e trabalho em equipe. Os resultados indicam alta satisfação dos alunos com o método, além de aprimoramento significativo nas habilidades de resolução de problemas e nas competências de IA.

5.2 Problem-based Learning

El-Adaway et al. (2014) analisaram como a integração de PBL e Service Learning (SL) pode aprimorar o ensino de engenharia civil nos Estados Unidos, utilizando um curso de “Construção de Alto Desempenho” como estudo de caso. O curso incorporou atividades interdisciplinares e problemas estruturados com base em critérios de complexidade e grau de estruturação. O estudo mostrou que, apesar da resistência inicial dos estudantes, a abordagem PBL/SL promoveu o engajamento ativo, a aquisição de habilidades de pensamento crítico e a produção de trabalhos acadêmicos publicados, conectando o aprendizado teórico a aplicações práticas no setor de sustentabilidade.

McCrum (2017) explorou o impacto do PBL interdisciplinar em estudantes de engenharia estrutural no Reino Unido. O estudo envolveu um módulo de design arquitetônico no qual os alunos de engenharia trabalharam junto com estudantes de arquitetura para resolver problemas complexos de design estrutural. A metodologia incluiu o uso de aprendizagem ativa e modelos conceituais físicos, além de destacar a importância de esboços manuais como forma de promover o pensamento criativo e de ordem superior. Os resultados indicam que os alunos não só melhoraram suas habilidades de comunicação e colaboração com arquitetos, mas também desenvolveram uma maior capacidade de resolver problemas complexos por meio do pensamento crítico.

Tan e Shen (2018) investigaram a aplicação do Hybrid Problem-Based Learning (h-PBL) em um curso de processamento de imagens digitais. O estudo comparou o desempenho dos alunos após a adoção do h-PBL com o método tradicional, utilizando um projeto de imagem 3D como base. Embora o desempenho dos alunos em projetos tenha melhorado após a introdução do PBL, as notas acumuladas no curso não mostraram uma melhora significativa. Os autores sugerem que aumentar a proporção de atividades PBL e integrar melhor os componentes do curso poderia melhorar os resultados acadêmicos.

Araújo et al. (2020) relataram o uso do PBL para desenvolver habilidades profissionais e empreendedoras em estudantes de engenharia no Brasil. O estudo analisou a integração de atividades práticas e PBL em vários cursos de engenharia, com o objetivo de conectar o conhecimento acadêmico à prática profissional. A pesquisa revela que a metodologia foi eficaz em aumentar o interesse dos alunos, melhorar a retenção acadêmica e preparar melhor os estudantes para o mercado de trabalho. Além disso, a participação dos alunos em competições acadêmicas e a criação de startups foram alguns dos resultados positivos observados.

5.3 Team-based Learning

Najdanovic-Visak (2017) analisou a aplicação do Team-based Learning (TBL) em um curso introdutório de Fundamentos de Engenharia de Processos na Lancaster University, com a participação de 115 estudantes do primeiro ano de engenharia. O TBL foi estruturado em três unidades de ensino, cada uma com quatro sessões de aula e uma atividade prática em grupo. Os estudantes foram divididos em 18 grupos (11 grupos de 6 alunos e 7 grupos de 7 alunos), sendo que o TBL consistia em atividades como testes de prontidão individuais (iRAT), testes em equipe (tRAT), e exercícios de aplicação prática baseados na estratégia 4S (Significant problem, Same problem, Specific choice, Simultaneous reporting). Os resultados mostram que os grupos superaram os indivíduos em 12% nas avaliações, destacando a efetividade das interações em grupo. Além disso, o método promoveu o engajamento dos alunos e o desenvolvimento de habilidades essenciais, como trabalho em equipe, resolução de problemas e colaboração. As avaliações das percepções dos alunos indicam que, com o tempo, houve uma aceitação crescente do TBL.

5.4 Challenge-based Learning

López-Fernández et al. (2020) apresentaram uma experiência de Challenge-based Learning (CBL) no contexto da educação em engenharia aeroespacial, combinada com a metodologia de Concurrent Engineering (CE) no Desafio de Engenharia da Operações da Agência Espacial Europeia (ESA). Os estudantes de mestrado da Universidade Politécnica de Madrid trabalharam no dimensionamento preliminar de uma missão espacial, aplicando o método CE em sessões conjuntas de design. O estudo mostra os ganhos na motivação dos alunos e melhorias nas relações professor-aluno, além de uma compreensão mais aprofundada do processo de aprendizagem. O uso de ferramentas de design colabora-

tivo, como o Open Concurrent Design Tool (OCDT), facilitou o processo de aprendizado, aproximando os alunos das práticas reais da ESA.

5.5 Flipped Classroom

Yelamarthi e Drake (2015) descreveram a aplicação de um curso de circuitos digitais para alunos de engenharia e tecnologia usando o modelo de sala de aula invertida. O estudo comparou a eficácia do método em relação ao formato tradicional, e mostrou que a sala de aula invertida proporcionou uma cobertura maior de conteúdo em menos tempo, além de melhorar significativamente o desempenho acadêmico e o engajamento dos alunos. A metodologia incluiu atividades de aprendizagem ativa, como resolução de problemas em grupo e experimentos práticos, reforçando habilidades de pensamento crítico. O curso também incorporou vídeos pré-aula e questionários para garantir que o tempo de aula fosse usado para discussões e atividades colaborativas. Os resultados sugerem que o modelo de sala de aula invertida, aliado a estratégias de aprendizagem ativa, não apenas melhora a retenção de conhecimento, mas também aumenta o interesse dos alunos em seguir carreiras nas áreas de engenharia e tecnologia.

McLaughlin et al. (2016) exploraram a aplicação do modelo de sala de aula invertida em instituições de ensino superior nos Estados Unidos e Austrália. O estudo destacou como a abordagem pode ser adaptada de acordo com as necessidades institucionais e os desafios encontrados, como o alinhamento da tecnologia ao processo pedagógico. Resultados mostram aumento no envolvimento e desempenho dos alunos, além de maior utilização de atividades de aprendizagem ativa em sala. Contudo, o estudo também aponta desafios relacionados à adaptação dos docentes e à integração de tecnologias no ensino, sugerindo a necessidade de suporte institucional para garantir o sucesso da implementação.

Lucke et al. (2017) investigaram a aplicação do conceito de sala de aula invertida em um curso de Mecânica dos Fluidos para estudantes de engenharia, utilizando também um sistema de resposta de estudantes (Student-Response System - SRS). O objetivo era aumentar o engajamento e a motivação dos alunos, além de facilitar a aprendizagem ativa durante as aulas. Com o uso de vídeos pré-aula e a incorporação de atividades interativas nas aulas presenciais, o estudo mostrou um aumento significativo no envolvimento e na participação dos estudantes. No entanto, os autores reforçam que, apesar do aumento na motivação e no engajamento, não houve um impacto direto significativo nas notas finais dos alunos. A pesquisa mostra a importância de estruturar adequadamente o tempo de aula para maximizar os benefícios de estratégias de aprendizagem ativa, como o uso de

SRSs, e conclui que a combinação da sala de aula invertida com o uso dessas tecnologias oferece um grande potencial para melhorar o ambiente de aprendizado em cursos de engenharia.

Baytiyeh e Naja (2017) investigaram as percepções dos alunos sobre o modelo de sala de aula invertida em um curso de Dinâmica das Estruturas na Universidade Libanesa. O estudo comparou uma seção tradicional com uma seção utilizando a metodologia invertida. Embora os resultados dos testes não tenham mostrado diferenças estatisticamente significativas, os estudantes no modelo invertido relataram maior envolvimento, desenvolvimento de habilidades críticas e de resolução de problemas, além de maior confiança em suas habilidades. O estudo reforça que, apesar de os ganhos em notas serem limitados, o método pode oferecer benefícios qualitativos importantes para a formação de engenheiros.

Hardebolle et al. (2022) examinaram o impacto do modelo de sala de aula invertida em um curso de álgebra linear para estudantes de engenharia. O estudo, conduzido ao longo de três anos, comparou o desempenho dos alunos expostos ao formato invertido com aqueles em turmas tradicionais. Embora os resultados não tenham mostrado uma diferença significativa nas notas finais, o modelo de sala de aula invertida foi eficaz em reduzir a disparidade de desempenho entre alunos com diferentes níveis de conhecimento prévio e entre gêneros, favorecendo particularmente as mulheres e os alunos com menos base em matemática. Essa descoberta mostra o potencial do modelo para promover resultados educacionais mais equitativos em contextos de diversidade.

Lapitan et al. (2023) investigaram a aplicação de uma sala de aula invertida online combinada com aprendizado colaborativo em um curso de Química Analítica para engenharia química. O modelo incluiu vídeos pré-gravados, questões de autoavaliação individuais e atividades em grupo durante as aulas síncronas. Os alunos trabalharam em problemas colaborativos, o que aumentou a interação e a compreensão do conteúdo. O estudo utilizou um questionário para avaliar a experiência de aprendizagem e o desempenho acadêmico dos alunos, revelando que a colaboração em grupo melhorou as habilidades de comunicação e a capacidade de resolver problemas complexos. Entretanto, é citado que alguns alunos acharam o formato desafiador devido ao curto prazo de submissão das atividades.

5.6 Peer Review

Fogg-Rogers et al. (2017) relataram um estudo de *peer learning* em atividades de divulgação de engenharia, no qual 10 professores em formação foram pareados com 11 estudantes de engenharia para ministrar atividades em escolas primárias no Reino Unido. O estudo mostrou que os professores em formação tiveram um aumento significativo na confiança e na autoeficácia em relação ao ensino de ciências e engenharia, enquanto os estudantes de engenharia desenvolveram habilidades de comunicação e engajamento público. A metodologia de aprendizagem ativa e colaborativa, baseada em pares, foi eficaz tanto para melhorar a confiança dos professores quanto para promover uma maior conscientização entre os estudantes sobre as carreiras em engenharia.

Menekse e Chi (2019) examinaram o impacto das interações colaborativas comparadas à construção individual no aprendizado de conceitos de engenharia de materiais. O estudo utilizou o modelo ICAP (Interativo, Construtivo, Ativo, Passivo) para comparar o desempenho de 72 estudantes de engenharia, divididos em pares colaborativos (interativo) e em atividades individuais (construtivo). A análise das interações verbais mostrou que os alunos da condição interativa apresentaram ganhos de aprendizado significativamente maiores. Os resultados destacam a importância da qualidade da interação, onde os diálogos que envolvem feedback mútuo e questionamentos construtivos promovem maior construção de conhecimento. Além disso, foi observada uma relação direta entre a duração do suporte mútuo (scaffolding) e o desempenho dos alunos.

Mora et al. (2020) analisaram um modelo de trabalho colaborativo baseado na avaliação por pares para melhorar o processo de aprendizagem de estudantes de engenharia e ciência da computação na Universidade de Alicante. Os alunos utilizaram uma plataforma web interativa para revisar anonimamente os trabalhos de seus colegas, fornecendo sugestões e feedbacks. A pesquisa mostra que o uso desta metodologia resultou em uma maior assimilação de conteúdo e habilidades científicas, além de um aumento da motivação dos estudantes. Embora o estudo tenha mostrado uma melhoria significativa no desempenho acadêmico, os autores observam que não foi possível concluir se houve geração de “inteligência coletiva” a partir da colaboração entre os alunos.

5.7 Virtual Labs

García-Zubia et al. (2017) analisaram empiricamente o uso do laboratório remoto VISIR no ensino de eletrônica analógica em cursos de engenharia. O estudo comparou

o desempenho de cinco turmas de estudantes que utilizaram o laboratório remoto para experimentar com leis e conceitos de eletrônica, como a Lei de Ohm. Usando um método de pré e pós-teste, os autores constataram que os estudantes apresentaram melhorias significativas no conhecimento teórico, com um tamanho de efeito Cohen de 1,0. O estudo sugere que laboratórios remotos, como o VISIR, podem ser uma ferramenta eficaz para complementar ou substituir laboratórios presenciais, especialmente quando combinados com atividades adequadas de aprendizagem ativa.

Hernández-de-Menéndez et al. (2019) revisaram as experiências de uso de laboratórios de realidade virtual no ensino de engenharia. O estudo destaca como esses laboratórios permitem que os alunos realizem experimentos simulados com alta fidelidade, complementando os laboratórios físicos ao oferecer flexibilidade e segurança. No entanto, os autores apontam que a ausência de dados reais e a desconexão entre experimentos virtuais e físicos podem limitar o desenvolvimento de habilidades práticas. Ainda assim, os laboratórios de realidade virtual são vistos como uma ferramenta eficaz para aumentar o engajamento e promover a aprendizagem ativa, especialmente em cenários onde o acesso a laboratórios físicos é restrito.

