



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (2026)**

**APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS NO ENSINO DE
FENÔMENOS DE TRANSPORTE: APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO DE
BERNOULLI POR MEIO DO PROJETO DE UM SIFÃO ¹**

*PROJECT-BASED LEARNING IN THE TEACHING OF TRANSPORT
PHENOMENA: APPLICATION OF THE BERNOULLI EQUATION
THROUGH THE DESIGN OF A SIPHON*

Maria Danielly Pereira da Silva²

Aline Mara Maia Bessa³

RESUMO

A aprendizagem dos conceitos relacionados aos Fenômenos de Transporte e à Equação de Bernoulli representa um desafio para muitos estudantes de Engenharia devido à complexidade dos conteúdos e ao caráter abstrato dos fenômenos envolvidos. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar as contribuições da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) para a aprendizagem da Equação de Bernoulli por meio da construção de um sifão hidráulico na disciplina de Fenômenos de Transporte. A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e foi desenvolvida com estudantes do curso de Ciência e Tecnologia, utilizando como intervenção pedagógica a elaboração, o dimensionamento, a construção e os testes de um sifão hidráulico. A coleta de dados ocorreu por meio de questionários com questões objetivas e discursivas, o que permitiu analisar a percepção dos participantes sobre a atividade desenvolvida. Os resultados indicaram que a construção do sifão favoreceu a compreensão de conceitos como pressão, velocidade do fluido, vazão, diferença de nível e conservação da energia. Os estudantes destacaram a importância da visualização prática dos fenômenos estudados, da relação entre teoria e prática e da aplicação dos cálculos em uma situação real de engenharia. Também foram identificadas dificuldades relacionadas aos cálculos matemáticos, ao dimensionamento do sistema e às diferenças observadas entre os resultados

¹ Trabalho de Conclusão de Curso apresentado/defendido ao Curso de Graduação em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, no dia 02 de julho de 2026, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel junto a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

² Orientando do Curso de Graduação em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). E-mail: maria.silva87277@alunos.ufersa.edu.br

³ Orientadora do Curso de Graduação em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/3693616419420275>. E-mail: aline.bessa@ufersa.edu.br.

teóricos e os experimentais. Conclui-se que a Aprendizagem Baseada em Projetos, associada à construção do sifão hidráulico, constituiu uma estratégia eficaz para auxiliar a compreensão da Equação de Bernoulli, promovendo uma aprendizagem mais significativa, contextualizada e próxima da realidade profissional da Engenharia.

Palavras-chave: metodologias ativas; Equação de Bernoulli; mecânica dos fluidos.

ABSTRACT

Learning concepts related to Transport Phenomena and the Bernoulli Equation poses a challenge for many engineering students due to the complexity of the subject matter and the abstract nature of the specific principles involved. In this context, this study aimed to analyze the contributions of Project-Based Learning (PBL) to the understanding of the Bernoulli Equation through the construction of a hydraulic siphon in a Transport Phenomena course. The research employed a qualitative approach involving students from a Science and Technology program; the pedagogical intervention consisted of the design, sizing, construction, and testing of a hydraulic siphon. Data collection was carried out using questionnaires containing both objective and open-ended questions, allowing for an analysis of the participants' perceptions regarding the activity. The results indicated that constructing the siphon facilitated the understanding of concepts such as pressure, fluid velocity, flow rate, level difference, and energy conservation. Students highlighted the importance of the practical visualization of the concepts studied, the link between theory and practice, and the application of calculations to a real-world engineering scenario. Difficulties related to mathematical calculations, system sizing, and discrepancies between theoretical and experimental results were also identified. It is concluded that Project-Based Learning, combined with the construction of the hydraulic siphon, proved to be an effective strategy for aiding the understanding of the Bernoulli Equation, fostering learning that is more meaningful, contextualized, and aligned with professional engineering practice.

Keywords: active learning methodologies; Bernoulli Equation; fluid mechanics.

1. INTRODUÇÃO

A formação em Engenharia envolve a compreensão de conceitos científicos e tecnológicos que fundamentam a análise, o dimensionamento e o desenvolvimento de soluções para problemas presentes em diferentes contextos profissionais. Nesse processo, disciplinas como Fenômenos de Transporte desempenham um papel importante ao fornecer os conhecimentos necessários para interpretar fenômenos relacionados ao escoamento de fluidos, à transferência de calor e de massa, constituindo uma base relevante para diversas áreas da engenharia.

Entretanto, a aprendizagem desses conteúdos frequentemente representa um desafio para os estudantes, sobretudo em razão da necessidade de integrar conhecimentos de Física e de Matemática para compreender fenômenos complexos e aplicá-los em situações do seu dia a dia. Quando o processo de ensino permanece predominantemente centrado na resolução de

modelos matemáticos, a elevada abstração dos conceitos pode dificultar o estabelecimento de relações entre a teoria e suas aplicações práticas.

Entre os conteúdos abordados na disciplina de Fenômenos de Transporte, a Equação de Bernoulli ocupa um lugar de destaque por descrever a conservação da energia mecânica em fluidos em movimento e por possibilitar a análise das relações entre pressão, velocidade e altura em diferentes sistemas hidráulicos. Trata-se de um princípio amplamente utilizado na engenharia para compreender e projetar sistemas de escoamento, presente em aplicações como tubulações, reservatórios, sistemas de abastecimento de água e equipamentos industriais. Apesar de sua relevância, sua aprendizagem costuma apresentar dificuldades decorrentes da necessidade de interpretar simultaneamente conceitos físicos, representações matemáticas e situações reais de aplicação, o que pode comprometer uma compreensão mais significativa do fenômeno estudado.

Diante dessas dificuldades, diferentes estratégias pedagógicas têm sido incorporadas ao ensino e ao aprendizado, com o objetivo de tornar os estudantes protagonistas do processo de aprendizagem e favorecer a construção do conhecimento em contextos mais próximos da realidade profissional. Entre essas estratégias, destaca-se a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj), uma metodologia ativa que organiza o processo de ensino com base no desenvolvimento de projetos relacionados a problemas ou desafios do cotidiano (Bender, 2014).

Nessa abordagem, os estudantes assumem um papel ativo na investigação, no planejamento, na execução e na avaliação das soluções propostas, mobilizando conhecimentos teóricos para responder a situações reais (Verdeiro *et al.*, 2026). No ensino de Engenharia, essa característica pode favorecer a integração entre teoria e prática, contribuindo para uma aprendizagem mais contextualizada.

Entre as possibilidades de aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos no ensino de Fenômenos de Transporte, a construção de experimentos de baixo custo pode ser uma estratégia capaz de aproximar os conceitos científicos das experiências vivenciadas pelos estudantes. Nesse contexto, destaca-se o sifão hidráulico, por permitir a observação direta do escoamento do fluido e favorecer a discussão de conceitos relacionados à Equação de Bernoulli, como pressão, velocidade, diferença de nível e conservação da energia mecânica.

Nesse contexto, a construção de um sifão hidráulico pode apresentar-se como uma estratégia didática por permitir a observação direta do escoamento do fluido e favorecer a discussão de conceitos associados à Equação de Bernoulli, como pressão, velocidade, diferença de nível e conservação da energia mecânica. Ao relacionar os fundamentos teóricos

a um fenômeno facilmente observável, essa atividade pode tornar o processo de aprendizagem mais significativo para os estudantes.

Considerando esse contexto, este trabalho propõe a aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos no ensino da Equação de Bernoulli, por meio da construção de um sifão hidráulico como atividade prática desenvolvida na disciplina de Fenômenos de Transporte. A proposta busca promover uma aprendizagem que articule os fundamentos teóricos aos aspectos experimentais, favorecendo a compreensão dos conceitos envolvidos e de sua relação com situações da prática da engenharia.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar as contribuições da Aprendizagem Baseada em Projetos para o ensino da Equação de Bernoulli na disciplina de Fenômenos de Transporte, por meio da construção de um sifão hidráulico como atividade prática. Especificamente, a partir do projeto experimental do sifão, aplicar a metodologia proposta durante a atividade e analisar suas contribuições por meio da percepção discente quanto à compreensão dos conceitos envolvidos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Aprendizagem Baseada em Projetos

As constantes transformações tecnológicas e sociais têm exigido mudanças nas práticas educacionais, especialmente nos cursos de engenharia, nos quais se torna cada vez mais necessário desenvolver competências relacionadas à resolução de problemas, ao trabalho em equipe e à aplicação prática dos conhecimentos científicos. Nesse contexto, as metodologias ativas de ensino têm ganhado destaque por promoverem maior participação dos estudantes no processo de aprendizagem. Entre essas metodologias, destaca-se a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj), uma abordagem que busca aproximar o ambiente educacional das situações da prática profissional.

A Aprendizagem Baseada em Projetos pode ser definida como uma metodologia de ensino na qual a aprendizagem ocorre por meio do desenvolvimento de projetos relacionados a problemas ou desafios reais. Nessa abordagem, os estudantes assumem um papel ativo na construção do conhecimento, sendo responsáveis por investigar situações, buscar informações, propor soluções e desenvolver produtos ou resultados que respondam aos desafios apresentados. Segundo Bender (2014), a ABPj constitui uma estratégia centrada no

estudante, na qual o aprendizado ocorre durante a elaboração e execução de projetos que exigem pesquisa, análise crítica, tomada de decisões e trabalho colaborativo.

