



INTEGRAÇÃO ENTRE TEORIA E PRÁTICA NO ENSINO DE ENGENHARIA: UMA EXPERIÊNCIA COM METODOLOGIAS ATIVAS NA DISCIPLINA DE TRATAMENTOS TERMOMECÂNICOS

INTEGRATION OF THEORY AND PRACTICE IN ENGINEERING EDUCATION: AN EXPERIENCE WITH ACTIVE LEARNING METHODOLOGIES IN A THERMOMECHANICAL TREATMENTS COURSE

Bernardo Pompermayer Eduardo¹, Laércio Rosignoli Guzela², Rafaela Martins Ribeiro³

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v45p403-420.2026

RESUMO: Diante da necessidade de atualização das práticas de Ensino em Engenharia, as metodologias ativas têm sido adotadas como estratégias para promover maior protagonismo discente. Nesse contexto, este artigo analisa a aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project-Based Learning* – PBL) e da Aprendizagem Colaborativa na disciplina de Tratamentos Termomecânicos, ofertada nos cursos de Engenharia Metalúrgica e Engenharia de Materiais. A disciplina foi estruturada a partir de um projeto experimental integrado, envolvendo planejamento de rotas de processamento termomecânico, simulação computacional, execução prática em laboratório, caracterização microestrutural e avaliação de propriedades mecânicas. A análise baseou-se em observações docentes, registros das atividades desenvolvidas ao longo do semestre e *feedback* qualitativo dos estudantes, obtido ao final da disciplina. Os dados obtidos nessa experiência indicam elevado engajamento discente, maior articulação entre teoria e prática e o desenvolvimento de competências relevantes à formação em Engenharia, tais como autonomia, tomada de decisão, pensamento crítico e trabalho em equipe. Conclui-se que a utilização das metodologias ativas contribuiu para qualificar o processo de ensino-aprendizagem, alinhando a experiência formativa às demandas contemporâneas da Educação em Engenharia.

PALAVRAS-CHAVE: metodologias ativas; Aprendizagem Baseada em Projetos; Aprendizagem Colaborativa; Ensino de Engenharia; Engenharia Metalúrgica e de Materiais.

ABSTRACT: Given the need to update teaching practices in engineering education, active learning methodologies have been adopted as strategies to promote greater student protagonism. In this context, this paper analyzes the application of Project-Based Learning (PBL) and Collaborative Learning in the Thermomechanical Treatments course offered to the Metallurgical Engineering and Materials Engineering undergraduate programs. The course was structured around an integrated experimental project involving thermomechanical processing route planning, computational simulation, laboratory-based experimental execution, microstructural characterization, and mechanical property evaluation. The analysis was based on instructor observations, records of activities developed throughout the semester, and qualitative student feedback collected at the end of the course. The data obtained from this educational experience indicate high student engagement, stronger integration between theory and practice, and the development of competencies relevant to engineering education, such as autonomy, decision-making, critical thinking, and teamwork. It is concluded that the use of active learning methodologies contributed to enhancing the teaching-learning process by aligning the educational experience with contemporary demands in Engineering Education.

KEYWORDS: active learning methodologies; Project-based Learning; Collaborative Learning Methodologies; Engineering Education; Metallurgical and Materials Engineering.

¹ Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais - PEMM, bernardopeduardo@metalmat.ufrj.br

² Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais - PEMM, laercio@metalmat.ufrj.br

³ Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais - PEMM, rafaella@metalmat.ufrj.br



INTRODUÇÃO

As Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia no Brasil enfatizam a formação de profissionais capazes de atuar de forma crítica, autônoma e integrada diante de problemas complexos e multidimensionais (Brasil, 2019). Essa orientação reflete um cenário de transformações tecnológicas, econômicas e sociais, que vêm redefinindo o perfil de competências esperado dos engenheiros, exigindo maior capacidade de integração de conhecimentos, tomada de decisão, comunicação e atuação multidisciplinar (UNESCO, 2021). Nesse contexto, estudos sobre o Ensino de Engenharia têm evidenciado limitações de modelos pedagógicos predominantemente expositivos e descontextualizados, baseados na transmissão passiva de conteúdos, reforçando a necessidade de estratégias que promovam maior envolvimento discente e integração entre teoria e prática (Prince, 2004; Ríos *et al.*, 2010; Coskun *et al.*, 2019).

As metodologias ativas configuram-se como abordagens pedagógicas que atribuem ao estudante um papel central no processo de aprendizagem, enfatizando sua participação ativa nos processos de investigação, problematização, tomada de decisão e reflexão crítica, com o docente atuando como mediador do processo formativo (Prince, 2004; Senthamarai, 2018). Entre essas abordagens, destacam-se a Aprendizagem Baseada em Projetos (Project-Based Learning – PBL) e a Aprendizagem Colaborativa, amplamente discutidas como estratégias capazes de favorecer o desenvolvimento de competências relevantes à formação em Engenharia (Ríos *et al.*, 2010; Zanutto *et al.*, 2024). Essas metodologias deslocam o foco do ensino baseado na transmissão de conteúdos isolados para uma aprendizagem integrada por meio da experimentação, ao aproximar o estudante de situações reais de tomada de decisão (Menéndez *et al.*, 2019).