Caño de las Heras et al. (2021) investigaram os benefícios e desafios do uso de um laboratório virtual no ensino de engenharia química e bioquímica, especificamente para experimentos de fermentação. O estudo, conduzido com o software Labster, revela que os estudantes apreciaram a tecnologia por permitir a realização de experimentos em menor tempo e sem a necessidade de laboratórios físicos. No entanto, os autores destacam limitações, como a ausência de habilidades práticas sensoriais e psicomotoras, que são críticas no aprendizado em laboratórios físicos. O laboratório virtual mostrou ser uma ferramenta eficaz para complementar aulas ou como preparação prévia para laboratórios físicos, mas não substitui completamente a experiência prática necessária para a formação completa dos engenheiros.

Van den Beemt et al. (2023) exploraram o impacto de laboratórios remotos baseados em métodos de aprendizagem ativa no engajamento de estudantes de engenharia. O estudo de caso foi realizado em dois cursos de controle de sistemas, nos quais os alunos conduziram experimentos com equipamento físico via interface online. A pesquisa mostra que os laboratórios remotos exigem autorregulação e planejamento por parte dos alunos, mas podem promover a transferência de conhecimento teórico para a prática quando combinados com atividades de aprendizagem ativa, como discussões em grupo e feedback formativo. A falta de apoio presencial, no entanto, foi apontada como um desafio para o engajamento contínuo.

5.8 Gamificação

De la Flor et al. (2020) exploraram a aplicação de um escape room educacional para avaliar o aprendizado de transferência de calor em estudantes de engenharia química. A atividade, denominada escape lab-room, foi realizada com estudantes de segundo e terceiro anos e combinou desafios de transferência de calor com uma narrativa de ficção científica. Os alunos, divididos em grupos, resolveram problemas teóricos e práticos para resgatar cientistas fictícios e impedir o lançamento de um míssil. O estudo mostra que essa abordagem baseada em gamificação aumentou significativamente a motivação dos alunos, com 100% de participação voluntária e alta satisfação em relação à atividade. Além disso, os professores observaram um maior engajamento e colaboração entre os estudantes durante a atividade, indicando que essa metodologia pode ser uma ferramenta eficaz no ensino de engenharia.

García et al. (2020) relataram o desenvolvimento e implementação de um jogo sério para ensinar os fundamentos da engenharia de requisitos conforme a norma ISO/IEC/IEEE 29148 em cursos de engenharia de software. O jogo, chamado Requengin, foi projetado para simular a aplicação de processos de engenharia de requisitos em um cenário interativo, onde os alunos deveriam transformar o sistema de gestão de uma biblioteca acadêmica em um software automatizado. O uso do Requengin resultou em melhorias na compreensão dos conceitos da norma pelos alunos, além de aumentar a motivação e o envolvimento no aprendizado. A pesquisa mostra que jogos sérios podem ser ferramentas eficazes para complementar o ensino tradicional de normas e processos de engenharia de software.

López-Fernández et al. (2021) investigaram o uso da metodologia LEGO® Serious Play (LSP) na educação em engenharia de software. O estudo foi realizado com 242 estudantes de ciência da computação, que participaram de atividades práticas utilizando blocos de LEGO para simular o ciclo de vida de desenvolvimento de software, desde a definição de requisitos até a implementação e manutenção. Os resultados mostram que o LSP aumentou significativamente a motivação dos estudantes, além de promover o desenvolvimento de habilidades interpessoais, como liderança e trabalho em equipe. A pesquisa sugere que o uso do LSP pode ser eficaz não apenas para a compreensão de conceitos técnicos, mas também para a aquisição de competências sociais cruciais para a carreira profissional de engenheiros.

5.9 Tecnologias Alternativas

Yannier et al. (2020) investigaram o uso de um sistema de aprendizagem ativa baseado em realidade mista, assistido por inteligência artificial (IA), para ensinar ciências exatas a crianças. O sistema foi projetado para fornecer orientação automatizada e feedback em tempo real enquanto os alunos realizavam experimentos físicos, usando uma câmera de profundidade e algoritmos de visão computacional para monitorar as ações dos estudantes. O estudo comparou a eficácia de diferentes métodos de aprendizagem ativa, incluindo prática guiada e exploração construtiva. Os resultados mostram que a combinação de prática guiada com atividades “mãos na massa” produziu um aprendizado mais robusto, com os alunos demonstrando maior compreensão dos princípios científicos em comparação com aqueles que apenas realizaram atividades construtivas.

Solmaz et al. (2021) apresentaram o desenvolvimento de um ambiente educacional assistido por simulação de engenharia, integrado com realidade aumentada (AR) para o ensino de conceitos de engenharia química. O estudo utilizou a fabricação de sabão como estudo de caso, combinando simulações de dinâmica de fluidos computacionais com visualizações em AR. O método se mostrou ser eficaz em promover a aprendizagem ativa ao permitir que os alunos interagissem com os conteúdos de maneira imersiva, conectando conceitos teóricos a aplicações práticas. O uso de AR foi particularmente eficaz para facilitar a compreensão de estruturas moleculares e processos químicos complexos.

Nadeem et al. (2022) apresentaram a aplicação AR no ensino de conceitos de máquinas de estados finitos (FSM) para estudantes de engenharia de sistemas. A ferramenta AR4FSM foi projetada para aprimorar o entendimento dos alunos ao combinar elementos multimídia, como animações e imagens, diretamente sobre diagramas físicos de FSM. Ao interagir com o modelo gráfico da FSM, os estudantes puderam visualizar as transições de estados em tempo real, o que facilitou a compreensão de um conceito abstrato muitas vezes difícil de visualizar com métodos tradicionais. O estudo mostra que o uso do aplicativo AR4FSM aumentou significativamente o envolvimento e a motivação dos alunos, demonstrando que a realidade aumentada pode ser uma ferramenta poderosa no ensino de conceitos complexos em engenharia.

Jahnke et al. (2022) exploraram o uso de tecnologias digitais para fomentar a aprendizagem ativa por meio de um modelo de Artifact-Generated Learning (AGL). O estudo, realizado em um curso interdisciplinar aberto, focou na criação de artefatos digitais pelos estudantes, que os desenvolviam em várias iterações com feedback contínuo de colegas e professores. O modelo AGL foi eficaz em aumentar o engajamento e a autonomia dos

alunos, incentivando-os a se tornarem co-designers de seu próprio aprendizado, além de simplesmente participantes. A pesquisa mostra que os grupos que adotaram uma abordagem de co-design apresentaram um desempenho superior, pois expandiram os limites do projeto original ao utilizar recursos externos para aprimorar suas soluções.

Pospíšilová e Rohlíková (2023) investigaram o uso de ePortfólios no ensino superior como uma estratégia para promover o aprendizado autônomo e reflexivo, enfatizando práticas de aprendizagem ativa. O estudo foi realizado em duas universidades da República Tcheca e mostrou como a implementação de ePortfólios, acompanhada de learning analytics, facilita a aprendizagem ativa ao permitir que os alunos se envolvam ativamente com seu progresso acadêmico. Os ePortfólios incentivaram os alunos a definir metas de aprendizagem, auto avaliar seu progresso e refletir sobre seu desenvolvimento, práticas que são essenciais para fortalecer habilidades do século 21, como a autorregulação e a aprendizagem baseada em evidências. A metodologia incluiu a coleta de evidências de aprendizagem por meio de portfólios digitais, promovendo a participação dos alunos em atividades práticas e colaborativas. Os resultados mostram que, ao usar ePortfólios, os alunos não apenas desenvolveram suas habilidades de autorreflexão e autossuficiência, mas também participaram de um modelo de aprendizagem ativa que aumentou seu engajamento e aprofundamento nas atividades propostas.

5.10 Práticas ativas e a pandemia do COVID-19

Luburić et al. (2021) examinaram os desafios de migrar salas de aula ativas para o ambiente online durante a crise da COVID-19. O estudo abordou a transição de cursos de engenharia de software de uma modalidade presencial para o ensino totalmente remoto. A pesquisa destaca que, embora houvesse uma infraestrutura de e-learning já estabelecida, a mudança para um formato completamente online trouxe desafios significativos, especialmente em manter o engajamento dos estudantes. Foram utilizados elementos digitais como vídeos interativos e discussões online para replicar as práticas de aprendizagem ativa, mas a falta de interação presencial resultou em uma queda no envolvimento dos alunos. Os autores sugerem que uma combinação de melhores práticas de design de conteúdo digital e ferramentas colaborativas pode ajudar a mitigar os efeitos negativos dessa transição forçada.

Ahshan (2021) analisou um modelo para incentivar o engajamento ativo de estudantes em ambientes de ensino remoto durante a pandemia de COVID-19. A pesquisa, realizada em três cursos de engenharia, combinou práticas pedagógicas ajustadas, tec-

nologias educacionais e um sistema de gestão de e-learning para manter altos níveis de interação entre alunos e professores. O uso de ferramentas como Google Meet, Moodle e Jamboard permitiu a criação de atividades síncronas e assíncronas, garantindo a continuidade da aprendizagem ativa mesmo em condições adversas. O estudo concluiu que a implementação de estratégias baseadas em aprendizagem ativa foi eficaz para manter o engajamento dos estudantes, apesar das limitações do ensino remoto.

5.11 Temas gerais sobre práticas de aprendizagem ativa

Lattuca et al. (2014) analisaram a relação entre desenvolvimento profissional, contexto departamental e o uso de estratégias pedagógicas centradas no aluno no ensino de engenharia. A partir de uma pesquisa com 906 professores em 31 instituições de ensino superior nos Estados Unidos, os autores descobriram que o envolvimento em atividades de desenvolvimento profissional, como workshops e treinamentos, está positivamente correlacionado ao uso de métodos de aprendizagem ativa como a aprendizagem colaborativa e o feedback frequente. O estudo sugere que, apesar das barreiras institucionais, há um aumento na adoção de práticas educacionais centradas no aluno, impulsionado pela nova abordagem de acreditação e pelas demandas da indústria.

Shekhar et al. (2015) desenvolveram e validaram um protocolo de observação para estudar a resistência de estudantes de engenharia à aprendizagem ativo. O estudo foi conduzido em quatro cursos introdutórios de engenharia em duas grandes universidades dos Estados Unidos. A pesquisa identificou que a resistência dos alunos, muitas vezes, é expressa de três maneiras: resistência passiva e não verbal, conformidade parcial e resistência aberta. O protocolo foi projetado para capturar esses comportamentos e documentar como os instrutores respondem a essas reações. Os resultados indicam que a introdução de práticas ativas sem uma explicação adequada pode gerar resistência significativa, mas os professores que ajustam as atividades e oferecem suporte contínuo reduzem consideravelmente esse efeito.

Bower et al. (2015) investigaram como fatores de design e implementação influenciam o desempenho em ambientes de aprendizagem síncrona híbrida, onde estudantes remotos participam de aulas presenciais por meio de tecnologias ricas em mídia, como videoconferência e mundos virtuais. O estudo destaca a importância de práticas de aprendizagem ativa, como o uso de atividades colaborativas e discussões em tempo real, que permitem a interação entre alunos remotos e presenciais, promovendo maior engajamento. Os autores

também apontam desafios como a carga cognitiva e problemas técnicos, mas concluem que, quando bem projetadas, essas práticas ativas facilitam a aprendizagem colaborativa, crucial em áreas como a engenharia, onde a resolução de problemas em grupo e a aplicação prática de conceitos são essenciais para o desenvolvimento de habilidades.

Christie e de Graaff (2017) exploraram os fundamentos filosóficos e pedagógicos da aprendizagem ativa no ensino de engenharia, destacando a importância de modelos como a aprendizagem baseada em problemas (PBL) e a aprendizagem experiencial. O artigo argumenta que práticas ativas são uma resposta necessária às abordagens educacionais tradicionais, que muitas vezes se concentram apenas na transmissão de conhecimento. Os autores apontam que a aprendizagem ativa exige mais do que simples atividades práticas; ele requer que os estudantes reflitam criticamente sobre os problemas e desenvolvam uma compreensão mais aprofundada. Ao longo do estudo, são discutidas teorias educacionais fundamentais, como o construtivismo, que comprovam a eficácia da aprendizagem ativa em promover uma educação mais envolvente e adaptada aos desafios contemporâneos do ensino de engenharia.

DeMonbrun et al. (2017) descreveram o desenvolvimento do instrumento Student Response to Instructional Practices (StRIP), que visa medir as respostas dos alunos a diferentes práticas instrucionais. O estudo identificou cinco fatores que influenciam a resposta dos alunos: valor percebido, positividade, participação, distração e avaliação. A partir de uma análise exploratória e confirmatória, os autores validaram o instrumento, que foi aplicado em cursos de engenharia. Os resultados sugerem que métodos de aprendizagem ativa, quando acompanhados de uma explicação clara e estratégias de facilitação, tendem a gerar respostas mais positivas dos alunos. O StRIP se mostrou uma ferramenta útil para entender como diferentes tipos de instrução afetam o envolvimento dos estudantes.