Os princípios fundamentais da ABPj estão relacionados à aprendizagem ativa, à contextualização dos conteúdos, à investigação de problemas autênticos e à produção de soluções concretas. Diferentemente das metodologias tradicionais, que frequentemente priorizam a transmissão de informações pelo professor e a memorização de conteúdos pelos estudantes, a Aprendizagem Baseada em Projetos incentiva a construção do conhecimento por meio da experiência, da reflexão e da aplicação prática dos conceitos estudados (Masson *et al.*, 2012).

No ensino tradicional, o professor geralmente ocupa a posição central do processo educativo, atuando como principal fonte de conhecimento, enquanto os estudantes assumem uma postura predominantemente receptiva. Na ABPj, essa dinâmica é modificada, uma vez que os estudantes tornam-se protagonistas da própria aprendizagem, participando ativamente da investigação dos problemas, da elaboração de estratégias e da construção das soluções propostas. Nesse contexto, o professor desempenha o papel de mediador e facilitador da aprendizagem, orientando o desenvolvimento das atividades e auxiliando os estudantes na superação das dificuldades encontradas ao longo do processo (Bender, 2014).

Uma das principais características da Aprendizagem Baseada em Projetos é o protagonismo dos discentes. Os estudantes deixam de atuar apenas como receptores de informações e passam a assumir responsabilidades relacionadas à busca de conhecimentos, à análise de dados e à tomada de decisões. Essa participação ativa contribui para o desenvolvimento da autonomia, do pensamento crítico e da capacidade de resolução de problemas, competências consideradas essenciais para a formação de profissionais de engenharia (Pasqualetto; Veit; Araújo, 2017).

Outra característica importante da ABPj refere-se ao papel do professor como mediador do processo de aprendizagem. Em vez de apresentar respostas prontas, o docente orienta os estudantes na formulação de hipóteses, na realização de pesquisas e na busca de soluções adequadas aos desafios propostos. Essa atuação favorece a construção de um ambiente de aprendizagem mais participativo e colaborativo, estimulando o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais (Masson *et al.*, 2012).

A resolução de problemas constitui um elemento central da Aprendizagem Baseada em Projetos. Os projetos são estruturados a partir de situações que demandam investigação, planejamento e tomada de decisão, aproximando os estudantes de desafios semelhantes aos encontrados no exercício profissional. Segundo Oliveira, Siqueira e Romão (2020), a

utilização de problemas reais ou contextualizados contribui para tornar a aprendizagem mais significativa, pois permite que os estudantes compreendam a aplicabilidade dos conceitos teóricos em situações concretas.

A aprendizagem colaborativa também se destaca como característica essencial da ABPj. O desenvolvimento dos projetos geralmente ocorre em grupo, o que exige que os estudantes compartilhem conhecimentos, discutam ideias e construam soluções coletivamente. Esse processo favorece a comunicação, a cooperação e o desenvolvimento de habilidades interpessoais importantes para a atuação profissional em equipes multidisciplinares (Oliveira; Siqueira; Romão, 2020).

Além disso, a integração entre teoria e prática constitui um dos principais diferenciais da Aprendizagem Baseada em Projetos. Em cursos de engenharia, é comum que os estudantes tenham dificuldade em relacionar conceitos abstratos às suas aplicações práticas. Nesse sentido, a ABPj possibilita a aplicação dos conteúdos estudados à resolução de problemas reais, contribuindo para uma compreensão mais profunda dos fenômenos analisados. Conforme Pasqualetto, Veit e Araújo (2017), essa integração favorece a construção de conhecimentos significativos e amplia o interesse dos estudantes pelos conteúdos trabalhados.

Estudos recentes demonstram que a utilização de metodologias baseadas em projetos está alinhada ao perfil motivacional predominante entre os estudantes de engenharia. Botejara-Antúnez *et al.* (2022) identificaram que esses estudantes apresentam forte motivação voltada para tarefas práticas, aprendizagem aplicada e para a resolução de problemas. Com base nos resultados obtidos, os autores recomendam a adoção de metodologias como a Aprendizagem Baseada em Projetos, uma vez que favorecem ambientes de aprendizagem colaborativos, criativos e orientados à aplicação prática dos conhecimentos.

Dessa forma, a Aprendizagem Baseada em Projetos apresenta-se como uma estratégia adequada para o ensino de conteúdos de engenharia, especialmente os que exigem a articulação entre fundamentos teóricos e aplicações práticas. Ao estimular o protagonismo discente, a colaboração, a resolução de problemas e a integração entre teoria e prática, a ABPj contribui para uma aprendizagem mais significativa e alinhada às competências exigidas na formação profissional. Nesse contexto, sua utilização no ensino da Equação de Bernoulli, por meio do desenvolvimento de um projeto de construção e análise de um sifão hidráulico, mostra-se pertinente para favorecer a compreensão dos conceitos relacionados à Mecânica dos Fluidos e aos Fenômenos de Transporte.

2.2. Fenômenos de Transporte e os desafios da aprendizagem da Equação de Bernoulli

A disciplina de Fenômenos de Transporte desempenha um papel fundamental na formação dos engenheiros, pois fornece os fundamentos teóricos necessários para compreender os mecanismos de transferência de quantidade de movimento, de calor e de massa presentes em diversos processos naturais e industriais. Os conhecimentos desenvolvidos nessa área são aplicados em diferentes campos da engenharia, incluindo sistemas hidráulicos, redes de abastecimento de água, processos industriais, equipamentos térmicos, sistemas de bombeamento e de transporte de fluidos, tornando-se indispensáveis à atuação profissional.

De acordo com Fox, McDonald e Pritchard (2018), a Mecânica dos Fluidos, um dos pilares dos Fenômenos de Transporte, possui ampla aplicação na análise e no projeto de sistemas que envolvem canais, tubulações, bombas, compressores, barragens, reservatórios e equipamentos industriais. Dessa forma, o domínio desses conhecimentos é essencial para que o futuro engenheiro seja capaz de compreender, modelar e solucionar problemas relacionados ao comportamento dos fluidos em diferentes situações.

Uma característica marcante da disciplina é seu caráter interdisciplinar. A compreensão dos fenômenos estudados exige a integração de conhecimentos provenientes da Física, da Matemática e das Ciências da Engenharia. Os estudantes precisam relacionar conceitos físicos, como pressão, energia, velocidade e vazão, a modelos matemáticos capazes de descrever quantitativamente o comportamento dos sistemas analisados. Essa articulação entre diferentes áreas do conhecimento torna o processo de aprendizagem mais complexo, exigindo dos estudantes habilidades de interpretação, abstração e raciocínio lógico.

Além da interdisciplinaridade, outro fator que contribui para as dificuldades de aprendizagem é o elevado nível de abstração dos conteúdos. Muitos fenômenos analisados não podem ser observados diretamente, sendo representados por modelos teóricos e expressões matemáticas. Segundo Çengel e Cimbala (2015), a aprendizagem em Mecânica dos Fluidos requer não apenas a compreensão das equações empregadas, mas também a interpretação física dos fenômenos que elas representam. Dessa forma, o estudante precisa compreender simultaneamente os aspectos conceituais e matemáticos envolvidos na análise dos sistemas.

A resolução de problemas em Fenômenos de Transporte também exige um processo de raciocínio que vai além da mera aplicação de fórmulas. Fox, McDonald e Pritchard (2018)

destacam que a análise de problemas nessa área envolve a identificação de informações relevantes, a elaboração de representações esquemáticas do sistema, a definição de hipóteses simplificadoras, a formulação matemática adequada e a interpretação crítica dos resultados obtidos. Esse conjunto de etapas demanda habilidades analíticas que nem sempre são plenamente desenvolvidas pelos estudantes durante sua formação inicial.

Diversos estudos apontam, ainda, que disciplinas fortemente fundamentadas em conceitos matemáticos e físicos costumam ser abordadas por meio de abordagens predominantemente teóricas, o que pode dificultar a compreensão dos conteúdos e reduzir o interesse dos estudantes. Nessa perspectiva, a ausência de atividades práticas que relacionem os conceitos estudados às suas aplicações concretas pode contribuir para a percepção de que os conteúdos são excessivamente abstratos e distantes da realidade profissional.

Entre os conteúdos abordados na disciplina, destaca-se a Equação de Bernoulli, considerada um dos princípios fundamentais da Mecânica dos Fluidos. Essa equação expressa matematicamente a conservação da energia mecânica em um escoamento, relacionando pressão, velocidade e elevação ao longo de uma linha de corrente. Conforme White (2018), a Equação de Bernoulli é uma das ferramentas mais utilizadas na análise de sistemas hidráulicos, permitindo compreender como diferentes formas de energia se transformam durante o movimento dos fluidos.