A PBL estrutura o processo formativo a partir do desenvolvimento de projetos contextualizados, estimulando o planejamento, a análise de dados, a revisão de decisões e a avaliação crítica de resultados, o que favorece o desenvolvimento de autonomia, responsabilidade técnica e capacidade de resolução de problemas (Ríos *et al.*, 2010). De forma complementar, a Aprendizagem Colaborativa contribui para o desenvolvimento de competências associadas ao trabalho em equipe, à comunicação técnica e à corresponsabilidade pelas decisões, sendo reconhecida como estratégia eficaz para ampliar o engajamento discente e desenvolver habilidades alinhadas às exigências do mundo do trabalho (Johnson *et al.*, 2009; Maioli *et al.*, 2025; Silva *et al.*, 2025).



Além de favorecer a aprendizagem e o desenvolvimento de competências, a literatura indica que as metodologias ativas podem contribuir para o aumento da retenção de estudantes em cursos de Engenharia, ao promoverem maior participação, motivação, senso de pertencimento e percepção da relevância dos conteúdos, quando comparadas às abordagens expositivas (Kvam, 2000).

No contexto da Engenharia Metalúrgica e de Materiais, disciplinas associadas aos processos de fabricação e à caracterização apresentam elevado potencial para a aplicação dessas metodologias, por envolverem relações complexas entre processamento, microestrutura e propriedades e demandarem a integração de conhecimentos de diferentes componentes curriculares.

Esse potencial torna-se particularmente relevante diante dos desafios relacionados à formação e à disponibilidade de profissionais qualificados para atender às demandas da indústria, reforçando a necessidade de tornar os cursos de graduação mais atrativos e alinhados às competências requeridas pelo mercado de trabalho (ABM, 2024; UNESCO, 2021). Experiências em áreas técnicas indicam maior engajamento discente, aprendizagem mais significativa e desenvolvimento de competências alinhadas à atuação profissional (Gomes, 2021; Zanotto, 2024).

Apesar desses avanços, ainda são escassos os estudos que analisem a aplicação combinada da PBL e da Aprendizagem Colaborativa em disciplinas técnicas, especialmente no contexto da Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo apresentar e analisar a experiência de implementação dessas metodologias na disciplina de Tratamentos Termomecânicos, ofertada aos cursos de Engenharia Metalúrgica e Engenharia de Materiais da Escola Politécnica da UFRJ, discutindo seus impactos pedagógicos, suas potencialidades e suas limitações.

METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa de natureza avaliativa, baseada no relato de uma experiência pedagógica de aplicação de metodologias ativas no Ensino de Engenharia. A investigação teve como objetivo avaliar os impactos da Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL) e da Aprendizagem Colaborativa no processo de ensino-aprendizagem, no desenvolvimento de competências técnicas e pessoais e na percepção discente



sobre a experiência formativa, permitindo a compreensão tanto dos resultados quanto dos processos pedagógicos envolvidos em um contexto real de sala de aula e laboratório.

Características da disciplina

A pesquisa foi desenvolvida na disciplina de Tratamentos Termomecânicos, ofertada nos cursos de Engenharia Metalúrgica e Engenharia de Materiais, com carga horária de 45 horas e participação de cinco estudantes. A execução das atividades contou com uma equipe formada pela docente responsável, um técnico de laboratório e um aluno de doutorado.

A disciplina integrou um projeto-piloto de inovação pedagógica alinhado às diretrizes institucionais de modernização dos projetos pedagógicos dos cursos de Engenharia e foi estruturada com base nas metodologias ativas de PBL e Aprendizagem Colaborativa. O eixo central consistiu no desenvolvimento de um projeto experimental integrado, envolvendo planejamento de rotas de processamento termomecânico, simulações computacionais, execução experimental, caracterização microestrutural e avaliação de propriedades mecânicas.

Planejamento pedagógico

As atividades foram organizadas para integrar conteúdos técnicos, práticas experimentais e o desenvolvimento de competências profissionais, em consonância com as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia (Brasil, 2019). O planejamento da disciplina foi previamente elaborado e submetido à avaliação institucional, incluindo a estratégia de aplicação das metodologias ativas.

Desde o início do semestre, os estudantes foram estimulados a assumir um papel ativo no planejamento, na execução e na análise das atividades, com a docente atuando como mediadora do processo formativo. O planejamento combinou momentos expositivos, voltados à construção da base conceitual, com etapas de acompanhamento e reflexão por meio de seminários e discussões coletivas.