Magana et al. (2017) analisaram as preferências de estudantes de engenharia em relação a métodos de aprendizagem ativa e passiva. O estudo comparou as percepções de alunos de graduação e pós-graduação em cursos de engenharia elétrica, identificando que estudantes independentes do instrutor tendem a preferir métodos mais ativos, como projetos abertos e atividades construtivas, enquanto estudantes dependentes do instrutor mostram maior preferência por aulas expositivas. Os resultados sugerem que a eficácia da aprendizagem ativa pode variar significativamente com base no perfil do aluno, sendo mais eficaz para aqueles que se beneficiam de uma maior autonomia em sala de aula.

Debiec (2018) relatou a implementação de uma abordagem centrada no aluno em um

curso introdutório de sistemas digitais, que visava superar a perda de interesse dos estudantes em métodos tradicionais de ensino. O estudo introduziu mudanças, como quizzes baseados em puzzles, ensino indutivo e o uso de um sistema de resposta de audiência (ARS), promovendo maior engajamento e participação dos alunos. A nova abordagem resultou em uma melhoria significativa na presença e nas notas finais dos estudantes, mostrando que métodos centrados no aluno, quando bem implementados, podem revitalizar o interesse e a motivação dos alunos em cursos fundamentais de engenharia.

Villanueva et al. (2018) realizaram uma investigação multimodal sobre as emoções dos estudantes de engenharia durante atividades de design, focando na análise de dados de atividade eletrodérmica (EDA) e autorrelatos emocionais. O estudo examina como as emoções e o envolvimento variam entre diferentes métodos de ensino, incluindo palestras tradicionais e metodologias ativas, como atividades colaborativas e individuais. Os resultados indicam que, nas atividades de aprendizagem ativa, houve um aumento significativo na EDA, refletindo maior envolvimento emocional dos estudantes. Esses achados sugerem que as práticas de aprendizagem ativa, ao incentivar maior participação e colaboração, podem intensificar as respostas emocionais dos estudantes e, conseqüentemente, seu engajamento e retenção de conteúdo.

Shekhar et al. (2019) exploraram a resistência dos alunos à aprendizagem ativa, combinando métodos de pesquisa quantitativos e qualitativos. O estudo investigou a resistência de estudantes de engenharia a práticas de aprendizagem ativa em sala de aula, identificando formas de resistência como conformidade parcial e não participação aberta. Utilizando grupos focais e observações de sala de aula, os autores descobriram que a resistência dos alunos estava frequentemente relacionada à violação de suas expectativas sobre o ensino tradicional. Para mitigar essa resistência, os pesquisadores recomendam que os professores ajustem suas abordagens gradualmente, comunicando claramente os benefícios da aprendizagem ativa e criando expectativas alinhadas com as práticas ativas desde o início do curso.

Hernández-de-Menéndez et al. (2019) conduziram uma revisão abrangente das práticas e fundamentos da aprendizagem ativa no ensino de engenharia, com foco em universidades líderes, como o MIT e a Aalborg University. O estudo examinou como essas instituições utilizam metodologias ativas para melhorar o desempenho dos estudantes e desenvolver competências essenciais, como trabalho em equipe e resolução de problemas. Os resultados indicam que a aprendizagem ativa contribui para o aumento das taxas de retenção e desempenho acadêmico dos alunos, além de proporcionar um ambiente educacional mais dinâmico e centrado no aluno.

Neves et al. (2021) investigaram as competências pedagógicas necessárias para que professores implementem com sucesso estratégias de aprendizagem ativa no ensino de engenharia. Com base em uma pesquisa com 205 professores de instituições de ensino superior no Brasil, o estudo identificou habilidades cruciais, como trabalho em equipe, empatia, feedback contínuo, domínio de tecnologias da informação e comunicação, e criatividade. Os autores argumentam que o desenvolvimento dessas competências é essencial para superar as barreiras do ensino tradicional e promover um ambiente de aprendizado mais dinâmico e colaborativo. A pesquisa mostra que a adoção de metodologias ativas depende não apenas de uma mudança no papel do professor, mas também de uma revisão das práticas de formação docente.

Vodovozov et al. (2021) discutiram os desafios associados à implementação da aprendizagem ativa no contexto da educação em engenharia integrada, particularmente em relação às exigências da Indústria 4.0. O estudo revela que, embora a aprendizagem ativa tenha o potencial de melhorar significativamente o envolvimento dos alunos, ela enfrenta desafios devido à diversidade de formações e níveis de conhecimento dos estudantes. Além disso, a pesquisa destaca que metodologias centradas no aluno, como a aprendizagem ativa, nem sempre são eficazes em ambientes com grande diferenciação de habilidades. O estudo sugere que o sucesso da aprendizagem ativa depende de condições adicionais, como a formação de grupos pequenos, o uso de métodos de instrução individualizados e o apoio contínuo por parte dos docentes.

Franco et al. (2023) desenvolveram um currículo de engenharia química baseado em competências na Universidade de Campinas, que tem como objetivo formar profissionais capacitados para enfrentar os desafios técnicos e socioambientais contemporâneos. A estrutura curricular enfatiza metodologias de aprendizagem ativa, como o glsPBL e projetos, que visam engajar os estudantes de forma prática e colaborativa no desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais. Um ponto central é o uso dessas práticas ativas para estimular o pensamento crítico e a resolução de problemas complexos, alinhando a formação acadêmica às demandas reais da indústria. Esse enfoque em metodologias ativas não só favorece o aprendizado técnico, mas também promove o desenvolvimento de habilidades interpessoais, criatividade e inovação, que são essenciais para o mercado de trabalho atual.

6 MÉTODO DE PESQUISA - SURVEY COM PROFESSORES

O método de survey, ou pesquisa de levantamento, é amplamente utilizado em estudos sociais e educacionais para coletar dados de muitos respondentes de forma sistemática. Esse método permite a coleta de informações sobre opiniões, comportamentos, características e experiências dos indivíduos, utilizando questionários estruturados que podem ser aplicados de forma presencial, online ou por telefone (FOWLER, 2022).

O método consiste em (i) coletar informações sobre um ou mais grupos de pessoas (suas características, opiniões ou experiências) por meio de questionário autoaplicável, (ii) tabulação das respostas e, por fim, (iii) análise dos dados coletados (LEEDY; ORM-ROND; PIERSON, 2014). Uma das principais vantagens do método de survey é sua capacidade de fornecer dados quantitativos que podem ser analisados estatisticamente. Essa abordagem permite que os pesquisadores identifiquem padrões e tendências nas respostas, além de facilitar a generalização dos resultados para a população-alvo (DILLMAN; SMYTH; CHRISTIAN, 2014). Surveys podem incluir perguntas fechadas, que oferecem opções de resposta pré-definidas, ou perguntas abertas, que permitem que os participantes expressem suas opiniões de forma mais livre.

No contexto educacional, os surveys são frequentemente utilizados para avaliar a opinião dos professores sobre práticas pedagógicas ou a percepção dos alunos sobre a qualidade do ensino (CRESWELL; CRESWELL, 2018). É importante que o desenvolvimento e a aplicação do survey sejam realizados com rigor metodológico, garantindo a validade e a confiabilidade dos resultados. A elaboração de um questionário claro, conciso e relevante é crucial para o sucesso da pesquisa (BRYMAN, 2016).

Seguindo as recomendações de LEEDY; ORM-ROND; PIERSON (2014), um questionário anônimo foi desenvolvido para os professores da Escola Politécnica da USP, onde trabalham 450 professores em 15 departamentos. Os e-mails dos professores foram coletados nos sites de seus respectivos departamentos.

Conforme citado no Capítulo 1, o survey é orientado pela seguinte questão de pesquisa:

QP2: Qual é a opinião dos professores sobre as práticas de aprendizagem ativa no ensino de engenharia?

O questionário consiste em oito perguntas, sete fechadas e uma aberta. Para as possíveis respostas das perguntas fechadas são apresentadas cinco opções (escala Likert de 5 pontos (1 - discordo totalmente, até 5 - concordo totalmente ou 1 - muito baixo, até 5 - muito alto) além da opção “não sei avaliar”. Após cada uma das oito perguntas havia um espaço para comentários para que o participante pudesse fazer observações adicionais. A Tabela 3 apresenta as perguntas do questionário.

Pergunta	Qual o objetivo da pergunta?	Tipo de pergunta
Como você avalia o nível de conhecimento dos professores sobre as seguintes práticas de aprendizagem ativa na escola? a) Aprendizagem Baseada em Problemas (<i>Problem-based Learning</i> – PBL), b) Aprendizagem Baseada em Projetos (<i>Project-based Learning</i> - PjBL), c) Estudos de Caso, d) Dinâmicas de Grupo, e) Dramatização (<i>Role-Playing</i>) e Simulação, f) Atividades Laboratoriais, g) Avaliação entre Pares (<i>Peer Review</i>), h) Gamificação (Jogos), i) Flipped Classroom (Sala de Aula Invertida), j) outras (citar).	Entender o nível de conhecimento dos professores sobre as práticas ativas.	Escala (uma resposta para cada um dos nove métodos)
2. Como você avalia o nível de utilização das seguintes práticas de aprendizagem ativa na escola? (mesmas práticas da questão 1)	Entender o nível de utilização dos professores sobre as práticas ativas.	Escala (uma resposta para cada um dos nove métodos)
3. Como você avalia sua experiência pessoal com práticas de aprendizagem ativa?	Entender a experiência pessoal dos professores.	Escala

4. Qual é a sua percepção sobre a eficiência das Práticas de Aprendizagem Ativa no desenvolvimento de conhecimentos pelos estudantes?	Entender se as práticas ativas são eficientes para o desenvolvimento dos estudantes.	Escala
5. Qual é a sua percepção sobre a eficiência das Práticas de Aprendizagem Ativa no desenvolvimento de habilidades pelos estudantes?	Entender se as práticas ativas são eficientes para o desenvolvimento dos estudantes.	Escala
6. Qual é a sua percepção sobre a eficiência das Práticas de Aprendizagem Ativa na formação de valores pelos estudantes?	Entender se as práticas ativas são eficientes para o desenvolvimento dos estudantes.	Escala
7. Avalie as seguintes afirmações sobre as dificuldades de adoção de Práticas de Aprendizagem Ativas na escola. a) Falta conhecimento sobre Aprendizagem Ativa, b) Falta experiência com Aprendizagem Ativa, c) Falta suporte para aplicação de Aprendizagem Ativa, d) Turmas grandes, e) Resistência dos alunos, f) Falta de tempo para experimentar novas práticas de aprendizagem, g) Falta de estímulo para experimentar novas práticas de aprendizagem, h) outras (citar).	Entender as dificuldades para adoção das práticas ativas.	Escala (uma resposta para cada uma das sete afirmações)
8. Quais sugestões você teria para melhoria das práticas de ensino-aprendizagem na Escola Politécnica?	Coletar sugestões para melhoria.	Aberta

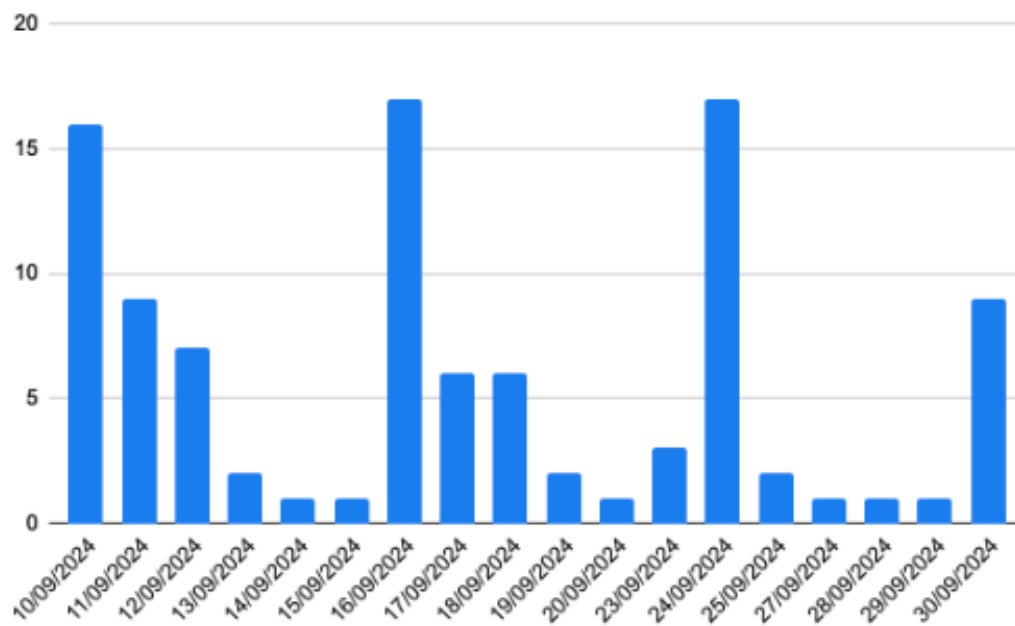
Tabela 3: Perguntas do questionário do survey

Além dessas perguntas, ao final do questionário, havia perguntas sobre o perfil do docente (tempo de docência, titulação e área de atuação), um espaço para identificação opcional (nome e e-mail) e uma questão aberta para comentários e sugestões sobre a pesquisa.