A Equação de Bernoulli possui ampla aplicação em diversas situações de engenharia, incluindo o dimensionamento de tubulações, a análise de sistemas de bombeamento, o funcionamento de medidores de vazão, projetos de irrigação, sistemas de abastecimento de água e dispositivos hidráulicos em geral. Sua utilização possibilita prever o comportamento dos fluidos e compreender fenômenos associados às variações de pressão, velocidade e altura ao longo do escoamento (Fox; McDonald; Pritchard, 2018).

Apesar de sua relevância, a aprendizagem da Equação de Bernoulli apresenta desafios significativos para muitos estudantes. Frequentemente, a equação é compreendida apenas como uma expressão matemática, sem a compreensão efetiva do significado físico de seus termos. Como consequência, os alunos podem apresentar dificuldades para interpretar como a energia é distribuída no escoamento e como as variáveis envolvidas se relacionam em situações reais.

Segundo Munson *et al.* (2022), a correta aplicação da Equação de Bernoulli exige que o estudante compreenda simultaneamente conceitos relacionados à conservação da energia, às propriedades dos fluidos e às condições de escoamento. Essa necessidade de integrar

diferentes conhecimentos torna o processo de aprendizagem particularmente complexo, especialmente quando o ensino se concentra apenas na resolução mecânica de exercícios.

Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de estratégias pedagógicas que favoreçam a visualização de fenômenos físicos e promovam a aproximação entre teoria e prática. Atividades experimentais e metodologias ativas podem contribuir para que os estudantes compreendam de forma mais significativa os conceitos relacionados ao escoamento de fluidos, permitindo observar, analisar e interpretar fenômenos que muitas vezes permanecem restritos ao campo teórico.

Dessa forma, considerando a importância da Equação de Bernoulli para a formação em Engenharia e as dificuldades frequentemente encontradas em sua aprendizagem, justifica-se a busca por metodologias que promovam maior envolvimento dos estudantes no processo educativo. Nesse cenário, a Aprendizagem Baseada em Projetos apresenta-se como uma alternativa promissora, pois possibilita a aplicação prática dos conceitos estudados, favorecendo a integração entre teoria e prática e contribuindo para uma aprendizagem mais significativa dos conteúdos de Fenômenos de Transporte.

2.3. Aprendizagem experimental e integração entre teoria e prática no ensino de Engenharia

A formação em engenharia exige que os estudantes desenvolvam não apenas conhecimentos teóricos, mas também a capacidade de aplicar conceitos científicos à análise e à resolução de problemas reais. Nesse contexto, as atividades experimentais assumem um papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem, pois permitem a aproximação entre os modelos teóricos estudados em sala de aula e os fenômenos observados na prática. Essa integração favorece uma compreensão mais significativa dos conteúdos, especialmente em disciplinas que envolvem conceitos abstratos e formulações matemáticas complexas, como a de Fenômenos de Transporte (Moreira, 2011).

A aprendizagem baseada na experiência contribui para que o estudante participe ativamente da construção do próprio conhecimento. Segundo Kolb (2015), o aprendizado ocorre por meio de um ciclo que envolve experiência concreta, observação, reflexão e aplicação dos conhecimentos adquiridos. Dessa forma, quando os alunos realizam atividades experimentais, têm a oportunidade de observar fenômenos físicos, testar hipóteses, analisar resultados e relacionar as evidências obtidas aos conceitos teóricos previamente estudados.

Sob a perspectiva construtivista, o conhecimento é construído a partir da interação do indivíduo com o meio e da reflexão sobre suas experiências. Assim, as atividades experimentais favorecem a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, estimulando a investigação, a análise crítica e a resolução de problemas (Piaget, 1976). Em vez de apenas receber informações passivamente, o aluno passa a desempenhar o papel de protagonista na construção do conhecimento, estabelecendo conexões entre teoria e prática.

No ensino de Engenharia, a integração entre teoria e prática é considerada um dos principais fatores para a formação de profissionais capazes de atuar em situações complexas e multidisciplinares. As Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia ressaltam a importância do desenvolvimento de competências relacionadas à investigação, à modelagem e à resolução de problemas, enfatizando a necessidade de metodologias que promovam a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem (Brasil, 2019). Nesse sentido, a experimentação contribui para tornar os conteúdos mais concretos e contextualizados, aproximando-os das situações da prática profissional.

Além da compreensão conceitual, as atividades experimentais favorecem o desenvolvimento de competências investigativas fundamentais à atuação do engenheiro. Durante a realização de experimentos, os estudantes exercitam habilidades como observação sistemática, coleta e análise de dados, formulação de hipóteses e interpretação de resultados. De acordo com Carvalho (2018), essas atividades estimulam o pensamento científico e promovem maior envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem, contribuindo para uma formação mais crítica e reflexiva.

Outro aspecto relevante refere-se à utilização de experimentos de baixo custo como recurso didático. Muitas instituições de ensino enfrentam limitações na infraestrutura laboratorial, o que pode dificultar a realização de atividades práticas mais complexas. Nesse cenário, experimentos simples e acessíveis representam uma alternativa eficiente para promover a aprendizagem prática sem exigir investimentos elevados. Conforme destacam Araujo e Abib (2003), atividades experimentais realizadas com materiais de fácil obtenção podem contribuir significativamente para a compreensão dos conceitos científicos quando associadas a objetivos pedagógicos bem definidos.

No caso específico da disciplina de Fenômenos de Transporte, a experimentação apresenta grande potencial para auxiliar a compreensão dos princípios que regem o comportamento dos fluidos. Segundo Vertchenko, Dickman e Ferreira (2009), a dinâmica dos fluidos tem ampla aplicação em diversas áreas da engenharia e é fundamental para a compreensão de processos relacionados ao transporte de líquidos e gases. Entretanto, a

interpretação desses fenômenos nem sempre é simples para os estudantes, pois exige a compreensão simultânea de conceitos físicos e de relações matemáticas.

Nesse contexto, a realização de experimentos simples e de baixo custo constitui uma alternativa para aproximar conceitos abstratos das situações observáveis. Ao possibilitar a visualização direta dos fenômenos físicos, essas atividades favorecem a compreensão dos princípios estudados na disciplina e fortalecem a relação entre teoria e prática.

Entre essas possibilidades, destaca-se o sifão hidráulico, cuja construção permite observar fenômenos relacionados ao escoamento de fluidos, à transferência de líquidos entre reservatórios e aos princípios da conservação da energia mecânica. Conforme discutido por Vertchenko, Dickman e Ferreira (2009), o funcionamento do sifão constitui uma aplicação prática relevante para o estudo da dinâmica dos fluidos e dos conceitos envolvidos na Equação de Bernoulli. Em razão dessas características, esse experimento foi selecionado como atividade prática desta pesquisa, servindo como recurso didático para apoiar a aprendizagem dos conteúdos abordados na disciplina de Fenômenos de Transporte.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi delineada com o propósito de analisar as contribuições da ABPj para o ensino da Equação de Bernoulli na disciplina de Fenômenos de Transporte, por meio da construção de um sifão hidráulico como atividade prática de aprendizagem. Para atender aos objetivos propostos, definiu-se um percurso metodológico compatível com a natureza da investigação, contemplando a caracterização da pesquisa, a descrição do contexto de realização do estudo, a apresentação dos participantes, o detalhamento da intervenção pedagógica, os instrumentos de coleta de dados e os procedimentos empregados na análise das informações obtidas.

A definição dos procedimentos metodológicos constitui uma etapa fundamental da pesquisa científica, pois estabelece os caminhos adotados para a obtenção e análise dos dados, garantindo maior rigor, transparência e confiabilidade aos resultados produzidos. Conforme afirma Gil (2002), a metodologia deve explicitar os procedimentos adotados pelo pesquisador, permitindo compreender como os objetivos da investigação foram alcançados.

3.1. Caracterização da pesquisa

Quanto à natureza, esta investigação caracteriza-se como pesquisa aplicada, uma vez que busca produzir conhecimentos voltados à solução de um problema específico relacionado ao processo de ensino e aprendizagem da Equação de Bernoulli na disciplina de Fenômenos de Transporte. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos voltados à aplicação prática, contribuindo para a solução de problemas concretos identificados em determinado contexto.

No que se refere à abordagem do problema, a pesquisa apresenta caráter qualitativo, com a análise das respostas discursivas fornecidas pelos participantes, possibilitando compreender suas percepções acerca da experiência vivenciada durante a intervenção pedagógica.

Quanto aos objetivos, o estudo caracteriza-se como descritivo, pois descreve a aplicação da ABPj em um contexto específico de ensino e analisa suas contribuições para a aprendizagem da Equação de Bernoulli. De acordo com Gil (2002), pesquisas descritivas têm como finalidade descrever características de determinada população, fenômeno ou processo, estabelecendo relações entre variáveis sem, necessariamente, explicar suas causas.

No que diz respeito aos procedimentos técnicos, a investigação fundamenta-se em uma intervenção pedagógica, desenvolvida no contexto da disciplina de Fenômenos de Transporte. A intervenção consistiu na proposição de uma atividade baseada na construção de um sifão hidráulico, estruturada segundo os princípios da ABPj, com o objetivo de favorecer a articulação entre conhecimentos teóricos e experimentais relacionados à Equação de Bernoulli. Conforme Damiani *et al.* (2013), pesquisas de intervenção caracterizam-se pela implementação planejada de ações destinadas a promover mudanças em determinado contexto educacional, acompanhadas da análise de seus efeitos sobre o processo investigado.