Aplicação das metodologias ativas ao longo da disciplina

As metodologias ativas foram aplicadas nas etapas de planejamento, simulação, execução experimental e análise dos resultados. A PBL foi adotada como estratégia central do projeto experimental, especialmente nas fases de definição das rotas de processamento, simulação computacional no *software* DEFORM-3D e execução dos processos de laminação, nas quais os estudantes assumiram responsabilidade pelo planejamento, pela tomada de decisão e pelos ajustes ao longo do processo. A Aprendizagem Colaborativa foi empregada principalmente nas atividades de caracterização microestrutural, avaliação de propriedades mecânicas e análise dos resultados, favorecendo a construção coletiva do conhecimento e a discussão técnica. Os seminários complementaram a estratégia pedagógica, permitindo a exposição de resultados parciais, a análise crítica das decisões e o replanejamento das etapas subsequentes. A Tabela 1 sintetiza a aplicação das metodologias ativas ao longo da disciplina.

Tabela 1 – Aplicação das metodologias ativas ao longo da disciplina

Temas das aulas	Metodologia ativa aplicada	Forma de execução
Introdução ao curso e aspectos gerais	—	Aula teórica com apresentação do plano do curso, metodologia e avaliação; introdução aos processos industriais e ao material utilizado no projeto
Relações entre processamento, microestrutura e propriedades	—	Aula teórica sobre determinação de parâmetros-chave de processamento a partir dos dados do laminador
Modelos computacionais de processamento (prática)	Aprendizagem Baseada em Projetos	Construção do modelo virtual do laminador no <i>software</i> de processamento termomecânico
Modelos computacionais de processamento (prática)	Aprendizagem Baseada em Projetos	Simulação das rotas de processamento definidas pelos alunos (<i>software</i> DEFORM-3D)
Processos de restauração estáticos e dinâmicos	—	Aula teórica sobre tratamentos térmicos, microestruturas esperadas e técnicas de caracterização
Laminação a quente (prática)	Aprendizagem Baseada em Projetos	Execução experimental seguindo os planos de passe definidos; comparação entre resultados simulados e experimentais e ajustes em tempo real
Laminação a frio (prática)	Aprendizagem Baseada em Projetos	Execução experimental; análise de defeitos de laminação e redefinição do planejamento
Evolução microestrutural (prática)	Aprendizagem Colaborativa	Preparação de amostras e análise microestrutural por microscopia ótica



Apresentação 1	Seminários	Apresentação de resultados parciais, análise crítica e redefinição das etapas seguintes
Avaliação de propriedades mecânicas (prática)	Aprendizagem Colaborativa	Execução de ensaios de dureza Rockwell e Brinell
Tratamentos térmicos – princípios gerais	—	Aula teórica e definição coletiva dos parâmetros de tratamento térmico
Apresentação 2	Seminários	Discussão dos resultados parciais e ajustes no planejamento
Efeito da temperatura e taxa de resfriamento (prática)	Aprendizagem Colaborativa	Execução dos tratamentos térmicos e preparação metalográfica
Efeito dos tratamentos térmicos nas propriedades	Aprendizagem Colaborativa	Medidas de dureza e ensaio de impacto Charpy
Apresentação final e relatório técnico	Seminários	Apresentação dos resultados consolidados, análise crítica do projeto e da metodologia; entrega e feedback do relatório técnico

Fonte: elaborada pelos autores.

Coleta e análise de dados

A coleta de dados ocorreu de forma contínua ao longo da disciplina e ao seu término, sendo realizada de maneira estruturada. Foram consideradas três fontes principais de dados:

- i) Observações sistemáticas realizadas pela docente responsável e pela equipe executora durante aulas teóricas, práticas laboratoriais e seminários. As observações tiveram como foco aspectos previamente definidos: engajamento dos estudantes, autonomia na condução das atividades, participação em discussões técnicas, trabalho em equipe, capacidade de planejamento, tomada de decisão e resposta a situações imprevistas durante o desenvolvimento do projeto.
- ii) Registros das atividades desenvolvidas ao longo do semestre, incluindo o planejamento das rotas de processamento termomecânico, apresentações de seminários, resultados de simulações computacionais, dados experimentais, análises microestruturais, registros das atividades laboratoriais e o relatório técnico final elaborado pelos estudantes.
- iii) *Feedback* discente obtido por meio de registros de discussões realizadas durante os seminários e de entrevistas conduzidas ao final da disciplina. As entrevistas seguiram um roteiro previamente elaborado, contendo perguntas abertas sobre: a integração entre teoria e prática; as contribuições das metodologias ativas para a aprendizagem; o desenvolvimento de competências técnicas e pessoais; as principais dificuldades encontradas durante a disciplina; e sugestões de melhoria



para futuras ofertas. Com o objetivo de aprofundar temas emergentes, perguntas complementares foram realizadas, quando necessário, a partir das respostas dos estudantes. As entrevistas foram registradas por meio de gravação de áudio e posteriormente transcritas para análise.