O questionário foi feito através do Formulários Google, que coletou e salvou as respostas em uma planilha.

O questionário esteve aberto de 10 de setembro a 30 de setembro de 2024. Foram enviados convites em três momentos: primeiro envio (10/09) e dois lembretes (16/09 e 23/09). A Figura 6 mostra a quantidade de respostas obtidas em cada dia.

Figura 6: Quantidade de respostas por dia



Fonte: Elaboração própria.

Os e-mails de cinco professores retornaram logo no primeiro envio devido a inexistência ou inatividade, assim, apenas 445 e-mails foram contabilizados. Ao final, foram recebidas 102 respostas ao questionário, correspondendo a 22,9% de participação. Os resultados são apresentados no Capítulo 7 e em um artigo aprovado no congresso de boas práticas de ensino e aprendizagem da Escola de Engenharia de Lorena (LIMA; MESQUITA, 2024).

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO DO SURVEY

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados quantitativos e qualitativos de cada uma das perguntas da pesquisa com os professores da Escola Politécnica.

7.1 Nível de Conhecimento

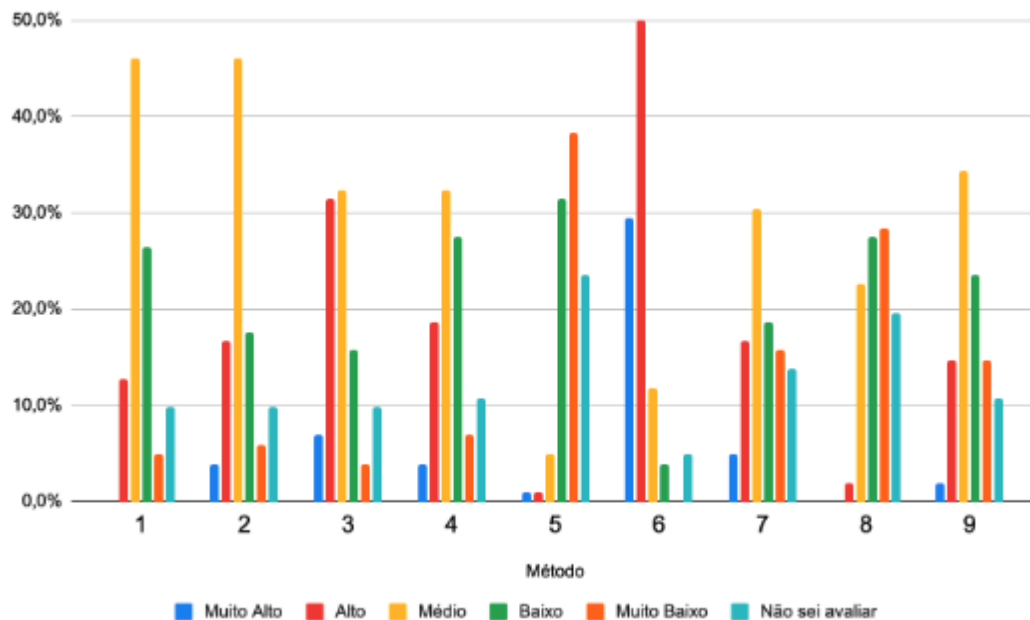
A primeira pergunta questiona sobre o conhecimento dos professores em relação a nove tipos de práticas de aprendizagem ativa. Observa-se que a “Atividades Práticas e Laboratoriais” é a metodologia mais conhecida, com 79,4% de respostas “alto” ou “muito alto”. De forma geral, o nível de conhecimento não é alto, especialmente em práticas como “Dramatização e Simulação” e “Gamificação”, nas quais mais de 50% das respostas obtidas foram “baixo” ou “muito baixo”. A Figura 7 apresenta os resultados obtidos, onde os métodos são identificados por números: 1) *Problem-based Learning* (PBL), 2) *Project-based Learning* (PjBL), 3) Estudos de Caso, 4) Dinâmicas de Grupo, 5) Dramatização e Simulação, 6) Atividades Laboratoriais, 7) Avaliação por Pares (*Peer Review*), 8) Gamificação e 9) Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*).

Havia um espaço para que os participantes pudessem citar outras práticas por eles conhecidas. As respostas incluíam: aprendizagem baseada em pesquisa (análise de artigos de um determinado tema), aprendizagem com produção de mídias (vídeos por exemplo), design thinking (prototipação), visitas de pequenos grupos de alunos (4) a empresas do setor de engenharia, *Jigsaw*, *Fishbowl*, CDIO, Trabalho de formatura, jogo de argumentação e seminários.

Essa pergunta recebeu 15 comentários. Sete comentários abordam o fato da Escola Politécnica ser grande, o que torna difícil avaliar o nível de conhecimento de outros professores, sendo mais factível analisar o nível de conhecimento apenas de si mesmo, o que pode significar que a pergunta gerou ambiguidade. Cinco comentários abordaram dificuldades relacionadas às aplicações dos métodos ativos, como resistência dos alunos ou

ainda dos próprios professores. Um comentário reforçou a importância da divulgação e cobrança com relação às práticas ativas.

Figura 7: Nível de conhecimento sobre métodos de ensino-aprendizagem ativa



Fonte: Elaboração própria.

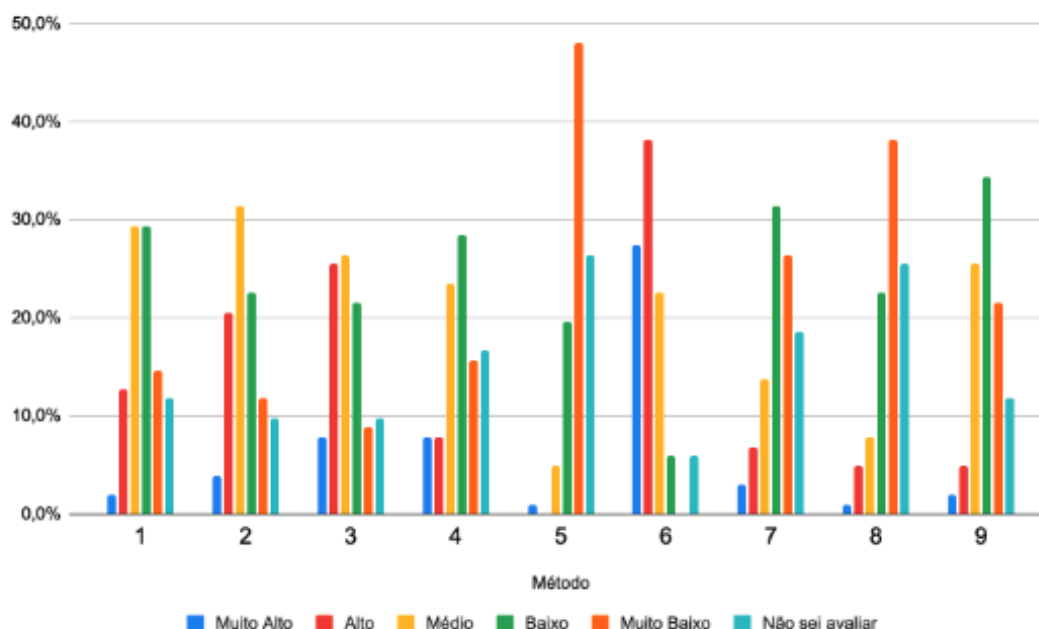
7.2 Nível de Utilização

A segunda pergunta questiona sobre a utilização dos nove tipos de práticas de aprendizagem ativa pelos professores. Os resultados da segunda pergunta são congruentes com os da primeira pergunta, pois as práticas mais conhecidas são as mais utilizadas e as menos conhecidas são as menos utilizadas. Observa-se que a “Atividades Práticas e Laboratoriais” é a metodologia mais utilizada, com 65,7% de respostas “alto” ou “muito alto”. De forma geral, o nível de conhecimento não é alto, especialmente em práticas como “Dramatização e Simulação”, “*Peer Review*” e “Gamificação”, nas quais uma média de 60% das respostas obtidas foram “baixo” ou “muito baixo”. A Figura 8 exibe esses resultados, seguindo a mesma identificação anterior dos métodos.

Essa pergunta recebeu 7 comentários. Quatro comentários abordam o fato da Escola Politécnica ser grande, o que torna difícil avaliar o nível de conhecimento de outros professores, sendo mais factível analisar o nível de conhecimento apenas de si mesmo, o que pode significar que a pergunta gerou ambiguidade. Um comentário citou que a utilização

de algumas práticas de aprendizagem ativa demandam espaços adequados, os quais são inexistentes, insuficientes e impróprios.

Figura 8: Nível de utilização de métodos de ensino-aprendizagem ativa



Fonte: Elaboração própria.

7.3 Experiência Pessoal

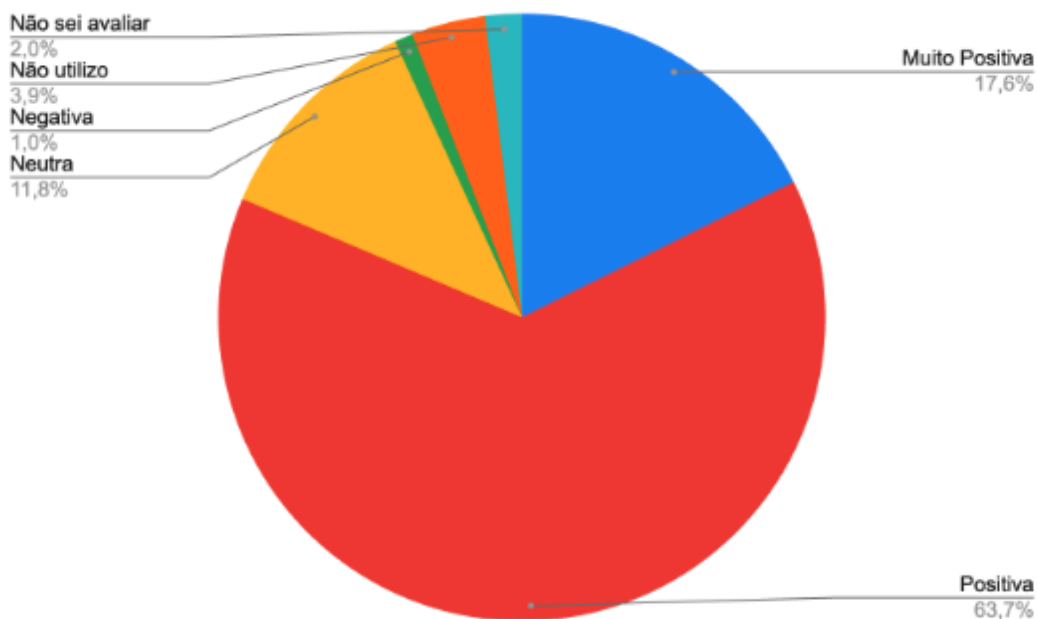
A terceira pergunta questiona sobre a experiência pessoal dos professores com práticas de aprendizagem ativa. Observa-se que 81,3% dos participantes tiveram experiências positivas ou muito positivas, 11,8% tiveram experiências neutras e 5,9% não sabem avaliar ou não utilizam práticas ativas. A Figura 9 apresenta os resultados obtidos.

Essa pergunta recebeu 24 comentários. Desses, 18 foram positivos, nos quais os respondentes destacaram que as práticas de aprendizagem ativa geraram engajamento e resultados favoráveis em suas experiências. Alguns deles mencionaram que sentem que, apesar disso, falta base teórica ou uma maior frequência de aplicação para obter resultados ainda melhores. Outros comentaram que apesar de considerarem positivos os resultados, sentem que seus alunos ainda preferem o modelo tradicional de aula.

Em contrapartida, 3 comentários foram negativos, apontando limitações como a falta de infraestrutura adequada e a baixa frequência e participação dos alunos.

Houve 3 comentários neutros, onde os participantes citam que não utilizaram o suficiente para poderem julgar, revelam pontos positivos e negativos ao mesmo tempo (ganho na motivação dos alunos e perda de conceitos fundamentais) e a necessidade de cautela, pois na visão de alguns, o aluno como protagonista da aula pode dar a impressão de que o professor “não quer dar aula”.

Figura 9: Experiência pessoal com métodos de ensino-aprendizagem ativa



Fonte: Elaboração própria.