A opção por esse delineamento metodológico mostrou-se coerente com os objetivos da pesquisa, uma vez que possibilitou acompanhar o desenvolvimento da atividade, observar a participação dos estudantes e analisar suas percepções acerca da estratégia pedagógica adotada.

3.2. Contexto da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, no semestre 2026.1, no âmbito do desenvolvimento regular da disciplina de Fenômenos de Transporte. O estudo foi realizado no contexto das atividades acadêmicas da disciplina, com foco em uma

intervenção pedagógica voltada ao ensino da Equação de Bernoulli por meio da construção de um sifão hidráulico.

A intervenção foi incorporada às atividades da disciplina e teve como objetivo aproximar os fundamentos teóricos da Mecânica dos Fluidos de uma experiência prática. Para isso, os estudantes participaram da construção e do funcionamento de um sifão hidráulico, buscando relacionar os conceitos discutidos em sala de aula à observação experimental do escoamento de fluidos. A proposta foi estruturada de modo a favorecer a participação ativa dos estudantes ao longo de todo o processo de investigação, estimulando a análise, a discussão e a interpretação dos fenômenos observados.

Ao término da intervenção, 15 estudantes aceitaram participar voluntariamente da etapa de avaliação da pesquisa, compartilhando suas percepções sobre a experiência. Para assegurar o anonimato dos participantes, foram adotados códigos alfanuméricos compostos pela letra P (participante), seguida de uma numeração sequencial de 1 a 15 (P1, P2, ..., P15). Essa identificação foi utilizada em todas as etapas da análise e da apresentação dos resultados.

3.3. Desenvolvimento da intervenção pedagógica

A intervenção pedagógica foi planejada e desenvolvida com base nos pressupostos da ABPj, metodologia ativa que organiza o processo de ensino e aprendizagem a partir da proposição de problemas ou desafios autênticos, exigindo dos estudantes a mobilização de conhecimentos teóricos para a elaboração de soluções fundamentadas. Segundo Bender (2014), essa abordagem promove uma aprendizagem centrada no estudante, favorecendo o desenvolvimento da autonomia, da investigação, da colaboração e da resolução de problemas, aspectos considerados fundamentais para a formação em Engenharia.

No contexto desta pesquisa, a intervenção foi estruturada em torno da construção de um sifão hidráulico, concebido como recurso didático para aplicação dos conceitos relacionados à Equação de Bernoulli. A escolha dessa atividade fundamentou-se na possibilidade de aproximar conteúdos teóricos, frequentemente percebidos como abstratos, de uma situação prática observável, permitindo que os estudantes relacionassem os princípios físicos estudados em sala de aula ao comportamento real do escoamento de fluidos.

Importa ressaltar que a proposta foi desenvolvida durante a disciplina de Fenômenos de Transporte e organizada em etapas sequenciais, abrangendo desde o planejamento inicial da atividade até a validação experimental dos protótipos construídos. Essa organização

buscou favorecer a participação ativa dos estudantes em todas as fases do processo de aprendizagem

Inicialmente, foi apresentada aos estudantes a proposta do projeto, contextualizando a importância da Equação de Bernoulli e dos princípios da mecânica dos fluidos para a formação do engenheiro. Nessa etapa, foram discutidos conceitos fundamentais relacionados ao escoamento de fluidos, à conservação de energia, à pressão, à velocidade e à altura piezométrica, bem como exemplos de aplicações práticas desses conceitos em sistemas hidráulicos e industriais. Em seguida, os alunos receberam o desafio de projetar e construir um sifão capaz de transportar água entre recipientes posicionados em diferentes alturas, aplicando os conhecimentos teóricos estudados em sala de aula.

Como etapa preparatória da atividade, os estudantes elaboraram um relatório técnico que contém a fundamentação teórica do funcionamento do sifão, a descrição dos materiais necessários para sua construção, o dimensionamento do sistema, os cálculos relacionados à Equação de Bernoulli e as estimativas de vazão do escoamento. O relatório foi entregue uma semana antes da realização da atividade prática e constituiu a primeira etapa da avaliação. Posteriormente, os grupos construíram e testaram seus protótipos, verificando experimentalmente a correspondência entre os resultados previstos nos cálculos e o desempenho observado durante o funcionamento do sifão.

Após essa etapa, os estudantes construíram os protótipos e realizaram a validação experimental dos sistemas desenvolvidos. Durante essa fase, observaram o funcionamento do sifão hidráulico, verificando o comportamento do escoamento do fluido e confrontando os resultados experimentais com os previstos pelos cálculos baseados na Equação de Bernoulli. Essa comparação permitiu discutir possíveis diferenças entre os resultados teóricos e experimentais, favorecendo reflexões sobre as simplificações adotadas pelos modelos matemáticos e sobre as condições reais de funcionamento dos sistemas hidráulicos.

Concluída a validação experimental, os grupos apresentaram seus projetos, descrevendo as soluções adotadas, os cálculos realizados, as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento da atividade e os resultados obtidos. Esse momento constituiu uma etapa importante da intervenção, pois favoreceu o compartilhamento de experiências entre os estudantes, a discussão coletiva dos conceitos envolvidos e a reflexão crítica sobre as estratégias empregadas para solucionar o problema proposto.

Como elemento complementar de motivação, foi estabelecida uma classificação dos projetos desenvolvidos, com base na correspondência entre o desempenho experimental do sifão e os resultados teóricos previstos. Essa estratégia buscou estimular o comprometimento

dos estudantes em todas as etapas da atividade, incentivando o cuidado na elaboração dos cálculos, na construção dos protótipos e na análise dos resultados.

3.4. Instrumentos de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário elaborado pelos pesquisadores e aplicado após a conclusão da atividade prática de construção do sifão hidráulico. O instrumento foi desenvolvido em consonância com os objetivos da pesquisa, a fim de identificar as percepções dos estudantes acerca da utilização da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) como estratégia para o ensino da Equação de Bernoulli na disciplina de Fenômenos de Transporte.

O questionário foi composto por 14 questões, sendo 5 fechadas e 9 abertas. Para fins de análise e discussão dos resultados, foram selecionadas 7 questões consideradas mais relevantes para atender aos objetivos da pesquisa. As questões fechadas permitiram identificar o nível de concordância dos estudantes com a metodologia empregada, enquanto as questões abertas possibilitaram a expressão de opiniões, percepções e reflexões sobre a experiência vivenciada.

As questões fechadas buscaram avaliar a percepção dos estudantes em relação à inclusão de um projeto prático na disciplina, à qualidade geral da experiência desenvolvida, ao aprendizado dos conteúdos envolvidos no projeto, ao aprendizado na componente curricular de Fenômenos de Transporte e ao nível de comprometimento dos participantes com a disciplina. Para algumas dessas questões, utilizou-se uma escala numérica de 0 a 10, permitindo que os estudantes expressassem seu grau de satisfação e de avaliação da experiência.

As questões abertas tiveram por finalidade possibilitar uma análise mais aprofundada das percepções dos participantes. Nesse sentido, os estudantes foram convidados a apontar os principais aspectos positivos da atividade, os pontos negativos observados durante sua realização e as dificuldades encontradas no acompanhamento da disciplina de Fenômenos de Transporte. Essas respostas permitiram identificar elementos que contribuíram para a aprendizagem, bem como os desafios enfrentados pelos estudantes ao longo do desenvolvimento do projeto.

Para a aplicação do instrumento, utilizou-se a plataforma *Google Forms*, por possibilitar o preenchimento eletrônico, o armazenamento automático das respostas e a organização dos dados para posterior análise. O link de acesso ao questionário foi

disponibilizado aos estudantes após a conclusão da intervenção pedagógica, via e-mail, permanecendo disponível para resposta durante 7 dias. A participação ocorreu de forma voluntária, mediante manifestação de interesse dos estudantes em contribuir com a pesquisa.

A utilização desse instrumento possibilitou a coleta de informações sobre as percepções dos participantes em relação à intervenção desenvolvida, fornecendo elementos para a análise dos objetivos propostos nesta investigação.

3.5. Procedimentos de análise dos dados

Após a devolutiva do questionário, os dados foram organizados e sistematizados para possibilitar sua análise. Inicialmente, realizou-se a leitura integral das respostas obtidas, com o objetivo de identificar elementos recorrentes relacionados aos objetivos da pesquisa. Em seguida, as informações foram agrupadas em categorias temáticas, construídas a partir das aproximações de sentido observadas nos discursos dos participantes.

As questões fechadas foram analisadas por meio de estatística descritiva simples, utilizando-se frequências absolutas e relativas, além de medidas de tendência central, quando aplicáveis. Os resultados foram apresentados por meio de quadros e gráficos, possibilitando uma visão geral da percepção dos estudantes acerca da atividade desenvolvida, do aprendizado dos conteúdos abordados e de seu envolvimento com a disciplina.