As entrevistas foram analisadas em conjunto com as observações realizadas durante as aulas e com os materiais produzidos pelos estudantes ao longo do semestre. Essa estratégia permitiu examinar em que medida as percepções relatadas pelos discentes encontravam respaldo em evidências observáveis do processo formativo, como a participação nas atividades, a evolução do planejamento das rotas de processamento, a qualidade das discussões técnicas, a capacidade de lidar com problemas experimentais e a articulação entre resultados simulados e experimentais. A integração dessas fontes favoreceu uma análise contextualizada da experiência pedagógica, permitindo compreender não apenas as percepções dos estudantes, mas também como essas percepções se manifestaram nas atividades desenvolvidas ao longo da disciplina.

Os dados qualitativos foram analisados buscando identificar padrões recorrentes nos relatos dos participantes. As categorias de análise foram definidas *a posteriori*, a partir dos temas identificados durante a análise dos dados. Inicialmente, os relatos foram agrupados em dois eixos principais – pontos positivos e aspectos a melhorar – e, posteriormente, subdivididos em questões relacionadas ao conteúdo da disciplina e ao uso das metodologias ativas. As observações da equipe executora e os registros das atividades foram utilizados como fontes complementares para confrontar a percepção discente com evidências observáveis ao longo do processo formativo.

Avaliação do desempenho discente e competências analisadas

Os métodos de avaliação da disciplina foram concebidos de forma coerente com as metodologias ativas adotadas, incluindo a participação nas atividades, o desempenho nas práticas laboratoriais, as apresentações nos seminários e a elaboração do relatório técnico final. As avaliações foram analisadas à luz de um conjunto de competências técnicas, pessoais e profissionais, definidas com base no plano de ensino da disciplina e nas Diretrizes Curriculares Nacionais. A Tabela 2 apresenta a relação entre os instrumentos de avaliação e as competências associadas.



Tabela 2 – Relação entre instrumentos de avaliação e competências desenvolvidas na disciplina

Instrumentos de avaliação	Competências técnicas avaliadas	Competências pessoais e técnicas avaliadas
Participação nas atividades teóricas e práticas	Compreensão dos fundamentos de processamento termomecânico	Engajamento; responsabilidade; iniciativa
Planejamento das rotas de processamento	Integração entre simulação computacional, cálculos teóricos e processamento experimental	Autonomia; organização; tomada de decisão
Execução das práticas laboratoriais	Aplicação de conceitos e técnicas de laminação e tratamentos térmicos	Trabalho em equipe; responsabilidade técnica; tomada de decisão
Análise de resultados experimentais e computacionais	Interpretação e análise crítica de dados	Pensamento crítico; flexibilidade; capacidade analítica
Seminários intermediários	Comunicação de resultados técnicos	Comunicação técnica oral; trabalho em equipe; corresponsabilidade
Relatório técnico final	Sistematização e análise integrada dos resultados	Comunicação escrita; síntese; pensamento crítico

Fonte: elaborada pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Percepção discente

A análise do *feedback* discente fornece evidências qualitativas sobre os impactos da experiência pedagógica, permitindo avaliar a efetividade das metodologias ativas adotadas na turma avaliada e sua contribuição para o desenvolvimento de competências técnicas e pessoais associadas aos objetivos de aprendizagem da disciplina.

Uso das metodologias ativas na disciplina

Os estudantes destacaram a integração entre teoria e prática como um dos principais diferenciais da disciplina. O desenvolvimento de um projeto experimental completo, orientado pelos princípios da Aprendizagem Baseada em Projetos, foi percebido como uma oportunidade de aplicar conhecimentos de diferentes disciplinas em situações reais, superando a fragmentação tradicional do currículo. Essa abordagem favoreceu a compreensão da importância das decisões tomadas nas etapas iniciais do projeto e de seus impactos nas fases subsequentes, aspecto central da PBL.



Os relatos dos estudantes e as observações realizadas ao longo da disciplina sugerem que a dinâmica baseada em projetos também contribuiu para o desenvolvimento de uma visão aplicada da Engenharia, associada à capacidade de planejar processos, tomar decisões fundamentadas e adaptar estratégias diante de limitações reais de materiais, equipamentos e tempo. A necessidade de lidar com resultados inesperados, defeitos de processamento e restrições experimentais foi apontada como um elemento formativo relevante, aproximando a experiência acadêmica do contexto industrial. Nesse sentido, os estudantes mencionaram a compreensão do ciclo Planejar–Executar–Verificar–Agir (PDCA) aplicado aos processos de engenharia.

A Aprendizagem Colaborativa foi valorizada especialmente nas etapas de caracterização microestrutural, avaliação de propriedades mecânicas e discussão dos resultados. O trabalho em equipe, a divisão de tarefas e as discussões técnicas coletivas ampliaram a aprendizagem e favoreceram a troca de conhecimentos. Os seminários foram percebidos como momentos relevantes de reflexão, identificação de desvios e redefinição de estratégias.

Entre os pontos a melhorar, os estudantes indicaram a necessidade de dedicar mais tempo às simulações computacionais e de realizá-las de forma mais aprofundada antes da execução experimental. Também foi mencionada a elevada carga de atividades em relação à carga horária disponível, sugerindo ajustes no planejamento temporal para preservar a profundidade das análises.