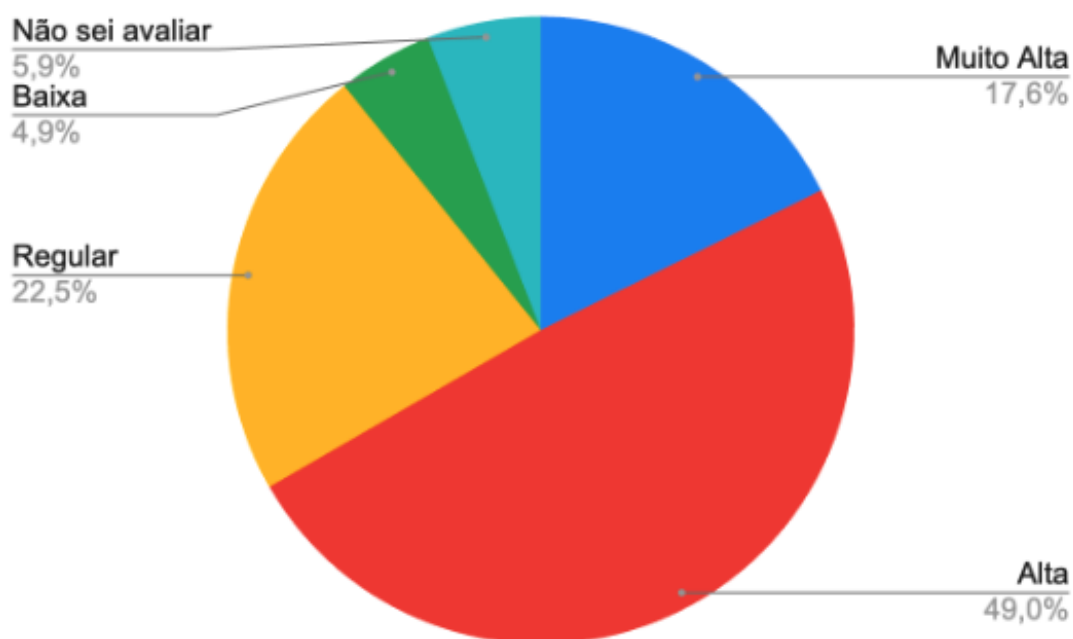
7.4 Eficiência para o desenvolvimento de conhecimentos

A quarta pergunta questiona sobre a eficiência das práticas de aprendizagem ativa no desenvolvimento de conhecimentos pelos estudantes. Essa é uma das três partes do modelo CHA (conhecimento, habilidades, atitudes), sendo as outras duas partes abordadas nas perguntas seguintes. Observa-se que 66,6% dos professores consideram alta ou muito alta a eficiência dessas práticas para o desenvolvimento de conhecimento dos alunos e 22,5% consideram regular. O restante considera baixa ou não sabe avaliar. A Figura 10 apresenta os resultados obtidos.

Essa pergunta recebeu 22 comentários. Oito comentários foram exclusivamente positivos, abordando fatores como a retirada do aluno da zona de conforto ou da posição de

ouvinte passivo contribuindo para o desenvolvimento do conhecimento. Outros professores comentaram que é possível observar os alunos fazendo perguntas que demonstram que estão relacionando conceitos em diferentes contextos, sendo um indicador de que o aprendizado dos conhecimentos tem sido efetivo. Cinco comentários foram negativos, citando fatores como turmas grandes, falta de infraestrutura, falta de tempo na rotina dos alunos e o fato de alguns alunos enxergarem aprendizagem ativa como “enrolação”. O restante dos comentários foram neutros, cujas respostas mostraram que os participantes entendem que o desenvolvimento do conhecimento depende dos alunos, ou ainda do professor, levantando o questionamento: “Uma sala de aula invertida ruim é melhor, pior ou igual a uma aula expositiva boa?”. Além disso, foi citado que com práticas ativas desenvolve-se menos conhecimento, mas domina-se melhor o conhecimento desenvolvido. Outros professores comentaram que não sabem avaliar.

Figura 10: Eficiência no desenvolvimento de conhecimentos pelos estudantes



Fonte: Elaboração própria.

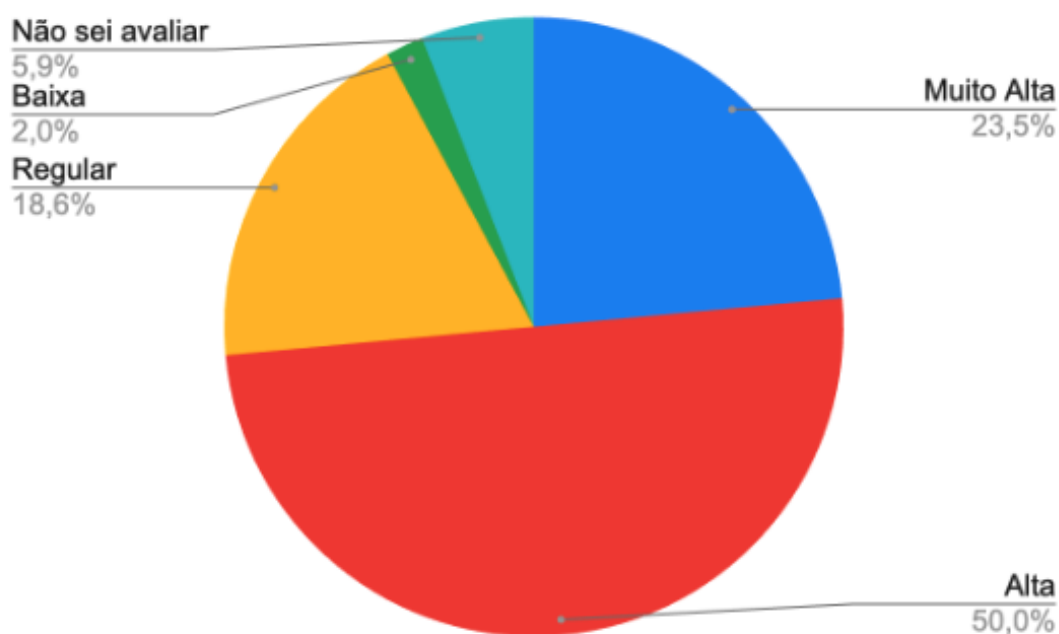
7.5 Eficiência para o desenvolvimento de habilidades

A quinta pergunta questiona sobre a eficiência das práticas de aprendizagem ativa no desenvolvimento de habilidades pelos estudantes. Observa-se que 73,5% dos professores consideram alta ou muito alta a eficiência dessas práticas para o desenvolvimento de

conhecimento dos alunos e 18,6% consideram regular. O restante considera baixa ou não sabe avaliar. A Figura 11 apresenta os resultados obtidos.

Essa pergunta recebeu 14 comentários. Sete comentários foram positivos, cujas respostas mostraram que os professores entendem que as práticas ativas estimulam o envolvimento dos alunos, o que desenvolve habilidades, sendo possível perceber o aprendizado dos alunos durante suas experiências de estágio. O restante dos comentários foi neutro ou negativo, sendo a necessidade de motivação, disponibilidade e envolvimento dos alunos o principal fator associado ao desenvolvimento das habilidades. Isto é, para alguns professores as práticas em si não são suficientes.

Figura 11: Eficiência no desenvolvimento de habilidades pelos estudantes



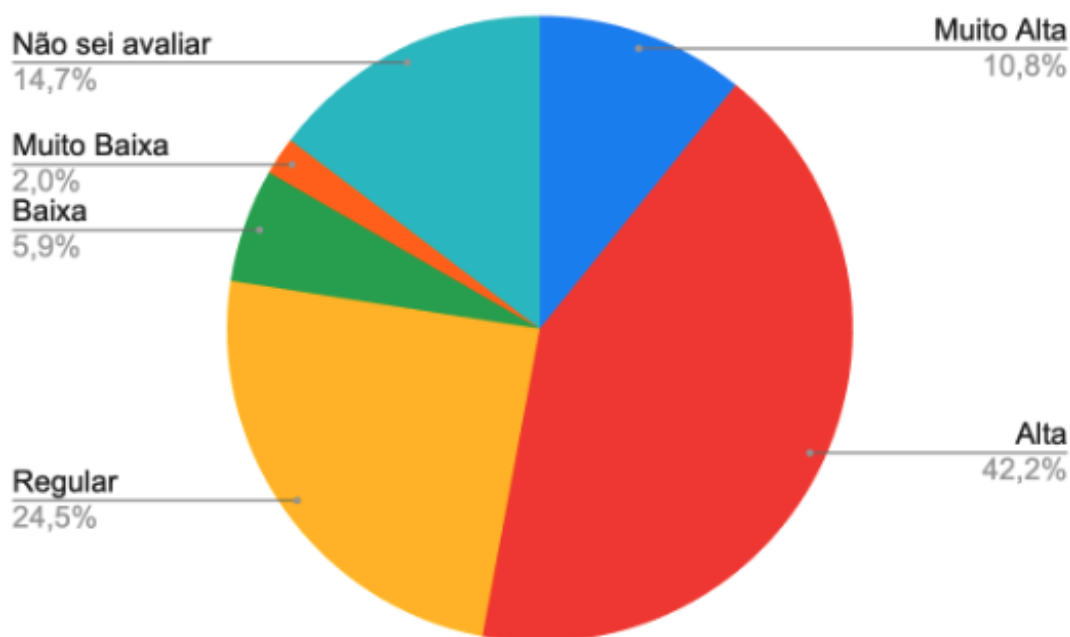
Fonte: Elaboração própria.

7.6 Eficiência para o desenvolvimento de atitudes

A sexta pergunta questiona sobre a eficiência das práticas de aprendizagem ativa no desenvolvimento de atitudes pelos estudantes. Observa-se que 53% dos professores consideram alta ou muito alta a eficiência dessas práticas para o desenvolvimento de conhecimento dos alunos, enquanto 24,5% consideram regular e 7,9% consideram baixa ou muito baixa. Além disso, 14,7% dos participantes responderam que não sabem avaliar. A Figura 12 apresenta os resultados obtidos.

Essa pergunta recebeu 15 comentários. Sete comentários tiveram um tom negativo, ao citarem que não aparenta ter correlação entre método de ensino e desenvolvimento de valores, sendo este último muito mais profundo, tornando difícil a avaliação. Cinco comentários foram positivos, nos quais os participantes escreveram que os alunos desenvolvem o senso de responsabilidade ao participarem de práticas ativas.

Figura 12: Eficiência no desenvolvimento de atitudes pelos estudantes



Fonte: Elaboração própria.

7.7 Dificuldades de Aplicação

Na sétima pergunta, os participantes deveriam avaliar sete afirmações sobre dificuldades de adoção de práticas ativas na Escola Politécnica. Observa-se que pelo menos 70% dos participantes concordam ou concordam totalmente que falta de experiência, falta de suporte, turmas grandes e falta de conhecimento representam as principais dificuldades. A resistência dos alunos não é vista como uma dificuldade, já que apenas 29% dos participantes concorda ou concorda totalmente com essa afirmação, enquanto 48% discorda ou discorda totalmente.

Havia um espaço para que os participantes pudessem citar outras dificuldades por eles reconhecidas. Algumas respostas incluíam: necessidade de assistentes de apoio (monitores), necessidade de infraestrutura, dificuldade de competir com o estágio remunerado

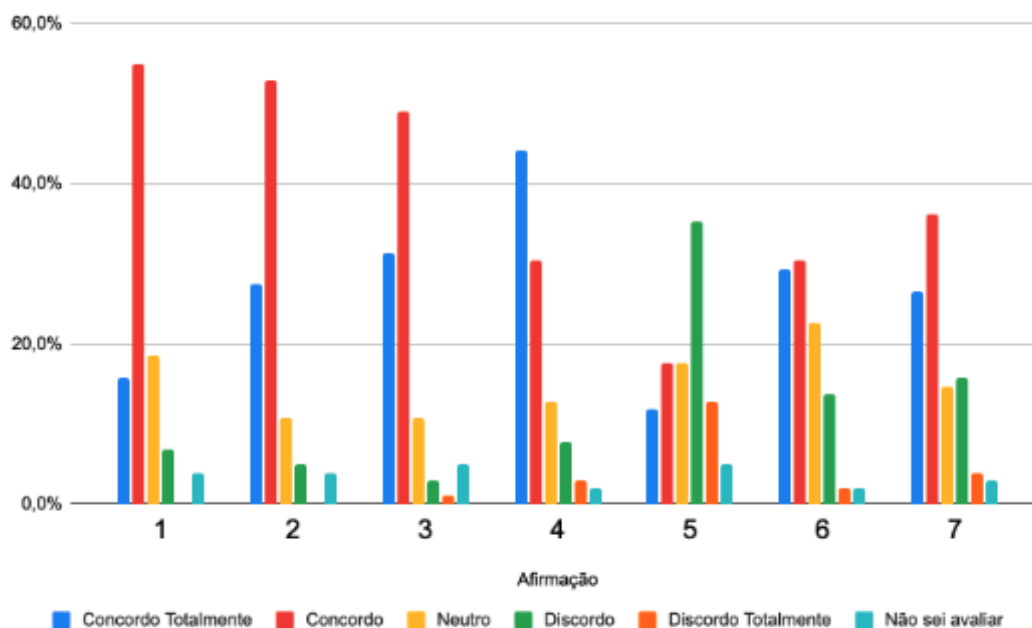
pela atenção do aluno, falta de eventos e ambientes para troca de experiências sobre o uso de aprendizagem ativa aplicada ao ensino de engenharia. Falta material didático e treinamentos de uso de ferramentas como oficinas de experimentação.