As respostas às questões abertas foram submetidas a uma análise qualitativa de caráter descritivo. Inicialmente, realizou-se a leitura integral dos relatos, com o objetivo de identificar ideias recorrentes e aspectos relevantes aos objetivos da pesquisa. Em seguida, as respostas foram agrupadas em categorias temáticas construídas a partir das aproximações de sentido observadas nos discursos dos participantes, destacando aspectos positivos da atividade, dificuldades encontradas e sugestões de melhoria.

A interpretação dos dados foi conduzida à luz do referencial teórico que fundamenta esta investigação, estabelecendo um diálogo entre as percepções dos estudantes, a literatura especializada e os objetivos propostos. Esse procedimento permitiu compreender como a intervenção pedagógica contribuiu para o processo de aprendizagem e para a percepção dos participantes sobre a utilização da ABPj no ensino da Equação de Bernoulli.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados neste tópico correspondem às evidências produzidas durante a aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) na disciplina de Fenômenos de Transporte. A análise foi organizada de acordo com os objetivos específicos da pesquisa, a fim de compreender as contribuições da construção de um sifão hidráulico para a aprendizagem da Equação de Bernoulli. As discussões são fundamentadas na literatura referente à ABPj, às metodologias ativas, ao ensino de Engenharia e à aprendizagem de Fenômenos de Transporte, estabelecendo um diálogo entre os dados empíricos e o referencial teórico apresentado.

Dessa forma, os resultados não são apresentados isoladamente, mas interpretados à luz dos estudos discutidos na fundamentação teórica, o que permite compreender como a intervenção pedagógica contribuiu para a construção do conhecimento dos estudantes. Inicialmente, descreve-se o desenvolvimento da intervenção pedagógica. Em seguida, são discutidas as percepções dos estudantes acerca da metodologia empregada, as contribuições da atividade para a aprendizagem da Equação de Bernoulli e, por fim, as potencialidades e limitações observadas durante sua aplicação.

4.1. Desenvolvimento da intervenção pedagógica

A intervenção pedagógica foi desenvolvida na disciplina de Fenômenos de Transporte, envolvendo estudantes do curso de Ciência e Tecnologia. A proposta foi estruturada com base nos princípios da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj), metodologia que coloca o estudante como protagonista do processo de aprendizagem por meio da resolução de problemas e do desenvolvimento de projetos contextualizados (Bender, 2014).

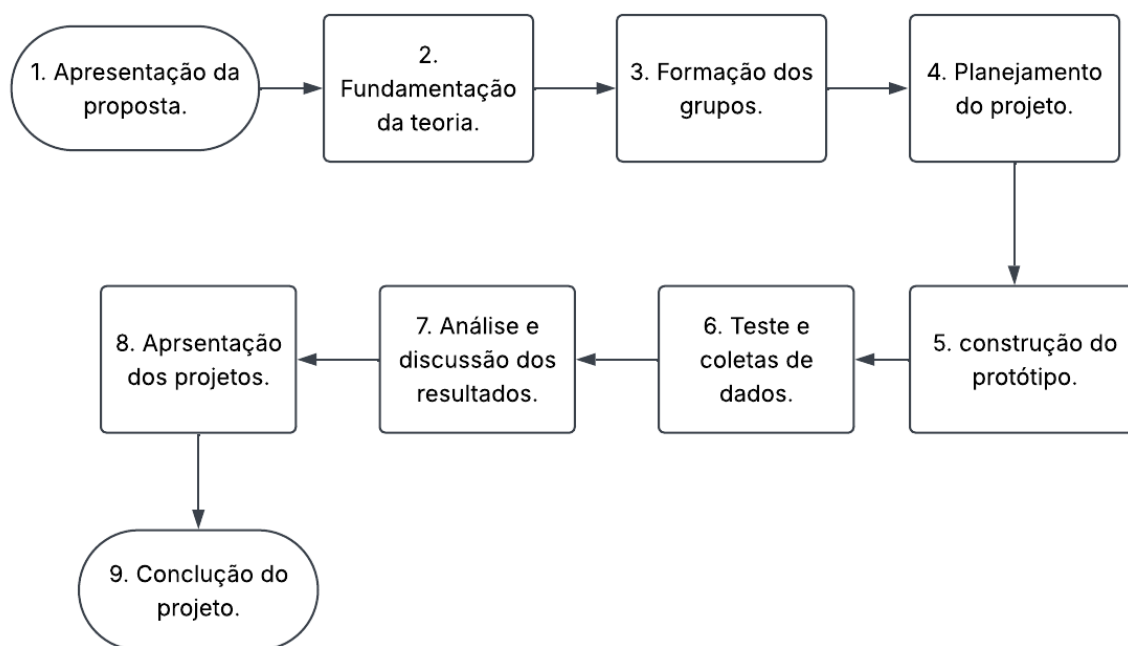
Inicialmente, foram apresentados os conceitos teóricos relacionados à Equação de Bernoulli, incluindo pressão, velocidade, vazão, conservação da energia mecânica e escoamento de fluidos. Após essa etapa, os estudantes receberam o desafio de projetar e construir um sifão hidráulico capaz de transferir água entre reservatórios utilizando os princípios estudados em sala de aula.

Organizados em grupos, os participantes elaboraram um relatório técnico que contém a fundamentação teórica, a descrição dos materiais utilizados, o dimensionamento do sistema e os cálculos necessários para prever o comportamento do escoamento. Posteriormente, os grupos construíram seus protótipos, realizaram testes experimentais e apresentaram os resultados obtidos à turma.

Durante o desenvolvimento da atividade, os estudantes precisaram interpretar fenômenos físicos, aplicar equações matemáticas, realizar medições, solucionar problemas práticos e trabalhar de forma colaborativa. Essas características estão alinhadas aos pressupostos da ABPj, que busca integrar teoria e prática por meio da resolução de desafios autênticos (Thomas, 2000).

A Figura 1 apresenta o fluxograma das etapas da intervenção pedagógica.

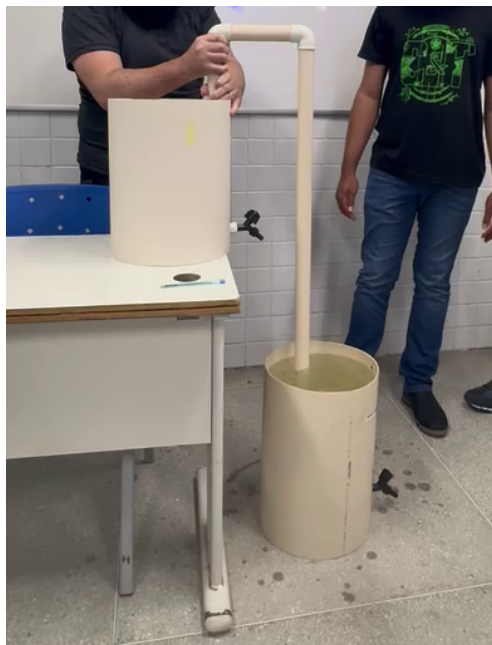
Figura 1 – Fluxograma das etapas da intervenção pedagógica.



Fonte: Autoria própria (2026).

A Figura 2 apresenta um exemplo de sifão construído por um grupo participante.

Figura 2 – Validação de um dos sifões construídos pelos discentes.



Fonte: Arquivo pessoal (2026).

Após a conclusão da intervenção, procedeu-se à aplicação do questionário de avaliação, cujos resultados são apresentados e discutidos nas seções seguintes.

4.2. Percepção dos estudantes sobre a Aprendizagem Baseada em Projetos

Com o objetivo de compreender a percepção dos estudantes acerca da metodologia empregada, foram analisadas as respostas sobre a inclusão do projeto prático na disciplina, a avaliação geral da atividade e os aspectos positivos identificados pelos participantes. Os resultados permitem avaliar o nível de aceitação da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) e sua contribuição para o engajamento dos estudantes na disciplina de Fenômenos de Transporte.

O Quadro 1, apresentado, mostrará as questões de cunho quantitativo, cujas respostas variam de 0 a 10.