Impacto da disciplina no desenvolvimento de competências técnicas e pessoais

Os estudantes relataram avanços no planejamento de processos de conformação e tratamentos térmicos, na compreensão das relações entre processamento, microestrutura e propriedades mecânicas e na interpretação de resultados experimentais e computacionais. A experiência prática com equipamentos de laboratório foi considerada fundamental para consolidar os conceitos discutidos teoricamente.

Também foi destacada a maior familiaridade com práticas comuns da indústria, como análise de materiais no estado recebido, adaptação de normas e avaliação de lotes. Por outro lado, foram identificadas dificuldades iniciais na articulação de conteúdos de disciplinas cursadas anteriormente, indicando a necessidade de um reforço conceitual no início do semestre.

Quanto às competências pessoais e profissionais, os relatos evidenciam o desenvolvimento de autonomia, pensamento crítico, capacidade de



planejamento e trabalho em equipe. A liberdade para definir parâmetros de processamento e conduzir as atividades experimentais foi apontada como fator determinante para o aumento do senso de responsabilidade. A análise de falhas e resultados inesperados contribuiu para o fortalecimento da tomada de decisão em contextos imprevisíveis.

De forma geral, o *feedback* discente indica um impacto positivo no desenvolvimento de competências técnicas e pessoais, ao mesmo tempo em que revela a necessidade de ajustes relacionados ao tempo disponível e ao aprofundamento de algumas atividades. Relatos semelhantes também foram documentados por Seabra (2023) e Oliveira (2021).

Avaliação da equipe executora

Uso das metodologias ativas na disciplina

A avaliação da equipe executora evidenciou que a transição para um modelo pedagógico centrado no discente representou um desafio inicial, especialmente no que se refere à autonomia, à tomada de decisão e ao protagonismo esperado. No início da disciplina, os estudantes demonstraram desconforto diante da autonomia proposta, com insegurança para assumir responsabilidades e se posicionar nos processos decisórios, o que dificultou a organização do trabalho coletivo e a definição de um foco claro para o projeto.

No contexto da Aprendizagem Baseada em Projetos, observou-se que, embora os estudantes reconhecessem a importância teórica de determinadas atividades, muitos não possuíam experiência prática prévia para executá-las, como preparação metalográfica e ensaios mecânicos. Essa lacuna gerou insegurança na execução das tarefas e dependência frequente da validação da equipe executora. Também foram identificadas dificuldades no planejamento detalhado das atividades, especialmente na antecipação de variáveis que impactariam a execução experimental.

Outro aspecto relevante foi a limitação inicial na análise de falhas e resultados inesperados, com demora na identificação de causas e na proposição de ações corretivas. O desconhecimento de práticas formais de gestão de projetos e de registros técnicos associados demandou a inclusão de conteúdos complementares ao longo da disciplina.

No âmbito da Aprendizagem Colaborativa, a equipe identificou dificuldades iniciais na discussão dos resultados com base em fundamentos técnicos



consolidados e na correlação entre modelos teóricos e condições reais. O trabalho em equipe e a gestão das informações relevantes para o projeto também representaram desafios nas etapas iniciais.

A atuação da docente como mediadora foi essencial para equilibrar a autonomia discente com a necessidade de orientação técnica, especialmente em atividades experimentais mais complexas. O suporte técnico mostrou-se fundamental para a viabilidade das práticas, a segurança dos ensaios e o aproveitamento do tempo em laboratório. Apesar da elevada demanda de tempo para planejamento, acompanhamento e avaliação processual, a equipe avaliou que os ganhos em engajamento, aprendizagem e aproximação com a prática profissional justificam o esforço adicional requerido.

Impacto da disciplina no desenvolvimento de competências técnicas e pessoais

Inicialmente, observou-se grande dificuldade no trabalho em equipe, o que impactou a corresponsabilização pelas decisões e retardou o avanço do projeto. Os estudantes mostraram-se mais habituados à divisão individual de tarefas do que à construção coletiva de decisões, exigindo acompanhamento próximo da equipe executora. Ao longo do semestre, contudo, foi percebido um aumento significativo no engajamento, considerado pela equipe executora superior ao observado em disciplinas expositivas.

Também houve evolução positiva na iniciativa e no protagonismo discente. Em relação à organização, observou-se aprimoramento progressivo ao longo da disciplina, embora persistissem dificuldades no registro técnico sistemático das atividades, refletidas no conteúdo do relatório final. Quanto à responsabilidade técnica, a equipe identificou insegurança na aplicação dos conhecimentos e na verbalização de opiniões técnicas, associada ao receio de errar, o que se refletiu na limitação de análises críticas mais aprofundadas dos desvios observados.

Observou-se evolução do pensamento crítico ao longo da disciplina, evidenciada pelo aumento da participação dos estudantes na discussão dos resultados, pela maior capacidade de relacionar os resultados experimentais às condições de processamento e pela crescente autonomia na proposição de ajustes e encaminhamentos para as etapas subsequentes do projeto. Apesar desse avanço, persistiram dificuldades na identificação das causas fundamentais de alguns desvios observados e na elaboração de análises críticas mais aprofundadas.