Essa pergunta recebeu 11 comentários. A maior parte dos comentários reforçou posições já abordadas nas alternativas. Um dos comentários reforçou a necessidade de estudos rigorosos que validem a eficácia das práticas ativas, sendo o principal desafio, fundamentar as práticas com pesquisas consistentes. Outro professor comentou que as aulas expositivas tradicionais aparentemente “rendem” mais que as aulas de aprendizagem ativa, pois a velocidade do curso é facilmente controlada pelo professor.

As afirmações, com seus respectivos números que as representam na Figura 13 são:

1. A **falta de conhecimento** sobre aprendizagem ativa dificulta a adoção de práticas de aprendizagem ativa na Escola Politécnica.
2. A **falta de experiência** com aprendizagem ativa dificulta a adoção de práticas de aprendizagem ativa na Escola Politécnica.
3. A **falta de suporte** para aplicação de aprendizagem ativa dificulta a adoção de práticas de aprendizagem ativa na Escola Politécnica.
4. **Turmas grandes** dificultam a adoção de práticas de aprendizagem ativa na Escola Politécnica.
5. A **resistência dos alunos** dificulta a adoção de práticas de aprendizagem ativa na Escola Politécnica.
6. A **falta de tempo para experimentar** novas práticas de aprendizagem dificulta a adoção de práticas de aprendizagem ativa na Escola Politécnica.
7. A **falta de estímulo para experimentar** novas práticas de aprendizagem dificulta a adoção de práticas de aprendizagem ativa na Escola Politécnica.

Figura 13: Dificuldades de adoção de práticas ativas na Escola Politécnica



Fonte: Elaboração própria.

7.8 Sugestões de Melhoria

Na oitava pergunta, os participantes foram questionados sobre quais sugestões teriam para melhoria das práticas de ensino-aprendizagem na Escola Politécnica. Essa pergunta era aberta e obrigatória, e recebeu 102 respostas. As principais sugestões para a melhoria das práticas de ensino-aprendizagem na Escola Politécnica, foram:

1. **Turmas menores** - A redução do número de alunos por turma é uma das sugestões mais recorrentes, enfatizando a necessidade de um ambiente de aprendizado mais gerenciável e eficaz.
2. **Capacitação docente** - Muitos professores sugerem a realização de treinamentos obrigatórios e oficinas para melhorar a preparação didática e a confiança no uso de práticas ativas de ensino.
3. **Apoio institucional** - É ressaltada a importância de um apoio institucional robusto, incluindo recursos para a implementação de metodologias ativas e reconhecimento para professores que modernizam suas práticas.

4. **Seminários e troca de experiências** - A promoção de seminários sobre boas práticas de ensino-aprendizagem e a troca de experiências entre os docentes foram sugeridas como formas de compartilhar conhecimentos e inovações.
5. **Revisão curricular** - Há um apelo por mudanças estruturais nos currículos, com a sugestão de revisar conteúdos e ementas para evitar excessos e melhorar a integração entre disciplinas.
6. **Infraestrutura** - Comentários indicam que a infraestrutura das salas de aula precisa ser modernizada e melhorada para suportar práticas de ensino ativas.
7. **Motivação dos alunos** - Alguns comentários destacam a necessidade de motivar os alunos a se engajar mais ativamente nas aulas, reforçando a importância da participação.
8. **Incentivos aos docentes** - Sugestões de sistemas de reconhecimento e recompensa para docentes que adotam novas práticas de ensino, incluindo bonificações e progressões de carreira.
9. **Materiais de apoio** - A criação de uma cartilha com práticas de aprendizagem ativa e exemplos de aplicação foram propostas como um recurso útil para os professores.
10. **Avaliação das práticas** - Comentários sobre a importância de avaliar constantemente as práticas de ensino e colher feedback dos alunos para ajustar métodos e abordagens.

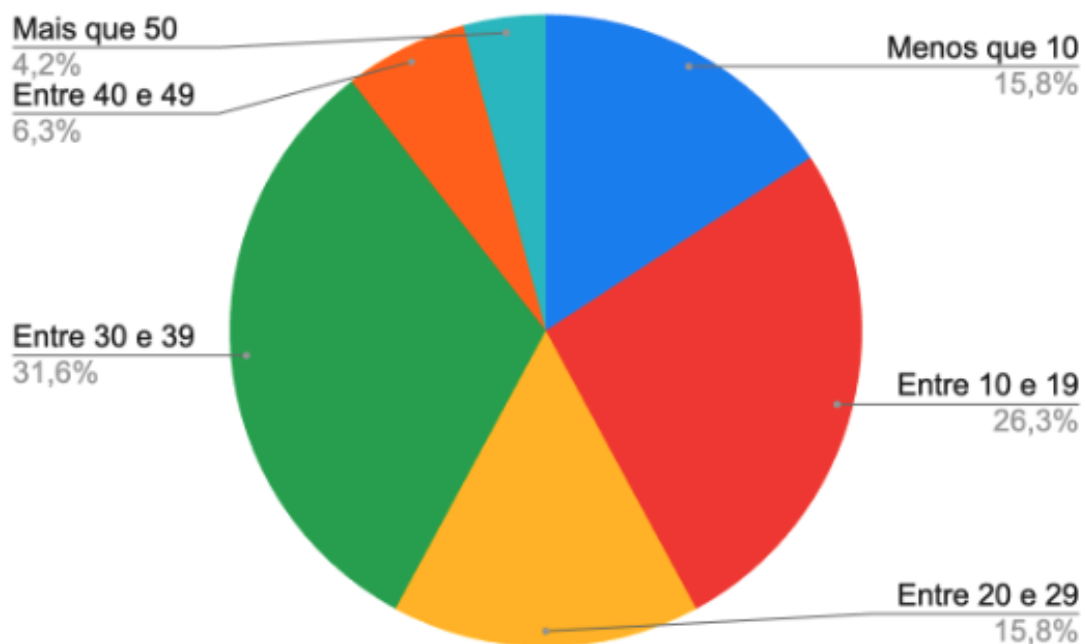
Alguns comentários de destaque foram:

1. “Os gestores da graduação poderiam promover seminários de boas práticas para estimular iniciativas.”
2. “Turmas menores; treinamentos obrigatórios para docentes, reciclagens periódicas.”
3. “Melhorias na infraestrutura são essenciais, especialmente nos prédios mais antigos.”
4. “Melhorias significativas na Infraestrutura da Escola Politécnica. Nos prédios do biênio, por exemplo, não há infraestrutura adequada nem para aplicação de práticas de ensino tradicional. O que é um desestímulo, para alunos e docentes.”

7.9 Perfil dos Respondentes

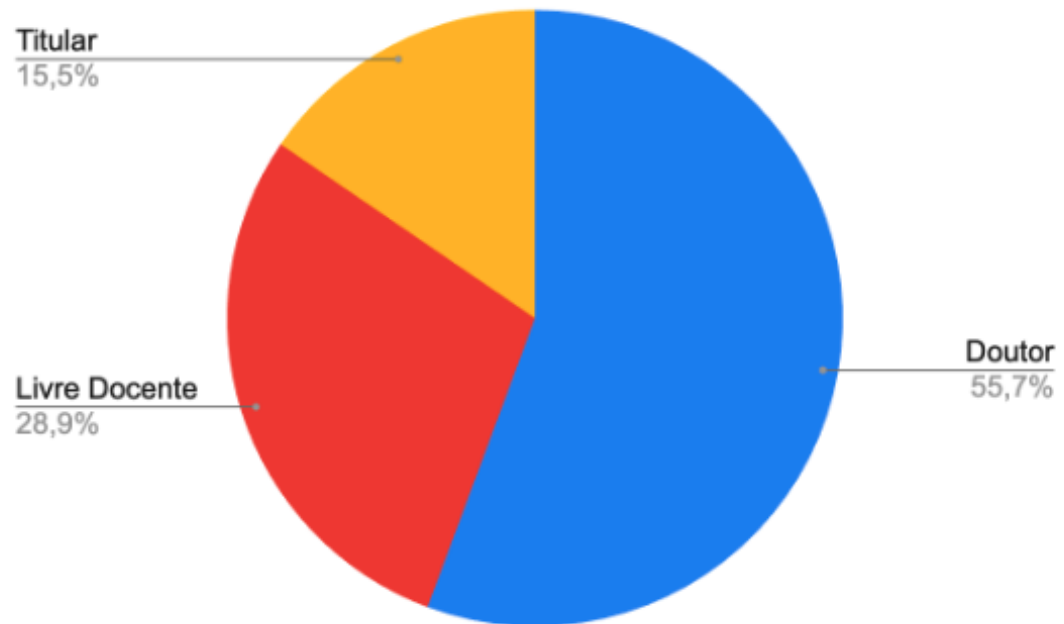
Além das perguntas supracitadas, havia perguntas adicionais não obrigatórias nas quais os professores poderiam compartilhar seus nomes, emails, tempo como docente de engenharia, titulação e qual área da engenharia eles lecionam. Para manter o anonimato do questionário, somente os resultados das últimas três perguntas serão apresentados. As Figuras 14, 15 e 16 apresentam, respectivamente, as distribuições de tempo de docência, titulação e área de atuação.

Figura 14: Há quanto tempo você leciona em cursos de engenharia?



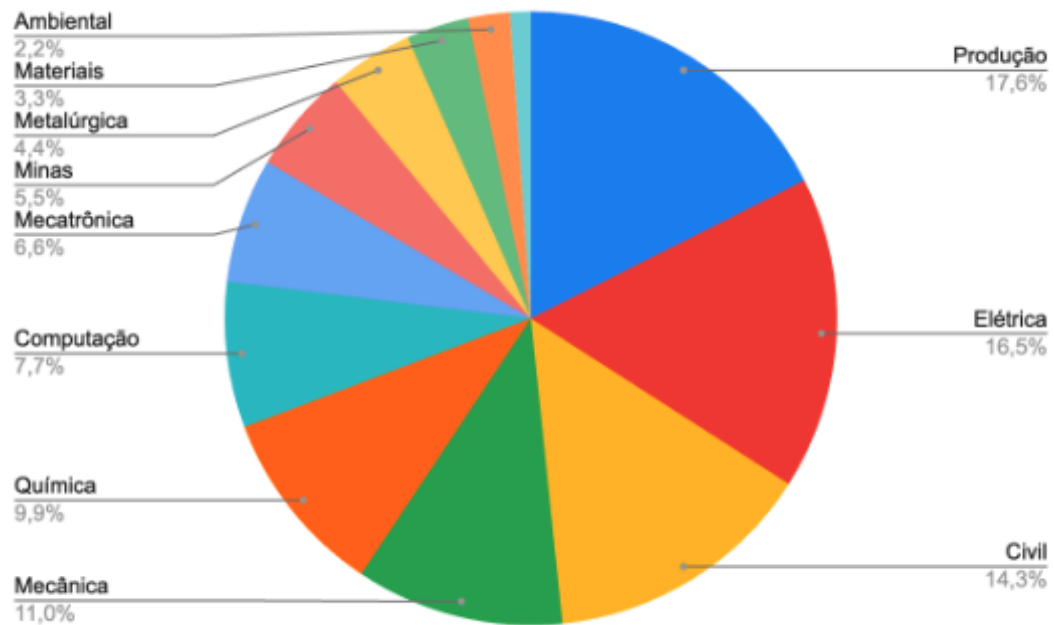
Fonte: Elaboração própria.

Figura 15: Qual é a sua titulação?



Fonte: Elaboração própria.

Figura 16: Qual é a sua área de atuação na engenharia?



Fonte: Elaboração própria.

7.10 Comentários e sugestões sobre a pesquisa

No final da pesquisa havia um espaço para comentários e sugestões gerais sobre a pesquisa. Um total de 25 professores contribuíram com insights valiosos.

Alguns mencionaram a resistência à adoção de novos métodos de ensino, sugerindo que a tendência é manter as práticas vivenciadas durante a formação, o que resulta em uma certa inércia. Um professor trouxe à tona a distinção entre ensino e aprendizagem, refletindo sobre como a diversidade em sala de aula poderia influenciar as escolhas pedagógicas.