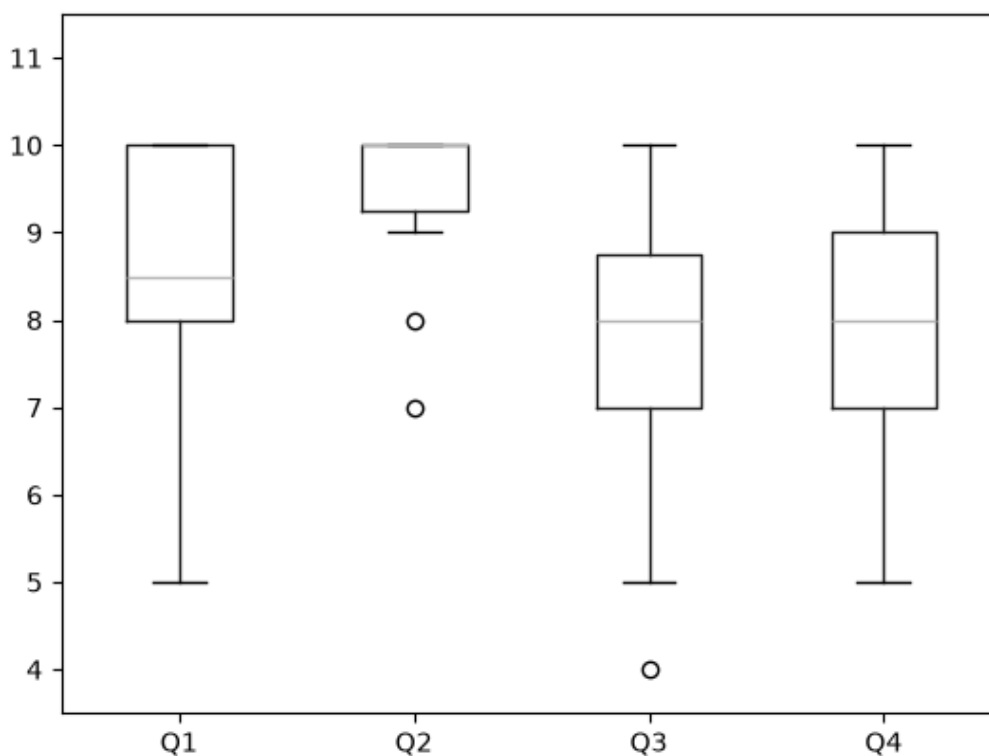
Quadro 1 – Questões quantitativas.

Identificador	Questão
Q1	Como você avalia o seu aprendizado dos conteúdos utilizados no projeto?
Q2	Numa escala de 0 a 10, como você avalia o projeto?
Q3	Como você avalia o seu aprendizado na componente de Fenômenos de Transporte até o momento?
Q4	Como você avalia seu comprometimento na componente de Fenômenos de Transporte até o momento?

Fonte: Autoria própria (2026).

Na Figura 3, são apresentadas as estatísticas das 15 respostas a cada questão do Quadro 1.

Figura 3 – Respostas às questões quantitativas do questionário de avaliação do projeto.



Fonte: Autoria própria (2026).

Quanto ao aprendizado dos conteúdos utilizados durante o projeto, obteve-se uma média de 8,57 pontos em uma escala de 0 a 10. Esse resultado indica uma recepção positiva por parte dos estudantes quanto à assimilação dos conceitos trabalhados durante a atividade.

A avaliação geral do projeto apresentou média de 9,5 pontos, o que demonstra um elevado nível de satisfação dos participantes com a metodologia adotada. A predominância de avaliações próximas ao valor máximo indica que a atividade foi bem recebida e considerada relevante para o processo de aprendizagem.

Quando questionados sobre o aprendizado na disciplina de Fenômenos de Transporte, os estudantes atribuíram uma média de 7,71 pontos. Embora inferior às demais médias observadas, este resultado sugere que a metodologia contribuiu para fortalecer a compreensão dos conteúdos da disciplina.

A autoavaliação do comprometimento dos estudantes durante a execução das atividades apresentou média de 8,14 pontos. Esse resultado está alinhado aos pressupostos da Aprendizagem Baseada em Projetos, que incentiva a autonomia, a responsabilidade e a participação ativa dos estudantes.

Também foi questionado se o experimento contribuiu para a compreensão da aplicação da Equação de Bernoulli. Todos os participantes responderam positivamente. Esse resultado demonstra que o uso do sifão hidráulico foi eficaz como ferramenta didática para auxiliar na compreensão dos conceitos relacionados ao escoamento de fluidos.

Os resultados indicaram que a maioria dos estudantes considerou a atividade mais interessante do que as abordagens tradicionais normalmente utilizadas na disciplina. Esse resultado pode estar relacionado ao caráter prático da metodologia, que permite que os alunos participem ativamente da construção do conhecimento por meio da resolução de problemas reais. Segundo Blumenfeld et al. (1991), projetos contextualizados favorecem o interesse dos estudantes ao estabelecerem conexões entre os conteúdos acadêmicos e situações concretas, tornando a aprendizagem mais significativa.

Além disso, a construção do sifão proporcionou aos participantes a oportunidade de visualizar, na prática, os conceitos discutidos em sala de aula. Para Bender (2014), a ABP aumenta o interesse dos estudantes ao colocá-los diante de desafios que exigem investigação, tomada de decisão e aplicação de conhecimentos em situações próximas à realidade profissional.

Quando questionados sobre os aspectos positivos da atividade, como resumidos no Quadro 2, os participantes destacaram principalmente a possibilidade de aplicar a teoria na

prática, a melhor visualização dos fenômenos estudados e a maior facilidade na compreensão dos conteúdos. Também foram mencionados aspectos relacionados ao trabalho em equipe.

Quadro 2 – Aspectos positivos da execução do projeto.

Aspectos positivos	Respostas
Possibilidade de aplicar a teoria na prática	10
Melhor visualização dos fenômenos estudados	4
Maior facilidade na compreensão dos conteúdos	9
Trabalho em equipe	2

Fonte: Autoria própria (2026).

Os resultados demonstram que a possibilidade de aplicar conceitos teóricos em situações práticas foi um dos fatores mais valorizados pelos participantes. A construção e avaliação do sifão permitiram que os estudantes observassem diretamente fenômenos relacionados ao escoamento de fluidos, favorecendo uma compreensão mais concreta dos conteúdos estudados. Segundo Bender (2014), a aprendizagem baseada em projetos torna os conceitos acadêmicos mais significativos ao conectá-los a problemas reais e contextualizados.

Outro aspecto frequentemente mencionado pelos estudantes diz respeito ao trabalho em equipe. Durante a execução do projeto, os grupos precisaram dividir tarefas, discutir estratégias e tomar decisões coletivas para superar os desafios enfrentados. De acordo com Bacich e Moran (2018), metodologias ativas favorecem o desenvolvimento de competências colaborativas e comunicacionais, essenciais à formação profissional contemporânea.

Os participantes também relataram que a metodologia contribuiu para aumentar o interesse e o envolvimento com a disciplina. Esse resultado está alinhado às conclusões de Blumenfeld *et al.* (1991), que destacam o potencial dos projetos para promover maior engajamento dos estudantes ao permitir que assumam um papel ativo na construção do próprio conhecimento.

Além disso, a atividade favoreceu o desenvolvimento de habilidades importantes para a atuação profissional do engenheiro, como a resolução de problemas, o pensamento crítico e a tomada de decisão. Segundo Prince e Felder (2006), estratégias de aprendizagem ativa

contribuem para o desenvolvimento dessas competências ao estimular os estudantes a analisar situações complexas e propor soluções fundamentadas.

Dessa forma, os aspectos positivos identificados pelos estudantes reforçam as contribuições da Aprendizagem Baseada em Projetos para a promoção de uma aprendizagem mais participativa, contextualizada e alinhada às exigências da formação em engenharia.

Embora a avaliação geral da metodologia tenha sido positiva, os estudantes também apontaram algumas dificuldades e limitações associadas à realização do projeto. Quanto às dificuldades encontradas na execução do projeto, como resumidas no Quadro 3, alguns estudantes relataram desafios nos cálculos matemáticos, no dimensionamento do sifão e na obtenção de resultados experimentais próximos aos valores teóricos. Também foram mencionadas dificuldades relacionadas ao tempo disponível para os testes e ajustes dos protótipos.

Quadro 3 – Dificuldades encontradas na execução do projeto.

Dificuldades Encontradas	Respostas
Cálculos matemáticos	5
Dimensionamento do sifão	3
Resultados experimentais distantes dos valores teóricos	3
Gerenciamento do tempo disponível para os testes e ajustes dos protótipos	1

Fonte: Autoria própria (2026).

Os resultados obtidos corroboram estudos sobre metodologias ativas e Aprendizagem Baseada em Projetos, que apontam benefícios relacionados à aprendizagem significativa, ao desenvolvimento da autonomia e ao aumento do engajamento dos estudantes. A utilização do sifão hidráulico como projeto central da disciplina permitiu integrar teoria e prática, contribuindo para a compreensão da Equação de Bernoulli e tornando o processo de aprendizagem mais contextualizado.

Os cálculos matemáticos foram apontados como uma das principais dificuldades enfrentadas pelos estudantes. Esse resultado pode estar relacionado à complexidade dos conceitos envolvidos na aplicação da Equação de Bernoulli e na análise dos fenômenos de escoamento. Segundo Fox, McDonald e Pritchard (2018), a resolução de problemas

envolvendo mecânica dos fluidos exige a integração de conhecimentos matemáticos, físicos e conceituais, o que frequentemente representa um desafio para estudantes em fase de formação.

Outra dificuldade relatada refere-se ao dimensionamento do sifão. Os estudantes precisaram definir parâmetros, como o comprimento da tubulação, a diferença de altura entre os reservatórios e as características do escoamento, para garantir o funcionamento adequado do sistema. A necessidade de transformar conceitos teóricos em decisões práticas evidenciou desafios típicos da formação em engenharia. De acordo com Bender (2014), projetos baseados em problemas reais exigem que os estudantes tomem decisões fundamentadas e lidem com situações que nem sempre têm respostas únicas ou previamente definidas.