Por outro lado, os estudantes demonstraram boa flexibilidade na execução das tarefas propostas e evolução significativa da capacidade analítica ao final da disciplina, evidenciada pela maior confiança na análise de resultados e na tomada de decisões. Persistiram, contudo, limitações relacionadas à comunicação técnica oral e escrita, observadas nas apresentações e nos relatórios técnicos.

De forma integrada, a avaliação da equipe executora indica que a adoção das metodologias ativas promoveu avanços relevantes no desenvolvimento de competências técnicas e pessoais, ao mesmo tempo em que evidenciou fragilidades da formação prévia e desafios inerentes à implementação desse modelo pedagógico. Esses resultados reforçam a necessidade de planejamento cuidadoso, acompanhamento contínuo e apoio institucional, bem como a de ampliação do uso de metodologias ativas ao longo da graduação para potencializar o desenvolvimento discente e a consolidação dos conhecimentos técnicos.

Atendimento aos objetivos de aprendizagem

A análise do atendimento aos objetivos de aprendizagem foi realizada com base nas evidências obtidas ao longo da disciplina, incluindo observações da equipe executora, registros das atividades desenvolvidas pelos estudantes e entrevistas. As considerações apresentadas a seguir correspondem à interpretação dessas evidências no contexto específico da experiência analisada, não tendo a pretensão de generalizá-las para outros contextos de ensino.

No que se refere à compreensão do contexto do projeto e de sua relevância, observou-se que, apesar das dificuldades iniciais na delimitação do escopo e no entendimento do encadeamento das etapas, houve evolução progressiva ao longo do semestre. Essa evolução tornou-se evidente à medida que os estudantes passaram a reconhecer a interdependência entre as decisões tomadas nas fases iniciais e os resultados obtidos nas etapas subsequentes.

Quanto ao desenvolvimento da capacidade de planejamento e de tomada de decisão técnica, os estudantes demonstraram dificuldades iniciais na elaboração de planejamentos detalhados. Entretanto, a vivência recorrente do ciclo planejamento-execução-análise-correção resultou em maior autonomia, organização e confiança na definição de estratégias, sobretudo nas etapas finais do projeto.



O objetivo relacionado ao uso de simulações computacionais como apoio à tomada de decisão foi parcialmente atingido. Os estudantes relataram dificuldades na utilização das ferramentas e a necessidade de dedicar mais tempo a essa etapa. Ainda assim, a comparação entre resultados simulados e experimentais favoreceu ajustes nos planos de passe e contribuiu para a compreensão das limitações dos modelos computacionais, estimulando uma postura mais crítica diante das ferramentas de simulação.

O desenvolvimento de habilidades práticas e de responsabilidade técnica ocorreu de forma progressiva. Apesar da insegurança inicial na execução de atividades laboratoriais, observou-se evolução significativa na condução das práticas, com aumento da autonomia na execução das tarefas. De forma integrada, a articulação entre aulas teóricas, simulações, práticas experimentais e análises microestruturais permitiu a compreensão aplicada das relações entre processamento, microestrutura e propriedades, objetivo central da disciplina.

Por fim, quanto ao desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de lidar com incertezas, os estudantes passaram a reconhecer falhas e desvios como parte do processo de aprendizagem, embora tenham permanecido dificuldades na identificação das causas fundamentais desses desvios, indicando oportunidades de aprofundamento em futuras ofertas da disciplina.

Discussão integrada: aplicação das metodologias ativas na disciplina

A análise integrada dos dados provenientes da percepção discente e da avaliação da equipe executora permite discutir de forma consistente a aplicação das metodologias ativas na disciplina de Tratamentos Termomecânicos. Os resultados indicam que a adoção combinada da Aprendizagem Baseada em Projetos e da Aprendizagem Colaborativa ocorreu de forma alinhada ao planejamento pedagógico e aos objetivos formativos definidos no plano da disciplina.

A Aprendizagem Baseada em Projetos foi predominante nas etapas de definição do problema, planejamento das rotas de processamento, simulação computacional e execução experimental. Nessas fases, os estudantes assumiram um papel ativo na definição de parâmetros, na tomada de decisões técnicas e na realização de ajustes decorrentes de limitações experimentais ou de desvios em relação aos resultados simulados. Tanto o *feedback* discente quanto a avaliação da equipe executora indicam que essa abordagem favoreceu a integração entre conhecimentos teóricos, dados computacionais e resultados experimentais,



aproximando a experiência acadêmica de situações típicas da prática profissional em Engenharia. Esses achados estão em consonância com as Diretrizes Curriculares Nacionais e com a literatura que destaca o potencial da PBL para o desenvolvimento de autonomia, responsabilidade técnica e pensamento crítico (Bacich e Moran, 2017; Pavanelo *et al.*, 2017).