Houve também comentários mais críticos, com alguns professores expressando dúvidas sobre a eficácia das práticas de aprendizagem ativa, atribuindo o desinteresse dos alunos a problemas mais profundos na formação e engajamento com a profissão.

Foi sugerida a elaboração de uma cartilha com práticas de aprendizagem ativa, incluindo exemplos práticos de sua aplicação em diferentes disciplinas.

Agradecimentos e incentivos à continuidade da pesquisa foram frequentes, com professores manifestando interesse em conhecer os resultados e a importância do espaço aberto para comentários como forma de enriquecer o diagnóstico das práticas de ensino na Escola Politécnica. Alguns dos comentários de destaque foram:

1. “Aprendizagem ativa é uma ideia importante, porém cheia de buzzwords e fórmulas tão rígidas quanto as práticas que ela se propõe a mudar. ”
2. “Excelente iniciativa esse survey. O espaço aberto para avaliação e comentários pode enriquecer o diagnóstico da prática de ensino e aprendizagem na POLI. Sugestão: enviar para os mesmos e-mails o trabalho completo quando este for finalizado, para que quem respondeu possa ter um retorno.”
3. “Parabéns pelo trabalho e muito êxito na sua realização.”
4. “Parabéns pela iniciativa!”
5. “Tema interessante. Quando tiver seu TCC pronto, compartilhe os resultados.”

8 CONCLUSÃO

Este trabalho mapeou as práticas de aprendizagem ativa no ensino de engenharia por meio de uma RSL e um survey com professores da Escola Politécnica da USP.

Os resultados da revisão sistemática revelam que os métodos mais aplicados, como Project-based Learning e Flipped Classroom, trazem benefícios importantes na formação de engenheiros, especialmente no desenvolvimento de habilidades práticas. No entanto, a revisão evidenciou lacunas importantes. Apesar do aumento no número de estudos sobre essas metodologias, ainda há escassez de pesquisas empíricas que avaliem seu impacto a longo prazo.

Os resultados do survey indicam que, apesar de reconhecerem o valor das práticas de aprendizagem ativa, os docentes enfrentam barreiras para aplicá-las, como falta de experiência, apoio institucional e dificuldades com turmas grandes. Embora muitos professores considerem que não há resistência dos alunos à adoção de novas práticas, alguns relatam desafios para estimular a participação ativa em sala de aula. Observa-se, a partir das respostas, que várias práticas de aprendizagem ativa ainda são pouco conhecidas entre os professores, apontando a necessidade de maior disseminação e capacitação na instituição. Aqueles que já tiveram contato com essas práticas as enxergam de forma positiva, considerando-as aliadas no desenvolvimento de conhecimentos e habilidades dos estudantes. Contudo, entendem que o desenvolvimento de atitudes positivas é um processo mais profundo, o que dificulta a avaliação de impacto.

Tanto a RSL quanto o survey apresentam limitações. Uma limitação específica da RSL deste trabalho foi o fato de que apenas um revisor foi responsável pela seleção, avaliação e análise dos artigos incluídos na revisão. Embora tenham sido adotados critérios rigorosos de inclusão e exclusão, a presença de um único revisor forçou a limitação para um certo número de artigos a serem revisados, utilizando o critério arbitrário de filtrar apenas artigos com cinco ou mais citações por ano.

Em relação ao survey, uma limitação é que ele reflete a realidade de uma única escola

de engenharia. Embora a Escola Politécnica da USP seja uma instituição de referência, os resultados podem não ser generalizáveis para outras instituições de ensino. Outra limitação está relacionada à qualidade das respostas: apesar da taxa de resposta razoável de 22,9%, pode haver distorções na interpretação das perguntas pelos respondentes ou pelos pesquisadores. Além disso, é possível que os professores menos interessados no tema tenham sido menos propensos a responder ao questionário.

Pesquisas futuras devem focar em estudos longitudinais que acompanhem o impacto das metodologias de aprendizagem ativa na trajetória profissional dos alunos. Comparações entre diferentes contextos geográficos e socioeconômicos também podem oferecer insights. A integração de novas tecnologias, como inteligência artificial, surge como uma área promissora.

Uma extensão natural deste trabalho seria a atualização periódica da RSL e do survey, além de replicar o estudo em outras instituições de ensino superior ou com a participação dos alunos, a contraparte das práticas ativas.

Este trabalho contribui para o avanço das discussões sobre práticas de aprendizagem ativa no ensino de engenharia, oferecendo um panorama atualizado da literatura e um levantamento das percepções dos professores de uma instituição específica sobre a aplicação dessas metodologias. Os resultados obtidos servem como subsídio para a formação de engenheiros mais preparados para enfrentar os desafios do futuro.

O desenvolvimento desta monografia proporcionou ao autor a oportunidade de aprofundar-se em um tema relevante e adquirir conhecimentos e habilidades significativas. O estudo das metodologias de aprendizagem ativa e a experiência prática no desenvolvimento da RSL e do survey foram conquistas importantes nesse processo.

REFERÊNCIAS

- BLATNER, A. *Foundations of Psychodrama: History, Theory, and Practice*. 4th. ed. New York, NY: Springer Publishing, 2002.
- BONWELL, C. C.; EISON, J. A. *Active learning: creating excitement in the classroom*. Washington, DC: The George Washington University, 1991. (ASHE-ERIC Higher Education Report).
- BORREGO, M. Development of engineering education as a rigorous discipline: A study of the publication patterns of four coalitions. *Journal of Engineering Education*, v. 96, n. 1, p. 5–18, 2007.
- BORREGO, M.; FOSTER, M. J.; FROST, L. Understanding student knowledge structure in engineering: Interdisciplinary perspectives. *Journal of Engineering Education*, v. 103, n. 1, p. 32–52, 2014.
- BRERETON, P. et al. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *Journal of Systems and Software*, v. 80, n. 4, p. 571–583, 2007.
- BRYMAN, A. *Social research methods*. 5th. ed. Oxford: Oxford University Press, 2016.
- CRAWLEY, E. F. et al. *Rethinking engineering education: The CDIO approach*. 2nd. ed. Cham: Springer, 2014.
- CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. 5th. ed. Thousand Oaks: Sage, 2018.
- DILLMAN, D. A.; SMYTH, J. D.; CHRISTIAN, L. M. *Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys: The tailored design method*. 4th. ed. Hoboken: Wiley, 2014.
- FELDER, R. M.; BRENT, R. *Teaching and learning STEM: A practical guide*. San Francisco: Jossey-Bass, 2016.
- FINK, A. *Conducting research literature reviews: From the Internet to paper*. 2nd. ed. Thousand Oaks: Sage, 2005.
- FLOR, F. de la; GARCÍA, R.; PÉREZ, M. Educational escape room for heat transfer learning in chemical engineering: An innovative gamification approach. *Journal of Chemical Education*, v. 97, n. 4, p. 540–550, 2020.
- FOGG-ROGERS, L.; HIGHAM, L.; LINTOTT, A. Peer review as a learning tool in engineering education. *European Journal of Engineering Education*, v. 42, n. 1, p. 1–15, 2017.
- FORSYTH, D. R. *Group dynamics*. 7th. ed. Belmont: Wadsworth, 2018.

- FOWLER, F. J. *Survey research methods*. 6th. ed. Thousand Oaks: Sage, 2022.
- FRANK, J. R.; SNELL, L.; SHERBINO, J. *CanMEDS 2015 Physician Competency Framework*. Ottawa: Royal College of Physicians and Surgeons of Canada, 2015.
- FREEMAN, S. et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 111, n. 23, p. 8410–8415, 2014.
- GABA, D. M. The future vision of simulation in healthcare. *Simulation in Healthcare*, v. 2, n. 2, p. 126–135, 2007.
- GARCÍA, E.; DELGADO, A.; TORREZ, D. Serious games for teaching software engineering standards: The requengin experience. *Computer Applications in Engineering Education*, v. 28, n. 3, p. 400–412, 2020.
- GOMERSALL, J. S. et al. Conducting systematic reviews of economic evaluations. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, v. 13, n. 3, p. 170–178, 2015.
- GOSEN, J.; WASHBUSH, J. A. A review of scholarship on assessing experiential learning effectiveness. *Simulation & Gaming*, v. 35, n. 2, p. 270–293, 2004.
- HANEEM, F. et al. Descriptive analysis and text analysis in systematic literature review: a review of master data management. In: IEEE. *2017 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS)*. [S.l.], 2017. p. 1–6.
- HERAS, S. Caño de las; PEREZ, A.; LOPEZ, F. Virtual lab in chemical and biochemical engineering: Applications and challenges in fermentation experiments. *International Journal of Engineering Education*, v. 37, n. 2, p. 178–192, 2021.
- HOFSTEIN, A. The role of laboratory work in science education: Foundations and reflections. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 18, p. 12–24, 2017.
- HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, v. 88, n. 1, p. 28–54, 2004.
- HÖLTTA-OTTO, K. et al. Measuring critical thinking in engineering education through systematic reviews. *Engineering Studies*, v. 10, n. 2, p. 167–180, 2022.
- JOHNSON, D. W.; JOHNSON, F. P. *Joining together: Group theory and group skills*. 12th. ed. Boston: Pearson, 2017.
- LAPITAN, L. D.; TIU, D.; FLORES, M. Online flipped classroom with collaborative learning in analytical chemistry for chemical engineering. *Journal of Chemical Education*, v. 100, n. 3, p. 541–552, 2023.
- LEEDY, P. D.; ORMROUND, J. E.; PIERSON, E. T. *Practical research: Planning and design*. 11th. ed. New York: Pearson, 2014.
- LIMA, G. S. d. A.; MESQUITA, M. A. d. Práticas de aprendizagem ativa no ensino da engenharia: um survey com professores. *SBPEA*, VII, 2024.

- LUCKE, T.; DUNN, P. K.; CHRISTIE, M. Flipped classroom in fluid mechanics: Enhancing student engagement and motivation. *Australasian Journal of Engineering Education*, v. 22, n. 1, p. 1–8, 2017.
- LUDVIGSEN, M. S. et al. Using sandelowski and barroso's meta-synthesis method in advancing qualitative evidence. *Qualitative health research*, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 26, n. 3, p. 320–329, 2016.
- MENÉNDEZ, M. Hernández-de; MORALES-MORGADO, M.; MARTÍNEZ, V. Virtual laboratories in engineering education: A review. *International Journal of Engineering Education*, v. 35, n. 1, p. 3–17, 2019.
- MERRIAM, S. B. *Qualitative research: A guide to design and implementation*. San Francisco: Jossey-Bass, 2009.
- MICHAELSEN, L. K. et al. *Team-Based Learning: A Transformative Use of Small Groups in College Teaching*. Sterling: Stylus Publishing, 2004.
- Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Educação básica*. Brasília: MEC, 2018.
- Ministério da Educação. *Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Dispõe sobre a Base Nacional Comum Curricular da Formação Inicial de Professores da Educação Básica e institui a Política Nacional de Formação de Professores*. Brasília, DF: [s.n.], 2019. 43 p.
- Ministério da Educação. *Resolução nº 1, de 26 de março de 2021. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação continuada de professores da educação básica*. Brasília, DF: [s.n.], 2021. 20 p.
- NETO, R.; AMARAL, F. G. Teaching occupational health and safety in engineering using active learning: A systematic review. *Safety Science*, v. 158, p. 105999, 2024.
- OKOLI, C.; SCHABRAM, K. A guide to conducting a systematic literature review of information systems research. *Working Papers on Information Systems*, v. 10, n. 26, p. 1–51, 2010.
- PETITCREW, M.; ROBERTS, H. *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. Malden: Blackwell, 2008.
- POWER, J. Systematic reviews in engineering education: a catalyst for synthesizing evidence and driving impact. *International Journal of Engineering Pedagogy*, v. 11, n. 4, p. 45–57, 2021.
- PRINCE, M. Does active learning work? a review of the research. *Journal of Engineering Education*, v. 93, n. 3, p. 223–231, 2004.
- SCHOTTEN, M. et al. *A brief history of Scopus: The world's largest abstract and citation database of scientific literature*. Boca Raton: Auerbach Publications, 2017. 31–58 p.
- SUKACKÉ, V. et al. Towards active evidence-based learning in engineering education: A systematic literature review of pbl, pjbl, and cbl., 14 (21), 13955. *Sustainability*, v. 14, p. 21, 2022.

TEMPLINER, M.; PARÉ, G. A framework for guiding and evaluating literature reviews. *Communications of the Association for Information Systems*, v. 37, n. 1, p. 112–137, 2015.

THOMÉ, A. M. T.; SCAVARDA, L. F.; SCAVARDA, A. J. Conducting systematic literature review in operations management. *Production Planning & Control*, Taylor & Francis, v. 27, n. 5, p. 408–420, 2016.