Os resultados experimentais diferentes dos valores teóricos também foram mencionados pelos participantes. Durante os testes, alguns grupos observaram diferenças entre os resultados previstos pelos cálculos e os obtidos na prática. Essa situação pode ser explicada pela presença de fatores que não são plenamente considerados em modelos simplificados, como perdas de carga, vazamentos, bolhas de ar e limitações construtivas do protótipo. Conforme destacam Fox, McDonald e Pritchard (2018), discrepâncias entre modelos teóricos e resultados experimentais são comuns em sistemas reais e constituem uma importante oportunidade para o desenvolvimento da análise crítica e da interpretação de dados experimentais.

O gerenciamento do tempo disponível para testes e ajustes dos protótipos também foi apontado como uma das dificuldades relatadas. A construção do sifão exigiu planejamento, realização de experimentos, correção de falhas e repetição de procedimentos até a obtenção dos resultados desejados. Segundo Thomas (2000), projetos educacionais demandam maior organização e autonomia por parte dos estudantes, uma vez que envolvem múltiplas etapas a serem executadas em um período limitado.

Apesar dos desafios identificados, observa-se que as dificuldades estão diretamente relacionadas às competências que a própria Aprendizagem Baseada em Projetos busca desenvolver. Ao lidar com problemas reais, realizar cálculos, interpretar resultados experimentais e gerenciar os recursos disponíveis, os estudantes vivenciaram situações semelhantes às encontradas na prática profissional da engenharia. Nesse sentido, os obstáculos relatados não devem ser interpretados apenas como limitações da atividade, mas também como oportunidades de aprendizagem e de desenvolvimento de competências técnicas e profissionais.

Assim, os resultados obtidos corroboram a literatura sobre metodologias ativas, que aponta que o enfrentamento de desafios autênticos favorece a construção do conhecimento e o desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas, características fundamentais para a formação de futuros engenheiros (Bender, 2014; Thomas, 2000; Prince; Felder, 2006).

4.3. Contribuições da atividade para a aprendizagem da Equação de Bernoulli

O principal objetivo deste trabalho foi verificar se a construção de um sifão poderia contribuir para a aprendizagem da Equação de Bernoulli na disciplina de Fenômenos de Transporte. A análise das respostas dos estudantes indica que a atividade favoreceu a compreensão dos conceitos teóricos e possibilitou uma melhor relação entre os modelos matemáticos estudados e sua aplicação prática.

Um dos aspectos mais recorrentes nas respostas foi a possibilidade de visualizar, na prática, fenômenos que normalmente são apresentados apenas de forma teórica em sala de aula. Os estudantes destacaram que a construção do sifão permitiu compreender melhor conceitos relacionados à pressão, à velocidade do fluido, à diferença de nível e à conservação da energia. Um dos participantes afirmou que a atividade possibilitou “ver na prática o que aparece nas equações, além de ter a experiência de um pequeno projeto de engenharia”, enquanto outro destacou a importância de “visualizar na prática o conteúdo aprendido em sala”.

Essas percepções corroboram o que afirmam Fox, McDonald e Pritchard (2018), ao destacarem que a compreensão dos princípios da mecânica dos fluidos é favorecida quando os estudantes conseguem relacionar os modelos matemáticos aos fenômenos físicos observados. A Equação de Bernoulli envolve conceitos abstratos que, muitas vezes, são apresentados por meio de expressões matemáticas, o que dificulta a compreensão de sua aplicação em situações reais. Nesse contexto, a atividade prática permitiu que os estudantes observassem diretamente os efeitos das variáveis presentes na equação.

Outro aspecto evidenciado nas respostas foi a compreensão da relação entre teoria e prática. Os estudantes relataram que a atividade possibilitou ir além da simples resolução de exercícios, permitindo interpretar os conceitos estudados em uma situação concreta. Um dos participantes afirmou: “Auxílio no entendimento dos conceitos teóricos de uma forma muito mais interessante. O projeto nos forçou a pensar um pouco mais além do conceito escrito ou exposto nas aulas, ele fez com que o entendimento fosse algo interpretativo e aplicado. O fato de sair da teoria com alguns cálculos para encontrar a velocidade, tempo e vazão, aplicando

na prática e observando que os cálculos chegam perto do que você está realizando é bem interessante”. Enquanto outro destacou que a atividade é “uma forma diferente de aprendizagem, na prática, a compreensão fica melhor de entender como funciona o conteúdo”.

A aplicação dos cálculos em situações reais também foi mencionada pelos estudantes como um fator importante para a aprendizagem. Um dos relatos destacou que a atividade permitiu calcular a velocidade, o tempo e a vazão e, posteriormente, comparar esses resultados com o comportamento observado experimentalmente. Essa experiência contribuiu para que os estudantes compreendessem melhor a finalidade dos cálculos realizados na disciplina e como utilizá-los para analisar sistemas reais.

Segundo Fox, McDonald e Pritchard (2018), o estudo dos Fenômenos de Transporte exige que os estudantes compreendam simultaneamente os aspectos físicos e matemáticos envolvidos no escoamento de fluidos. Dessa forma, atividades experimentais podem atuar como instrumentos facilitadores da aprendizagem ao aproximar os modelos teóricos das situações da prática.

As respostas dos participantes também indicam que a atividade contribuiu para a compreensão da aplicação prática da Equação de Bernoulli. Um dos estudantes relatou que foi possível observar como as características dos materiais e as equações influenciam diretamente o funcionamento do sifão. Esse resultado demonstra que a atividade favoreceu a percepção de que os conceitos estudados têm aplicações concretas em sistemas de engenharia, o que é fundamental para a formação profissional.

Além da aprendizagem dos conceitos específicos da disciplina, os estudantes destacaram que a atividade estimulou o raciocínio lógico e a capacidade de adaptar os modelos teóricos a situações reais. Um dos participantes afirmou que a experiência exigiu compreender que era necessário “adaptar as fórmulas ao problema real”, evidenciando uma habilidade importante para a prática da engenharia, na qual os problemas frequentemente apresentam condições diferentes das idealizadas nos exemplos acadêmicos.

Os relatos também demonstram que a atividade contribuiu para tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico e participativo. Expressões como “uma forma diferente de aprendizagem”, “aula mais dinâmica” e “atividade prática fugindo um pouco da teoria” aparecem com frequência nas respostas dos estudantes, indicando que a experiência favoreceu um maior envolvimento com os conteúdos trabalhados.

De modo geral, a análise das respostas evidencia que a construção do sifão contribuiu significativamente para a aprendizagem da Equação de Bernoulli. Os estudantes destacaram principalmente a possibilidade de visualizar fenômenos físicos, relacionar teoria e prática,

compreender a aplicação dos cálculos e interpretar os conceitos estudados em situações reais. Dessa forma, os resultados indicam que a atividade alcançou seu propósito pedagógico e contribuiu para uma compreensão mais significativa dos conteúdos relacionados aos Fenômenos de Transporte.

4.4. Potencialidades e Limitações da Intervenção Pedagógica

A análise dos resultados obtidos permite identificar tanto as potencialidades quanto as limitações da intervenção pedagógica desenvolvida ao longo deste estudo. Essa reflexão é importante porque possibilita compreender os aspectos que contribuíram para o alcance dos objetivos propostos, bem como os desafios a serem considerados em futuras aplicações da atividade.

Entre as principais potencialidades observadas, destaca-se a capacidade da atividade de aproximar conceitos teóricos de situações práticas. Os relatos dos estudantes evidenciam que a construção e o teste do sifão favoreceram a visualização de fenômenos relacionados à Equação de Bernoulli, permitindo uma compreensão mais concreta de conceitos como pressão, velocidade, vazão, diferença de nível e conservação da energia. Muitos participantes ressaltaram que a possibilidade de observar o funcionamento do sistema contribuiu para tornar conteúdos tradicionalmente considerados abstratos mais acessíveis e compreensíveis.

Outra potencialidade identificada foi a contextualização dos conteúdos da disciplina. Ao desenvolver um sistema real de escoamento, os estudantes puderam compreender como os conceitos estudados em sala de aula se aplicam a problemas de engenharia. Essa aproximação entre o conhecimento teórico e a aplicação prática favoreceu a interpretação dos fenômenos físicos e estimulou o raciocínio necessário para analisar situações reais.

Os relatos também indicam que a atividade proporcionou uma experiência próxima às etapas normalmente encontradas em projetos de engenharia. Os estudantes precisaram realizar cálculos, selecionar materiais, construir protótipos, conduzir testes e analisar os resultados experimentais. Esse conjunto de atividades contribuiu para uma compreensão mais ampla do processo de desenvolvimento de soluções técnicas, ampliando a percepção sobre a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

Entretanto, algumas limitações também foram identificadas durante a intervenção. Entre as principais dificuldades relatadas pelos estudantes, destacam-se os cálculos matemáticos necessários ao dimensionamento do sistema, a definição dos parâmetros do sifão e a interpretação dos resultados experimentais. Essas dificuldades evidenciam a complexidade

dos conceitos envolvidos no estudo dos Fenômenos de Transporte e indicam a necessidade de acompanhamento contínuo durante a execução das atividades.