A Aprendizagem Colaborativa foi aplicada com maior intensidade nas atividades de caracterização microestrutural, avaliação das propriedades mecânicas e análise integrada dos resultados. Nessas etapas, o trabalho em grupo e as discussões técnicas foram fundamentais para lidar com o volume de dados gerado e para interpretar os resultados obtidos sob diferentes condições de processamento e tratamento térmico. A interação entre os estudantes favoreceu a construção coletiva do conhecimento e o desenvolvimento de competências associadas à comunicação técnica, ao trabalho em equipe e à corresponsabilidade pelas decisões adotadas.

A Tabela 3 sintetiza a aplicação das metodologias ativas nas diferentes etapas da disciplina e evidencia que a ocorrência de falhas, desvios de processo e a necessidade de replanejamento, como observado na etapa de laminação a frio, constituíram elementos centrais do processo formativo. A vivência do ciclo Planejar-Executar-Verificar-Agir (PDCA), relatada pelos estudantes, contribuiu para a compreensão do caráter iterativo dos processos de Engenharia e para o desenvolvimento da capacidade de análise crítica e de tomada de decisão em contextos reais.

Tabela 3 – Aplicação das metodologias ativas e observações na implementação

Temas das aulas	Metodologia ativa aplicada	Observações na implementação da metodologia ativa
Modelos computacionais de processamento	Aprendizagem Baseada em Projetos	O uso da simulação computacional despertou o interesse dos alunos e favoreceu a compreensão dos parâmetros de processamento. Observou-se limitação de tempo para exploração aprofundada das funcionalidades da ferramenta.
Laminação a quente	Aprendizagem Baseada em Projetos	A execução experimental permitiu a comparação entre os resultados simulados e experimentais, evidenciando desvios e demandando ajustes em tempo real, reproduzindo desafios típicos de processos industriais.
Laminação a frio	Aprendizagem Baseada em Projetos	A ocorrência de falha no processamento exigiu análise de defeitos de laminação e redefinição do planejamento, caracterizando a aplicação do ciclo PDCA. Identificou-se a necessidade de maior tempo para análise crítica e redirecionamento da estratégia.



Evolução microestrutural	Aprendizagem Colaborativa	Em função do elevado número de condições analisadas, os estudantes atuaram de forma colaborativa, com divisão de tarefas para otimização do tempo. Foi necessário tempo adicional para treinamento nas atividades práticas.
Avaliação de propriedades mecânicas	Aprendizagem Colaborativa	A execução dos ensaios demandou tempo adicional para treinamento dos estudantes e apoio na interpretação dos resultados, reforçando o caráter formativo da atividade.
Efeito da temperatura e taxa de resfriamento e efeito dos tratamentos térmicos nas propriedades	Aprendizagem Colaborativa	Observou-se autonomia dos estudantes na definição dos parâmetros dos tratamentos térmicos e maior segurança na consolidação e análise dos resultados nas etapas finais do projeto.

Fonte: elaborado pelos autores.

Um aspecto recorrente na análise integrada refere-se ao elevado nível de engajamento e protagonismo discente promovido pela adoção das metodologias ativas. Os estudantes assumiram papel ativo no planejamento das atividades, na definição de parâmetros experimentais e na análise dos resultados, demonstrando envolvimento superior, de acordo com a avaliação da equipe executora, àquele tradicionalmente observado em disciplinas de caráter expositivo. Essa percepção está de acordo com a literatura que aponta o protagonismo do estudante como um dos principais diferenciais da Aprendizagem Baseada em Projetos (Pavanelo *et al.*, 2017; Vasconcelos *et al.*, 2021).

Outro resultado relevante diz respeito à integração entre teoria e prática. A articulação entre aulas teóricas, simulações computacionais, práticas laboratoriais e análise dos resultados contribuiu para uma compreensão mais aprofundada das relações entre processamento termomecânico, microestrutura e propriedades dos materiais, favorecendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada, conforme discutido na literatura sobre metodologias ativas no Ensino de Engenharia (Silva *et al.*, 2025; Rufino *et al.*, 2024).

Apesar dos resultados positivos, a análise integrada também evidencia desafios associados à implementação das metodologias ativas, como a carga horária limitada em relação à complexidade das atividades, a dificuldade inicial de retomada de conteúdos fundamentais e a necessidade de dedicar mais tempo à apropriação de ferramentas computacionais. Além disso, emergiu a demanda por maior exposição prévia a conteúdos de gestão de projetos, temática ainda pouco explorada nos cursos de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, mas essencial em contextos formativos baseados em projetos.



De forma geral, os resultados indicam que a articulação entre a Aprendizagem Baseada em Projetos e a Aprendizagem Colaborativa contribuiu para a construção de um ambiente formativo mais integrado e alinhado às demandas contemporâneas da formação em Engenharia. A experiência analisada demonstra que a implementação de metodologias ativas é viável mesmo em disciplinas de caráter altamente técnico e experimental, desde que sustentada por planejamento estruturado, acompanhamento contínuo e abertura para ajustes ao longo do processo formativo.