XIAO, Y.; WATSON, M. Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of planning education and research*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 39, n. 1, p. 93–112, 2019.

YIN, R. K. *Case study research and applications: Design and methods*. 6th. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2018.

APÊNDICE A – ARTIGOS DA RSL

Neste anexo, são apresentados os 69 artigos aprovados na etapa 3.2.2 para fornecer um registro das etapas seguidas na metodologia de revisão de literatura. Como argumentam OKOLI; SCHABRAM (2010), essa documentação é importante para mostrar a transparência e permitir a reprodução e validação das etapas seguidas pelo autor.

A Tabela 4 apresenta os 18 artigos excluídos na etapa 3.3 e a Tabela 5 apresenta os 51 artigos selecionados nesta etapa.

Autores	Ano	Título
Al-Maatouk Q.; Othman M.S.; Aldraiweesh A.; Alturki U.; Al-Rahmi W.M.; Aljeraiwi A.A.	2020	Task-technology fit and technology acceptance model application to structure and evaluate the adoption of social media in academia
Álvarez Ariza J.; Nomesqui Galvis C.	2023	RaspyControl Lab: A fully open-source and real-time remote laboratory for education in automatic control systems using Raspberry Pi and Python
Castilla R.; Peña M.	2023	Jupyter Notebooks for the study of advanced topics in Fluid Mechanics
Clark R.M.; Stabryla L.M.; Gilbertson L.M.	2020	Sustainability coursework: student perspectives and reflections on design thinking
Cobos R.; Ruiz-Garcia J.C.	2021	Improving learner engagement in MOOCs using a learning intervention system: A research study in engineering education

Derting T.L.; Ebert-May D.; Henkel T.P.; Maher J.M.; Arnold B.; Passmore H.A.	2016	Assessing faculty professional development in STEM higher education: Sustainability of outcomes
François S.; Schevenels M.; Dooms D.; Jansen M.; Wambacq J.; Lombaert G.; Degrande G.; De Roeck G.	2021	Stabil: An educational Matlab toolbox for static and dynamic structural analysis
Garcia I.; Pacheco C.; Méndez F.; Calvo-Manzano J.A.	2020	The effects of game-based learning in the acquisition of “soft skills” on undergraduate software engineering courses: A systematic literature review
Hegarty B.; Thompson M.	2019	A teacher’s influence on student engagement: Using smartphones for creating vocational assessment ePortfolios
Lobo D.; Patel D.; Morainville J.; Shekhar P.; Abichandani P.	2021	Preparing Students for Drone Careers Using Active Learning Instruction
Lv Z.; Lu Z.; Wang P.	2015	A new learning function for Kriging and its applications to solve reliability problems in engineering
Magana A.J.; Karabiyik T.; Thomas P.; Jaiswal A.; Perera V.; Dworkin J.	2022	Teamwork facilitation and conflict resolution training in a HyFlex course during the COVID-19 pandemic
Menekse M.; Chi M.T.H.	2019	The role of collaborative interactions versus individual construction on students’ learning of engineering concepts
Ngo J.; Hwang B.-G.	2022	Critical Project Management Knowledge and Skills for Managing Projects with Smart Technologies
Ramasamy Ramamurthy S.; Roy N.	2018	Recent trends in machine learning for human activity recognition—A survey
Rodgers T.L.; Cheema N.; Vasanth S.; Jamshed A.; Alfutimie A.; Scully P.J.	2020	Developing pre-laboratory videos for enhancing student preparedness

Stump G.S.; Husman J.; Corby M.	2014	Engineering students' intelligence beliefs and learning
Tao A.; Huang Y.; Shinohara Y.; Caylor M.L.; Pashikanti S.; Xu D.	2019	EzCADD: A Rapid 2D/3D Visualization-Enabled Web Modeling Environment for Democratizing Computer-Aided Drug Design

Tabela 4: Artigos excluídos na etapa 3.3

Autores	Ano	Título
Abellán-Nebot J.V.	2020	Project-based experience through real manufacturing activities in mechanical engineering
Ahshan R.	2021	A framework of implementing strategies for active student engagement in remote/online teaching and learning during the covid-19 pandemic
Aliu J.; Aigbavboa C.	2023	Reviewing the trends of construction education research in the last decade: a bibliometric analysis
Baytiyeh H.; Naja M.K.	2017	Students' perceptions of the flipped classroom model in an engineering course: a case study
Bower M.; Dalgarno B.; Kennedy G.E.; Lee M.J.W.; Kenney J.	2015	Design and implementation factors in blended synchronous learning environments: Outcomes from a cross-case analysis
Caño De Las Heras S.; Kensington-Miller B.; Young B.; Gonzalez V.; Krühne U.; Mansouri S.S.; Baroutian S.	2021	Benefits and Challenges of a Virtual Laboratory in Chemical and Biochemical Engineering: Students' Experiences in Fermentation
Christie M.; de Graaff E.	2017	The philosophical and pedagogical underpinnings of Active Learning in Engineering Education

Das Neves R.M.; Lima R.M.; Mesquita D.	2021	Teacher competences for active learning in engineering education
De Araújo R.G.B.; Da Costa M.V.A.; Joseph B.; Sánchez J.G.	2020	Developing professional and entrepreneurship skills of engineering students through problem-based learning: A case study in Brazil
De Barros V.A.M.; Paiva H.M.; Hayashi V.T.	2023	Using PBL and Agile to Teach Artificial Intelligence to Undergraduate Computing Students
de la Flor D.; Calles J.A.; Espada J.J.; Rodríguez R.	2020	Application of escape lab-room to heat transfer evaluation for chemical engineers
Debiec P.	2018	Effective Learner-Centered Approach for Teaching an Introductory Digital Systems Course
DeMonbrun M.; Finelli C.J.; Prince M.; Borrego M.; Shekhar P.; Henderson C.; Waters C.	2017	Creating an Instrument to Measure Student Response to Instructional Practices
El-Adaway I.; Pierrakos O.; Truax D.	2015	Sustainable construction education using problem-based learning and service learning pedagogies
Fogg-Rogers L.; Lewis F.; Edmonds J.	2017	Paired peer learning through engineering education outreach

<p>Franco L.F.M.; da Costa A.C.; de Almeida Neto A.F.; Moraes Â.M.; Tambourgi E.B.; Miranda E.A.; de Castilho G.J.; Doubek G.; Dangelo J.V.H.; Fregolente L.V.; Lona L.M.F.; de La Torre L.G.; Alvarez L.A.; da Costa M.C.; Martinez P.F.M.; Ceriani R.; Zemp R.J.; Vieira R.P.; Maciel Filho R.; Vianna S.S.V.; Bueno S.M.A.; Vieira M.G.A.; Suppino R.S.</p>	2023	<p>A competency-based chemical engineering curriculum at the University of Campinas in Brazil</p>
<p>García I.; Pacheco C.; León A.; Calvo-Manzano J.A.</p>	2020	<p>A serious game for teaching the fundamentals of ISO/IEC/IEEE 29148 systems and software engineering – Lifecycle processes – Requirements engineering at undergraduate level</p>
<p>Garcia-Zubia J.; Cuadros J.; Romero S.; Hernandez-Jayo U.; Orduna P.; Guenaga M.; Gonzalez-Sabate L.; Gustavsson I.</p>	2017	<p>Empirical analysis of the use of the VISIR remote lab in teaching analog electronics</p>
<p>Hardebolle C.; Verma H.; Tormey R.; Deparis S.</p>	2022	<p>Gender, prior knowledge, and the impact of a flipped linear algebra course for engineers over multiple years</p>
<p>Hernández-de-Menéndez M.; Vallejo Guevara A.; Morales-Menendez R.</p>	2019	<p>Virtual reality laboratories: a review of experiences</p>
<p>Hernández-de-Menéndez M.; Vallejo Guevara A.; Tudón Martínez J.C.; Hernández Alcántara D.; Morales-Menendez R.</p>	2019	<p>Active learning in engineering education. A review of fundamentals, best practices and experiences</p>

Jahnke I.; Meinke-Kroll M.; Todd M.; Nolte A.	2022	Exploring Artifact-Generated Learning with Digital Technologies: Advancing Active Learning with Co-design in Higher Education Across Disciplines
Lapitan L.D., Jr; Chan A.L.A.; Sabarillo N.S.; Sumalinog D.A.G.; Diaz J.M.S.	2023	Design, implementation, and evaluation of an online flipped classroom with collaborative learning model in an undergraduate chemical engineering course
Lattuca L.R.; Bergom I.; Knight D.B.	2014	Professional development, departmental contexts, and use of instructional strategies
Lino Alves J.; Duarte T.	2023	Teaching ceramic materials in mechanical engineering: An active learning experience
López-Fernández D.; Ezquerro J.M.; Rodríguez J.; Porter J.; Lapuerta V.	2019	Motivational impact of active learning methods in aerospace engineering students
Lopez-Fernandez D.; Gordillo A.; Ortega F.; Yague A.; Tovar E.	2021	LEGO® Serious Play in Software Engineering Education
López-Fernández D.; Salgado Sánchez P.; Fernández J.; Tinao I.; Lapuerta V.	2020	Challenge-Based Learning in Aerospace Engineering Education: The ESA Concurrent Engineering Challenge at the Technical University of Madrid
Luburić N.; Slivka J.; Sladić G.; Milosavljević G.	2021	The challenges of migrating an active learning classroom online in a crisis
Lucke T.; Dunn P.K.; Christie M.	2017	Activating learning in engineering education using ICT and the concept of ‘Flipping the classroom’
Magana A.J.; Vieira C.; Boutin M.	2018	Characterizing Engineering Learners’ Preferences for Active and Passive Learning Methods

McCrum D.P.	2017	Evaluation of creative problem-solving abilities in undergraduate structural engineers through interdisciplinary problem-based learning
McLaughlin J.E.; White P.J.; Khanova J.; Yuriev E.	2016	Flipped Classroom Implementation: A Case Report of Two Higher Education Institutions in the United States and Australia
Mitchell J.E.; Rogers L.	2020	Staff perceptions of implementing project-based learning in engineering education
Mora H.; Signes-Pont M.T.; Fuster-Guilló A.; Pertegal-Felices M.L.	2020	A collaborative working model for enhancing the learning process of science & engineering students
Morais P.; Ferreira M.J.; Veloso B.	2021	Improving Student Engagement with Project-Based Learning: A Case Study in Software Engineering
Nadeem M.; Lal M.; Cen J.; Sharsheer M.	2022	AR4FSM: Mobile Augmented Reality Application in Engineering Education for Finite-State Machine Understanding
Najdanovic-Visak V.	2017	Team-based learning for first year engineering students
Pospíšilová L.; Rohlíková L.	2023	Reforming higher education with ePortfolio implementation, enhanced by learning analytics
Reis A.C.B.; Barbalho S.C.M.; Zanette A.C.D.	2017	A bibliometric and classification study of Project-based Learning in Engineering Education
Rodríguez J.; Laverón-Simavilla A.; Del Cura J.M.; Ezquerro J.M.; Lapuerta V.; Cordero-Gracia M.	2015	Project Based Learning experiences in the space engineering education at Technical University of Madrid

Ruslan M.S.H.; Bilad M.R.; Noh M.H.; Sufian S.	2021	Integrated project-based learning (IPBL) implementation for first year chemical engineering student: DIY hydraulic jack project
Shekhar P.; Demonbrun M.; Borrego M.; Finelli C.; Prince M.; Henderson C.; Waters C.	2015	Development of an observation protocol to study undergraduate engineering student resistance to active learning
Shekhar P.; Prince M.; Finelli C.; Demonbrun M.; Waters C.	2019	Integrating quantitative and qualitative research methods to examine student resistance to active learning
Solmaz S.; Dominguez Alfaro J.L.; Santos P.; Van Puyvelde P.; Van Gerven T.	2021	A practical development of engineering simulation-assisted educational AR environments
Tan S.; Shen Z.	2018	Hybrid Problem-Based Learning in Digital Image Processing: A Case Study
Van den Beemt A.; Groothuysen S.; Ozkan L.; Hendrix W.	2023	Remote labs in higher engineering education: engaging students with active learning pedagogy
Villanueva I.; Campbell B.D.; Raikes A.C.; Jones S.H.; Putney L.G.	2018	A Multimodal Exploration of Engineering Students' Emotions and Electrodermal Activity in Design Activities
Vodovozov V.; Raud Z.; Petlenkov E.	2021	Challenges of active learning in a view of integrated engineering education
Yannier N.; Hudson S.E.; Koedinger K.R.	2020	Active Learning is About More Than Hands-On: A Mixed-Reality AI System to Support STEM Education
Yelamarthi K.; Drake E.	2015	A Flipped First-Year Digital Circuits Course for Engineering and Technology Students

Tabela 5: Artigos selecionados na etapa 3.3