Outro aspecto apontado pelos participantes refere-se às diferenças observadas entre os resultados teóricos e os experimentais. Em alguns casos, os valores obtidos nos testes apresentaram divergências em relação às previsões dos cálculos. Embora essa situação tenha gerado dúvidas durante o desenvolvimento do projeto, também possibilitou discussões importantes sobre fatores que influenciam o comportamento real dos sistemas hidráulicos, como perdas de carga, vazamentos, presença de ar na tubulação e limitações construtivas dos protótipos.

O gerenciamento do tempo disponível para a realização de testes e ajustes também foi mencionado como um desafio. Alguns grupos relataram dificuldades para executar todas as etapas planejadas no período disponível, especialmente quando foi necessário realizar correções e adaptações nos protótipos. Esse aspecto sugere que futuras aplicações da atividade podem se beneficiar de um cronograma mais amplo, o que permite mais tempo para experimentação e refinamento dos projetos.

Além das limitações relacionadas à execução da atividade, é importante reconhecer também algumas limitações da própria pesquisa. Os resultados apresentados baseiam-se na percepção dos estudantes participantes e em uma aplicação realizada em uma única turma, o que limita a generalização dos achados a outros contextos educacionais. Dessa forma, estudos futuros poderão ampliar a amostra investigada e utilizar instrumentos complementares de avaliação da aprendizagem para aprofundar a análise dos resultados.

Apesar das limitações identificadas, os resultados indicam que a intervenção alcançou os objetivos propostos e apresentou contribuições relevantes para o ensino da Equação de Bernoulli. As dificuldades observadas não devem ser interpretadas apenas como obstáculos ao processo de aprendizagem, mas também como oportunidades para aprimorar futuras aplicações da atividade e aprofundar a compreensão dos fenômenos estudados. Nesse sentido, a experiência desenvolvida demonstra potencial para ser adaptada e aplicada a outras disciplinas relacionadas aos Fenômenos de Transporte e à formação em engenharia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar as contribuições de uma atividade prática, baseada na construção de um sifão, para a aprendizagem da Equação de Bernoulli na disciplina de Fenômenos de Transporte. A pesquisa foi motivada pela necessidade de

identificar estratégias que favoreçam a compreensão de conceitos frequentemente considerados abstratos pelos estudantes de engenharia, especialmente os relacionados ao comportamento dos fluidos e à aplicação dos princípios da mecânica dos fluidos.

Os resultados obtidos demonstraram que a atividade desenvolvida contribuiu significativamente para a compreensão dos conceitos abordados na disciplina. A análise das respostas dos estudantes revelou que a experiência possibilitou uma melhor visualização dos fenômenos físicos envolvidos no escoamento de fluidos, favorecendo a compreensão de conceitos como pressão, velocidade, vazão, diferença de nível e conservação da energia. Além disso, os participantes destacaram a importância de observar, na prática, conteúdos que normalmente são apresentados apenas por meio de equações e de cálculos teóricos.

A percepção dos estudantes também evidenciou que a atividade contribuiu para aproximar teoria e prática, permitindo uma compreensão mais concreta da aplicação da Equação de Bernoulli em situações reais. Os relatos indicaram que a realização dos cálculos, a construção do protótipo e a comparação entre os resultados teóricos e experimentais favoreceram a interpretação dos conceitos estudados e estimularam o desenvolvimento do raciocínio necessário à análise de problemas de engenharia.

A avaliação da intervenção pedagógica mostrou, ainda, que a atividade proporcionou uma experiência dinâmica e significativa, contribuindo para o engajamento dos estudantes e para uma participação mais ativa no processo de aprendizagem. Os resultados obtidos reforçam a importância do uso de atividades práticas como complemento ao ensino teórico, especialmente em disciplinas que envolvem conceitos matemáticos e físicos de maior complexidade.

Entretanto, a pesquisa também permitiu identificar algumas limitações. Entre elas, destacam-se as dificuldades relacionadas aos cálculos matemáticos, ao dimensionamento do sifão, às diferenças observadas entre os resultados teóricos e experimentais e ao tempo disponível para a realização dos testes e para os ajustes dos protótipos. Além disso, os resultados apresentados refletem a realidade de uma única turma, o que limita sua generalização a outros contextos educacionais.

Apesar dessas limitações, os objetivos propostos foram alcançados. Os resultados indicam que a construção do sifão constituiu uma estratégia eficaz para auxiliar a aprendizagem da Equação de Bernoulli, proporcionando aos estudantes uma compreensão mais concreta dos fenômenos estudados em Fenômenos de Transporte. A experiência demonstrou que a observação prática dos fenômenos físicos pode contribuir para reduzir

dificuldades conceituais e favorecer a interpretação dos modelos teóricos empregados na engenharia.

Por fim, sugere-se que futuras pesquisas ampliem a aplicação da atividade a outras turmas e instituições de ensino, bem como investiguem a utilização de diferentes dispositivos experimentais relacionados aos Fenômenos de Transporte. Estudos dessa natureza podem contribuir para o aperfeiçoamento das práticas pedagógicas e para o fortalecimento da formação de engenheiros capazes de relacionar conhecimentos teóricos e aplicações práticas na resolução de problemas reais.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXXKgDsXw5Dy4R/?format=pdf&lang=p>. Acesso em: 4 jul. 2026.
- BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018. Disponível em: [Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora: Uma Abordagem Teórico-Prática](#). Acesso em: 4 jul. 2026.
- BENDER, Willian N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2014. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_pt&id=mBazCAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=BENDER,+W.+N.+Aprendizagem+baseada+em+projetos:+educa%C3%A7%C3%A3o+diferenciada+para+o+s%C3%A9culo+XXI.+Porto+Alegre:+Penso,+2014&ots=An1yITdUH1&sig=mz_1OHzac6cUvhFoNuJ0nGAX6_s&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 29 jun. 2026.
- BLUMENFELD, P. C., *et al.*, A. Motivating project-based learning: sustaining the doing, supporting the learning. **Educational Psychologist**, v. 26, n. 3-4, p. 369-398, 1991. Disponível em: <https://web.eecs.umich.edu/~mjguz/csl/home.cc.gatech.edu/allison/uploads/4/blumenfeld1991.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2026.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília: MEC, 2019. Disponível em: <https://abmes.org.br/arquivos/legislacoes/Resolucao-CNE-CES-002-2019-04-24.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2026.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação**. São Paulo: Cengage Learning, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852>. Acesso em: 4 jul. 2026.
- CENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M. **Mecânica dos fluidos**. 3. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Mec%C3%A2nica_dos_fluidos_3_ed.html?id=aP3OBgAAQBAJ&redir_esc=y. Acesso em: 29 jun. 2026.

DAMIANI, Magda Floriana; *et al.*, Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, n. 45, p. 57-67, 1 out. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/caduc/article/view/3822>. Acesso em: 29 jun. 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf. Acesso em: 29 jun. 2026.

KOLB, David A. **Experiential learning: experience as the source of learning and development**. 2. ed. New Jersey: Pearson Education, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235701029_Experiential_Learning_Experience_As_The_Source_Of_Learning_And_Development. Acesso em: 4 jul. 2026.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física, 2011. Disponível em: https://lfditorial.com.br/wp-content/uploads/2023/07/9788578611118_reduced.pdf?srsId=AfmBOoqHnSNKiyBWKqyjwoYDYZFCSWWzKxQ7bJuwPcqSJUvd19wlx3. Acesso em: 4 jul. 2026.

MUNSON, Bruce R.; YOUNG, Donald F.; OKIISHI, Theodore H. **Fundamentos da mecânica dos fluidos**. São Paulo: Blucher, 2004. Disponível em: https://www.blucher.com.br/fundamentos-da-mecanica-dos-fluidos_9788521203438. Acesso em: 4 jul. 2026.

PIAGET, Jean. **A equilibração das estruturas cognitivas**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/679838508/A-EQUILIBRACAO-DAS-STRUTURAS-COGNITIVAS>. Acesso em: 4 jul. 2026.

PRINCE, Michael J.; FELDER, Richard M. Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons and research bases. **Journal of Engineering Education**, v. 95, n. 2, p. 123-138, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/220017716_Inductive_Teaching_and_Learning_Methods_Definitions_Comparisons_and_Research_Bases. Acesso em: 4 jul. 2026.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2026.

THOMAS, John W. **A review of research on project-based learning**. San Rafael: Autodesk Foundation, 2000. Disponível em:

https://tecfa.unige.ch/proj/eteach-net/Thomas_researchreview_PBL.pdf. Acesso em: 30 jun. 2026.

VERTCHENKO, Lev; DICKMAN, Adriana G.; FERREIRA, José Roberto Faleiro.

Transferência de fluido por meio de um sifão versus aplicação da equação de Bernoulli.

Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 3, p. 3301.1-3301.7, 2009. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/gfzPZTC7hpRhJPDDdgSswYd/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 4 jul. 2026.