CONCLUSÕES

Este trabalho analisou a aplicação das metodologias de Aprendizagem Baseada em Projetos e Aprendizagem Colaborativa na disciplina de Tratamentos Termomecânicos, dos cursos de Engenharia Metalúrgica e Engenharia de Materiais da UFRJ. A disciplina foi estruturada a partir de um projeto experimental integrador, envolvendo planejamento de rotas de processamento, simulações computacionais, execução experimental, caracterização microestrutural e avaliação de propriedades mecânicas, em consonância com as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia.

Os resultados indicam que a aplicação das metodologias ativas ocorreu de forma alinhada ao planejamento pedagógico e contribuiu para uma maior integração entre teoria e prática. A Aprendizagem Baseada em Projetos mostrou-se eficaz nas etapas de planejamento, simulação e execução dos processos, favorecendo a autonomia discente, a tomada de decisões técnicas e a compreensão das relações entre processamento, microestrutura e propriedades. A Aprendizagem Colaborativa foi relevante nas atividades de caracterização e análise dos resultados, promovendo a discussão técnica e o trabalho em equipe.

A organização da disciplina em torno de um projeto experimental favoreceu o engajamento discente e o desenvolvimento de competências técnicas e pessoais alinhadas aos objetivos de aprendizagem, como responsabilidade técnica, capacidade analítica, iniciativa e autonomia. Por outro lado, foram identificadas limitações relacionadas à carga horária disponível, às dificuldades iniciais no planejamento de projetos, ao aprofundamento da análise crítica e à comunicação técnica, aspectos que demandam atenção em futuras ofertas da disciplina.



De forma geral, os resultados reforçam que a adoção de metodologias ativas é viável e relevante em disciplinas técnicas e experimentais, desde que sustentada por planejamento estruturado, acompanhamento contínuo e apoio institucional, contribuindo para o aprimoramento da formação em Engenharia.

REFERÊNCIAS

- ABM. **Apagão de engenheiros metalurgistas e de minas no Brasil preocupa empresas e universidades**. 2024. Disponível em: <https://www.abmbrasil.com.br/noticia/apagao-de-engenheiros-metalurgistas-e-de-minas-no-brasil-preocupa-empresas-e-universidades>. Acesso em: 15 jan. 2026.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2017.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 2019.
- COSKUN, S. *et al.* Adapting engineering education to Industry 4.0 vision. **Technologies**, v. 7, 2019.
- GOMES, A. L. *et al.* O uso das metodologias ativas nos cursos de Engenharia no Brasil a partir de teses e dissertações. **Revista de Educação**, v. 6, n. 2, 2021.
- JOHNSON, D. W. *et al.* An educational psychology success story: social interdependence theory and cooperative learning. **Educational Researcher**, v. 38, n. 5, 2009.
- KVAM, P. H. The effect of active learning methods on student retention in engineering statistics. **The American Statistician**, v. 54, n. 2, 2000.
- MAIOLI, C. G. *et al.* Proposta de aplicação da metodologia sala de aula invertida para disciplina de mecânica dos cursos de Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 44, 2025.
- MENÉNDEZ, M. H. *et al.* Active learning in engineering education: a review of fundamentals, best practices and experiences. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 13, 2019.
- OLIVEIRA, C. R. *et al.* Metodologias ativas e o ensino da Matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental. **Revista Valore**, v. 6, 2021.
- PAVANELO, E. *et al.* Sala de aula invertida: análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I. **Bolema**, v. 31, n. 58, 2017.
- PRINCE, M. Does active learning work? A review of the research. **Journal of Engineering Education**, v. 93, 2004.
- RÍOS, I. *et al.* Project-based learning in engineering higher education: two decades of teaching competences in real environments. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 2, 2010.
- RUFINO, S. *et al.* Contribuição das metodologias ativas no desenvolvimento de competências e habilidades: uma revisão sistemática para cursos de Engenharia de Produção. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 43, 2024.



- SEABRA, A. D. *et al.* Metodologias ativas como instrumento de formação acadêmica e científica no ensino em ciências do movimento. **Educação e Pesquisa**, v. 49, 2023.
- SENTHAMARAI, S. Interactive teaching strategies. **Journal of Applied and Advanced Research**, v. 3, 2018.
- SILVA, B. L. *et al.* Aplicação da aprendizagem baseada em projetos em acessibilidade: um estudo de caso. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 44, 2025.
- UNESCO; INTERNATIONAL CENTRE FOR ENGINEERING EDUCATION (ICEE). **Engineering for sustainable development: delivering on the Sustainable Development Goals**. Paris: UNESCO, 2021.
- VASCONCELOS, A. C. *et al.* Os desafios dos professores no uso das tecnologias educacionais na aprendizagem baseada em projetos. **Revista Valore**, v. 5, 2021.
- ZANOTTO, M. A. C. *et al.* Percepções de docentes de Engenharia de Materiais sobre a adoção de metodologias ativas: reflexões a partir de experiências de assessoria pedagógica. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 43, 2024.